



Lahan Basah Buatan di Indonesia

Seingga saat ini, pustaka yang khusus membahas lahan basah buatan di Indonesia secara komprehensif sangatlah kurang, atau bahkan tidak ada. Pustaka-pustaka yang ada umumnya hanya membahas satu jenis habitat lahan basah buatan saja, misalnya pustaka mengenai tambak saja atau pustaka mengenai sawah saja. Buku "Lahan Basah Buatan di Indonesia" ini secara khusus ditulis untuk menguraikan berbagai hal tentang lahan basah buatan di Indonesia; baik manfaat, proses pembuatan, tipe, keanekaragaman hayati, penyebaran, maupun kondisi dan ancaman yang dihadapinya. Pada buku ini informasi mengenai lahan basah buatan disusun menurut tipe habitatnya, yaitu: habitat sawah, kolam air tawar, tambak, bendung dan bendungan (waduk), situ dan embung, kolong bekas galian tambang, ladang garam, kolam stabilisasi limbah, parit dan saluran, serta rawa buatan. Buku ini disusun berdasarkan referensi-referensi yang dikumpulkan dari berbagai sumber dan juga dari pengalaman-pengalaman tim penulis di lapangan. Tujuan penulisan buku ini adalah agar para pemerhati dan praktisi lingkungan di Indonesia memiliki gambaran mengenai kondisi berbagai jenis lahan basah buatan di Indonesia, sehingga akhirnya buku ini dapat menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam pengelolaan lahan basah buatan.

ISBN: 979-99373-3-7

WETLANDS
INTERNATIONAL
Indonesia Programme



Ditjen. PHKA

Lahan Basah Buatan di Indonesia

Lahan Basah Buatan di Indonesia



Lani Puspita
Eka Ratnawati
I Nyoman N. Suryadiputra
Ami Aminah Meutia

Lahan Basah Buatan di Indonesia

Dipublikasikan oleh:

Wetlands International – Indonesia Programme

PO. Box 254/BOO – Bogor 16002

Jl. A. Yani 53 – Bogor 16161

INDONESIA

Fax.: +62-251-325755

Tel.: +62-251-312189

General e-mail: admin@wetlands.or.id

Web site: www.wetlands.or.id

www.wetlands.org

Lahan Basah Buatan di Indonesia

Lani Puspita
Eka Ratnawati
I Nyoman N. Suryadiputra
Ami Aminah Meutia



Indonesia Programme



Ditjen. PHKA

Bogor, Juni 2005

Lahan Basah Buatan di Indonesia

© Wetlands International - Indonesia Programme

Penyusun : Lani Puspita
Eka Ratnawati
I Nyoman N. Suryadiputra
Ami Aminah Meutia

Desain sampul : Triana

Tata Letak : Triana dan Lani Puspita

Foto sampul depan : Umar Istihori dan Dok. WI-IP

Perpustakaan Nasional: Katalog Dalam Terbitan (KDT)
Puspita, L., E. Ratnawati, I N. N. Suryadiputra, A. A. Meutia.
Lahan Basah Buatan di Indonesia.
Bogor: Wetlands International - IP, 2005
xxiii + 261 hlm; illus.; 15 x 23 cm
ISBN: 979-99373-3-7

Saran kutipan :

Puspita, L., E. Ratnawati, I N. N. Suryadiputra, A. A. Meutia. 2005. *Lahan Basah Buatan di Indonesia*. Wetlands International - Indonesia Programme. Bogor.

Silahkan mengutip isi buku ini untuk kepentingan studi dan/atau kegiatan pelatihan dan penyuluhan dengan menyebutkan sumbernya.

Kata Pengantar

Ekosistem-ekosistem lahan basah merupakan ekosistem yang sangat penting bagi kehidupan manusia, seluruh kehidupan manusia secara langsung maupun tidak langsung dapat dipastikan selalu terkait dengan keberadaan lahan basah. Indonesia memiliki lahan basah yang sangat luas dengan jenis-jenis yang sangat beragam, baik yang alami maupun yang buatan. Keseluruhan jenis lahan basah tersebut memiliki karakteristik masing-masing, sehingga pengetahuan mengenai masing-masing karakteristik lahan basah tersebut sangat diperlukan dalam pengelolaannya. Ekosistem-ekosistem lahan basah buatan merupakan kelompok ekosistem yang perlu mendapatkan perhatian khusus dalam pengelolaannya, karena ekosistem-ekosistem lahan basah buatan ini memiliki posisi yang cukup dilematis dibandingkan ekosistem-ekosistem lahan basah alami. Pembangunan lahan basah buatan di satu sisi memang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan tertentu, sementara di sisi lain pembangunan lahan basah buatan dengan mengkonversi yang alami, dapat menjadi penyebab berkurangnya (atau bahkan hilangnya) fungsi dan nilai (manfaat) lahan basah alami.

Hingga saat ini, pustaka yang khusus membahas lahan basah buatan di Indonesia secara komprehensif sangatlah kurang, atau bahkan tidak ada. Pustaka-pustaka yang ada umumnya hanya membahas satu jenis habitat lahan basah buatan saja, misalnya pustaka mengenai tambak saja atau pustaka mengenai sawah saja. Buku “Lahan Basah Buatan di Indonesia” ini secara khusus ditulis untuk menguraikan berbagai hal tentang lahan basah buatan di Indonesia; baik manfaat, proses pembuatan, tipe,

keanekaragaman hayati, penyebaran, maupun kondisi dan ancaman yang dihadapinya. Pada buku ini informasi mengenai lahan basah buatan disusun menurut tipe habitatnya, yaitu: habitat sawah, kolam air tawar, tambak, bendung dan bendungan (waduk), situ dan embung, kolong bekas galian tambang, ladang garam, kolam stabilisasi limbah, parit dan saluran, serta rawa buatan. Buku ini disusun berdasarkan referensi-referensi yang dikumpulkan dari berbagai sumber dan juga dari pengalaman-pengalaman tim penulis di lapangan. Tujuan penulisan buku ini adalah agar para pemerhati dan praktisi lingkungan di Indonesia memiliki gambaran mengenai kondisi berbagai jenis lahan basah buatan di Indonesia, sehingga akhirnya buku ini dapat menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam pengelolaan lahan basah buatan.

Buku ini mungkin memang tidak dapat menjawab seluruh pertanyaan mengenai karakteristik dan kondisi lahan basah di Indonesia, namun kami berharap buku ini dapat berkontribusi memperkaya pengetahuan para pembaca. Kritik dan saran yang bersifat membangun dalam rangka memperbaiki penulisan buku ini senantiasa kami nantikan.

Tim Penulis

Daftar Isi

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR KOTAK	xxi
Bab 1 Pendahuluan	1
Bab 2 Lahan Basah Buatan	3
2.1 Definisi dan Proses Pembentukan Lahan Basah Buatan	4
2.2 Klasifikasi Habitat Lahan Basah Buatan	4
2.3 Perkembangan Lahan Basah Buatan di Indonesia	6
Bab 3 Sawah	7
3.1 Definisi Sawah	8

3.2	Fungsi dan Manfaat Sawah	8
3.2.1	Fungsi ekologis sawah	8
3.2.2	Manfaat ekonomis sawah	11
3.2.3	Manfaat sosial dan budaya sawah	11
3.3	Proses Pembuatan Sawah	12
3.4	Tipe-Tipe Sawah	14
3.4.1	Tipe sawah berdasarkan sistem pengairan	15
3.4.2	Tipe sawah berdasarkan sumber air dan pengelolaannya	16
3.5	Keanekaragaman Hayati Sawah	22
3.5.1	Flora	22
3.5.2	Fauna	23
3.6	Penyebaran Sawah di Indonesia	28
3.7	Perkembangan Sawah di Indonesia	30
Bab 4.	Kolam Air Tawar	37
4.1	Definisi Kolam	38
4.2	Fungsi dan Manfaat Kolam	38
4.2.1	Fungsi ekologis kolam	38
4.2.2	Manfaat ekonomis kolam	39
4.3	Proses Pembuatan Kolam	40
4.4	Tipe-tipe kolam	44
4.4.1	Tipe kolam berdasarkan sumber air	44
4.4.2	Tipe kolam berdasarkan kegunaannya	46
4.4.3	Tipe kolam berdasarkan aliran air	47

4.5	Keanekaragaman Hayati Kolam	48
4.5.1	Flora	49
4.5.2	Fauna	50
4.6	Penyebaran Kolam di Indonesia	53
4.7	Perkembangan Kolam di Indonesia	54
Bab 5.	Tambak	61
5.1	Definisi Tambak	62
5.2	Fungsi Dan Manfaat Tambak	62
5.2.1	Fungsi ekologis tambak	62
5.2.2	Manfaat ekonomis tambak	63
5.3	Proses Pembuatan Tambak	64
5.4	Tipe-Tipe Tambak	69
5.4.1	Tipe tambak berdasarkan letak	69
5.4.2	Tipe tambak berdasarkan konstruksi	70
5.5	Keanekaragaman Hayati Tambak	78
5.5.1	Flora	78
5.5.2	Fauna	80
5.6	Penyebaran Tambak di Indonesia	84
5.7	Perkembangan Tambak di Indonesia	85
Bab 6.	Bendung dan Bendungan (Waduk)	91
6.1	Definisi Waduk	92
6.2	Fungsi dan Manfaat Waduk	92
6.2.1	Fungsi ekologis waduk	93
6.2.2	Manfaat ekonomis waduk	95
6.2.3	Manfaat sosial dan budaya waduk	97

6.3	Proses Pembuatan Waduk	97
6.4	Tipe-Tipe Waduk	99
6.4.1	Waduk urugan tanah	99
6.4.2	Waduk urugan batu	100
6.4.3	Waduk gravitasi	101
6.4.4	Waduk busur	101
6.4.5	Waduk penopang	102
6.5	Keanekaragaman Hayati Waduk	102
6.5.1	Flora	103
6.5.2	Fauna	104
6.6	Penyebaran Waduk Indonesia	107
6.7	Perkembangan Waduk di Indonesia	107
Bab 7.	Situ dan Embung	113
7.1	Definisi Situ dan Embung	114
7.2	Fungsi dan Manfaat Situ dan Embung	114
7.2.1	Fungsi ekologis situ/embung	114
7.2.2	Manfaat ekonomis situ/embung	116
7.2.3	Manfaat sosial budaya situ/embung	117
7.3	Proses Pembuatan Situ dan Embung	118
7.4	Keanekaragaman Hayati Situ dan Embung	120
7.4.1	Flora	120
7.4.2	Fauna	121
7.5	Penyebaran Situ dan Embung di Indonesia	122
7.6	Perkembangan Situ dan Embung di Indonesia	123

Bab 8. Kolong Bekas Galian Tambang	127
8.1 Definisi Kolong	128
8.2 Fungsi dan Manfaat Kolong	128
8.2.1 Fungsi ekologis kolong	129
8.2.2 Manfaat ekonomis kolong	130
8.3 Proses Pembuatan Kolong	130
8.4 Tipe-tipe Kolong	132
8.5 Keanekaragaman Hayati Kolong	133
8.5.1 Flora	133
8.5.2 Fauna	135
8.6 Penyebaran Kolong di Indonesia	137
8.7 Perkembangan Kolong di Indonesia	140
Bab 9. Ladang Garam	145
9.1 Definisi Ladang Garam	146
9.2 Fungsi dan Manfaat Ladang Garam	147
9.2.1 Fungsi ekologis ladang garam	147
9.2.2 Manfaat ekonomis ladang garam	147
9.3 Proses Pembuatan Ladang Garam	147
9.4 Keanekaragaman Hayati Ladang Garam	149
9.4.1 Flora	149
9.4.2 Fauna	150
9.5 Penyebaran Ladang Garam di Indonesia	150
9.6 Perkembangan Ladang Garam di Indonesia	151

Bab 10. Kolam Stabilisasi Limbah	153
10.1 Definisi Kolam Stabilisasi Limbah	154
10.2 Fungsi dan Manfaat Kolam Stabilisasi Limbah	155
10.3 Proses Pembuatan Kolam Stabilisasi Limbah	155
10.4 Tipe-tipe Kolam Stabilisasi Limbah	157
10.4.1 Kolam anaerobik	158
10.4.2 Kolam fakultatif	159
10.4.3 Kolam maturasi (aerobik)	161
10.5 Perkembangan Kolam Stabilisasi Limbah di Indonesia	164
 Bab 11. Parit dan Saluran	 167
11.1 Definisi Parit dan Saluran	168
11.2 Fungsi dan Manfaat Parit dan Saluran	168
11.2.1 Fungsi ekologis parit dan saluran	168
11.2.2 Manfaat ekonomis parit dan saluran	170
11.2.3 Manfaat sosial dan budaya parit dan saluran	172
11.3 Proses Pembuatan Parit dan Saluran	172
11.4 Tipe-tipe Parit dan Saluran	175
11.4.1 Tipe parit/saluran berdasarkan keberadaan alat pengukur dan pengatur debit air	175
11.4.2 Tipe Parit/Saluran Berdasarkan Posisi/ Tingkatannya pada Jaringan Irigasi	176
11.4.3 Tipe sistem jaringan tata air pertanian pada lahan rawa	177
11.5 Keanekaragaman Hayati Parit dan Saluran	182
11.5.1 Flora	183
11.5.2 Fauna	185

11.6	Penyebaran Parit dan Saluran di Indonesia	187
11.7	Perkembangan Parit dan Saluran di Indonesia	188
Bab 12.	Rawa Buatan	191
12.1	Definisi Rawa Buatan	192
12.2	Fungsi dan Manfaat Rawa Buatan	192
12.2.1	Fungsi ekologis rawa buatan	193
12.2.2	Manfaat ekonomis rawa buatan	197
12.3	Proses Pembuatan Rawa Buatan	199
12.4	Tipe-tipe Rawa Buatan	202
12.4.1	Tipe rawa buatan berdasarkan fungsi	202
12.4.2	Tipe rawa buatan berdasarkan rancangan aliran air	205
12.5	Keanekaragaman Hayati Rawa Buatan	208
12.5.1	Flora	209
12.5.2	Fauna	211
12.6	Penyebaran Rawa Buatan di Indonesia	212
12.7	Perkembangan Rawa Buatan di Indonesia	212
	DAFTAR PUSTAKA	217

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Luas Sawah Produksi Padi dan Tingkat Panen Indonesia pada Tahun 2003	235
Lampiran 2.	Luas Sawah Indonesia Menurut Jenis Pengairannya pada Tahun 2000	236
Lampiran 3A.	Jumlah Rumah Tangga Perikanan (RTP) Kolam Air Tawar Menurut Propinsi Tahun 1996-2001 (Unit)	238
Lampiran 3B.	Luas Areal Pemeliharaan Budidaya Kolam Menurut Propinsi Tahun 1996-2001 (Ha)	239
Lampiran 3C.	Jumlah Produksi Kolam Budidaya Air Tawar Menurut Propinsi Tahun 1996-2001 (Ton)	240
Lampiran 4.	Produksi Perikanan Budidaya Kolam Menurut Jenis Ikan dan Propinsi di Indonesia Tahun 1997	241
Lampiran 5A.	Jumlah Rumah Tangga Perikanan (RTP) Tambak Menurut Propinsi Tahun 1996-2001 (Unit)	243
Lampiran 5B.	Luas Areal Pemeliharaan Budidaya Tambak Menurut Propinsi Tahun 1996-2001 (Ha)	244
Lampiran 5C.	Jumlah Produksi Tambak Menurut Propinsi Tahun 1996-2001 (Ton)	245
Lampiran 6.	Daftar Beberapa Bendungan di Indonesia	246
Lampiran 7.	Data Danau dan Situ di Indonesia	249

Lampiran 8.	Data Embung di Indonesia	250
Lampiran 9.	Kondisi dan Permasalahan Utama yang Dihadapi Beberapa SITU di Jakarta dan Bogor	251
Lampiran 10.	Potensi Galian Golongan C Menurut Propinsi di Indonesia pada Tahun 1998	254
Lampiran 11A.	Luas Lahan Pertanian Indonesia yang Dilayani oleh Irigasi Desa	255
Lampiran 11B.	Luas Lahan Pertanian Indonesia yang Dilayani oleh Irigasi Sederhana/Non Teknis	256
Lampiran 11C.	Luas Lahan Pertanian Indonesia yang Dilayani oleh Irigasi Semi Teknis	258
Lampiran 11D.	Luas Lahan Pertanian Indonesia yang Dilayani oleh Irigasi Teknis	260

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Varietas unggul baru tanaman pangan yang dilepas Departemen Pertanian – Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan pada tahun 2000	10
Tabel 3.2	Beberapa jenis ikan yang terdapat di sawah dan ciri ekologisnya	24
Tabel 3.3	Luas lahan rawa di tiga pulau utama di Indonesia	32
Tabel 3.4	Luas lahan rawa di tiga pulau utama di Indonesia yang sesuai untuk lahan pertanian	33
Tabel 3.5	Keseimbangan permintaan dan ketersediaan beras untuk konsumsi pada tahun 2001-2004	35
Tabel 4.1	Ciri-ciri bioekologis beberapa jenis ikan yang dibudidayakan di kolam	52
Tabel 4.2	Sistem budidaya perairan di Pulau Jawa dan Bali	56
Tabel 5.1	Keuntungan dan kerugian dari masing-masing model penanaman pada Sistem <i>Sylvofishery</i>	77
Tabel 5.2	Jenis-jenis tumbuhan yang hidup di daerah tambak	79
Tabel 5.3	Jenis-jenis ikan liar yang ditemukan di tambak	81
Tabel 5.4	Beberapa jenis burung yang dapat ditemukan di tambak	83
Tabel 5.5.	Keuntungan ekonomis yang didapat dari penerapan Sistem <i>Silvofishery</i>	90
Tabel 6.1	Jenis-jenis tanaman air yang dominan di beberapa waduk	103

Tabel 6.2	Beberapa jenis burung air yang dapat dijumpai pada ekosistem waduk	106
Tabel 8.1	Beberapa jenis tumbuhan yang dapat ditemukan di dalam dan di sekitar kolong	134
Tabel 8.2	Jenis-jenis ikan yang dapat ditemukan pada kolong	136
Tabel 10.1	Sistem pengolahan air limbah di beberapa kota di Indonesia	165
Tabel 11.1	Dimensi dan kecepatan aliran air pada tiap tipe parit/saluran berdasarkan tingkatannya	176
Tabel 11.2	Wilayah jaringan sistem anjir di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah	179
Tabel 11.3	Dimensi ukuran saluran primer, sekunder, dan tersier pada sistem garpu dan sistem sisir pada areal lahan rawa gambut	182
Tabel 11.4	Jenis-jenis tumbuhan air yang umum dijumpai di kanal	184
Tabel 11.5	Jenis-jenis ikan yang ditemui di Saluran Primer Induk (SPI) 1 – Desa Mentangai – Kabupaten Kapuas – Kalimantan Selatan	186

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Sistem tanam padi	13
Gambar 3.2	Konstruksi sawah dengan sistem Teras	16
Gambar 3.3	Sistem pengelolaan air pada sawah pasang surut dengan sistem Parit/Handil	18
Gambar 3.4	Sistem pengelolaan air pada sawah pasang surut dengan sistem Garpu	19
Gambar 3.5	Sistem pengelolaan air pada sawah pasang surut dengan sistem Aliran Satu Arah	19
Gambar 3.6	Beberapa jenis serangga hama di sawah	26
Gambar 3.7	Grafik persentase penyebaran sawah di Indonesia ...	28
Gambar 3.8	Grafik persentase produksi padi Indonesia tahun 2003	29
Gambar 3.9	Grafik luas penyebaran sawah Indonesia menurut jenis pengairannya pad atahun 2000	30
Gambar 4.1	Desain kolam yang baik secara umum	43
Gambar 4.2	Beberapa jenis ikan konsumsi yang dibudidayakan di kolam air tawar	51
Gambar 4.3	Grafik budidaya perikanan kolam air tawar Indonesia per pulau tahun 2001	53
Gambar 4.4	Grafik perkembangan budidaya perikanan kolam air tawar tahun 1996-2001	55
Gambar 4.5	Sistem budidaya polikultur	57
Gambar 5.1	Bagan kedalaman dasar saluran luar, petak pembagi air, parit keliling, dan pelataran tengah tambak	67
Gambar 5.2	Tipe tambak Jawa Barat	71
Gambar 5.3	Tipe tambak porong	72
Gambar 5.4	Tambak tipe taman	73

Gambar 5.5	Model empang parit tradisional	74
Gambar 5.6	Model komplangan	75
Gambar 5.7	Model empang terbuka	75
Gambar 5.8	Model Kao-Kao	76
Gambar 5.9	Model Tasik Rejo	76
Gambar 5.10	Grafik budidaya perikanan tambak di Indonesia per pulau tahun 2001	84
Gambar 5.11	Grafik perkembangan budidaya tambak tahun 1996-2001	86
Gambar 5.12	Pembukaan areal mangrove di Delta Mahakam untuk pembangunan tambak	87
Gambar 5.13	Tambak silvofishery di Pemalang, Jawa Tengah	89
Gambar 6.1	Kegiatan perikanan dalam KJA di Waduk Cirata	110
Gambar 7.1	Penyebaran situ di Indonesia	122
Gambar 7.2	Sebaran embung di Indonesia	123
Gambar 8.1	Grafik luas lahan yang dibuka untuk pertambangan Gol. A dan B di Indonesia hingga Januari 1999 (Ha)	137
Gambar 8.2	Grafik Luas areal bekas pertambangan di Indonesia yang telah direklamasi hingga Januari 1999 (Ha)	138
Gambar 8.3	Grafik penyebaran galian golongan C pada tahun 1998	139
Gambar 9.1	Proses pemungutan garam dari meja kristalisasi di ladang garam milik PT. Garam (Persero) di Madura	146
Gambar 10.1	Penampang melintang kolam stabilisasi limbah	156
Gambar 10.2	Proses perombakan limbah organik pada kolam fakultatif	161

Gambar 10.3	Skema dari masing-masing tipe kolam dan laguna limbah	164
Gambar 11.1a	Penampang melintang parit dan saluran yang umum dibangun	173
Gambar 11.1b	Penampang melintang unlined canal yang umum dibangun	174
Gambar 11.1c	Penampang melintang lined canal yang umum dibangun	174
Gambar 11.2	Layout skema irigasi	177
Gambar 11.3	Tipe sistem handil	178
Gambar 11.4	Tipe sistem anjir	179
Gambar 11.5	Tipe sistem garpu	180
Gambar 11.6	Tipe sistem sisir	181
Gambar 11.7	Grafik sebaran jaringan irigasi Indonesia per pulau	188
Gambar 12.1	Skema konstruksi rawa buatan	201
Gambar 12.2	Rawa buatan beraliran permukaan	205
Gambar 12.3	Rawa buatan beraliran di bawah permukaan	206
Gambar 12.4	Rawa buatan beraliran vertikal menurun	207
Gambar 12.5	Rawa buatan beraliran vertikal menaik	207
Gambar 12.6	Beberapa jenis tanaman air yang dapat ditemukan di rawa buatan	210

DAFTAR KOTAK

Kotak 3.1	Padi laut	9
Kotak 3.2	Pengelolaan irigasi dengan Sitem Subak	11
Kotak 3.3	Usaha tani Minapadi	14
Kotak 3.4	Teknologi padi sawah pasang surut	15
Kotak 3.5	Pertanian di lahan gambut dengan sistem Surjan	20
Kotak 5.1	Pembabatan hutan bakau di Delta Mahakam terus berlangsung	86
Kotak 5.2	Tambak Udang vs Mangrove (Pengalaman Indramayu)	90
Kotak 6.1	Listrik Jawa-Bali pun terancam	96
Kotak 6.2	Teknologi Bendung Karet atasi kesulitan air	98
Kotak 6.3	Waduk sumber sengketa: masalah baru di Kedungombo, Rakyat versus Rakyat	108
Kotak 6.4	Limbah di Waduk Cirata lebih ambang batas	110
Kotak 6.5	Restorasi Waduk-Waduk di Citarum	111
Kotak 7.1	Kalau untung dapat lima kilo	116
Kotak 7.2	Penyerobotan kawasan situ di Depok terus berlanjut, aparat setempat diduga sengaja tutup mata	124
Kotak 7.3	Resapan air di bekas jadi perumahan dan industri	124
Kotak 8.1	Bekas galian pasir dan batu di Jabodetabek diusulkan jadi situ	141
Kotak 12.1	Proses pengolahan air limbah/air tercemar pada rawa buatan	195





(Foto: Dok. WI-IP)

Bab 1

Pendahuluan

Ekosistem-ekosistem lahan basah merupakan ekosistem yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Seluruh bagian kehidupan manusia secara langsung maupun tidak langsung dapat dipastikan selalu terkait dengan keberadaan lahan basah; mulai dari penyedia air minum, habitat berbagai jenis makhluk, penyedia bahan pangan, pengendali banjir, sampai penjaga kondisi iklim global. Berdasarkan Sistem Klasifikasi Ramsar, lahan basah secara garis besar dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu: lahan basah pesisir, lahan basah daratan, dan lahan basah buatan.

Buku "*Lahan Basah Buatan di Indonesia (Sebuah Ulasan)*" ini menguraikan berbagai hal yang terkait dengan kondisi, penyebaran, dan perkembangan lahan basah buatan di Indonesia. Pada buku ini informasi lahan basah

buatan disusun menurut tipe habitatnya; yaitu habitat sawah, kolam air tawar, tambak, bendung dan bendungan (waduk), situ dan embung, kolong bekas galian tambang, ladang garam, kolam stabilisasi limbah, parit dan saluran, serta rawa buatan. Data-data yang tercantum dalam buku ini sebagian besar merupakan data sekunder yang berasal dari berbagai sumber (umumnya dari departemen-departemen teknis yang bertanggung jawab dalam pengelolaan suatu tipe lahan basah buatan). Sebagai bahan pengayaan, buku ini juga memuat beberapa tulisan dalam kotak yang berisi informasi mengenai isu-isu lahan basah buatan yang sedang berkembang/masih relevan dengan kondisi saat ini.

Penyusunan buku ini dilakukan mengingat pentingnya ketersediaan informasi aktual mengenai lahan basah buatan sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam pengelolaannya. Dalam tiga dekade belakangan ini keberadaan lahan basah buatan di Indonesia (terutama di Jawa, Bali, dan Sumatera) telah semakin terdesak oleh pesatnya kegiatan pembangunan, padahal keberadaan lahan basah buatan sangatlah penting dalam menunjang kehidupan manusia. Lahan basah buatan umumnya sengaja dibuat oleh manusia untuk memenuhi tujuan-tujuan tertentu, salah satunya adalah untuk mengembalikan fungsi alami suatu lahan basah di suatu wilayah; walaupun pada perkembangannya ternyata tidak sedikit pula pembangunan lahan basah buatan yang kemudian malah mengancam keberadaan ekosistem-ekosistem alami, sehingga mengganggu atau bahkan menghilangkan fungsi dan nilai (manfaat) ekosistem-ekosistem alami tersebut.



(Foto: Dok. WI-IP)

Bab 2

Lahan Basah Buatan

Lahan basah, berdasarkan Sistem Klasifikasi Ramsar, diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama, yaitu: lahan basah pesisir dan lautan, lahan basah daratan, dan lahan basah buatan. Diantara ketiga kelompok utama lahan basah tersebut, lahan basah buatan (*human-made wetlands*) mungkin bisa dianggap sebagai satu-satunya kelompok lahan basah yang memiliki posisi paling dilematis, karena di satu sisi pembangunan lahan basah buatan memang perlu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan tertentu (misal habitat mangrove diubah jadi tambak) sementara di sisi lain pembangunan lahan basah buatan dianggap menjadi penyebab berkurangnya (atau bahkan hilangnya) fungsi dan nilai (manfaat) lahan basah alami.

2.1 Definisi dan Proses Pembentukan Lahan Basah Buatan

Lahan basah buatan (*human-made wetlands*) adalah suatu ekosistem lahan basah yang terbentuk akibat intervensi manusia, baik secara sengaja ataupun tidak sengaja. Lahan basah buatan yang pembentukannya disengaja, biasanya dibuat untuk memenuhi berbagai kepentingan tertentu; misalnya untuk meningkatkan produksi lahan pertanian dan perikanan, pembangkit tenaga listrik, sumber air, atau untuk meningkatkan keindahan bentang alam bagi keperluan pariwisata. Sedangkan lahan basah buatan yang pembentukannya tidak disengaja umumnya memiliki tujuan pemanfaatan yang kurang jelas; misalnya genangan air yang terbentuk di lahan-lahan bekas kegiatan tambang. Dalam perkembangannya, lahan basah buatan dapat mengalami suksesi sehingga tampak seperti ekosistem alami (Wibowo *et al.*, 1996).

Keberadaan lahan basah buatan dapat memberikan pengaruh yang baik dan dapat pula memberikan pengaruh yang buruk bagi lingkungan sekitar. Pembangunan lahan basah buatan sebagai ekosistem baru dapat mencegah kepunahan serta meningkatkan populasi suatu jenis flora atau fauna. Sebagai contoh pembangunan kolam atau situ dapat memberikan kesempatan bagi berbagai jenis tumbuhan dan hewan air seperti teratai, kiambang, ikan, dan katak untuk hidup dan berkembang biak. Di sisi lain tidak sedikit pula pembangunan lahan basah buatan telah menyebabkan hilangnya habitat dan keanekaragaman jenis flora fauna di dalamnya; salah satu contoh adalah pembangunan tambak yang menjadi penyebab hilangnya hutan mangrove dan berbagai jenis biota didalamnya.

2.2 Klasifikasi Habitat Lahan Basah Buatan

A. Klasifikasi habitat lahan basah buatan berdasarkan Sistem Klasifikasi Ramsar¹ (Ramsar Convention on Wetlands, The, 2004):

- 1 – Kolam budidaya organisme air (misalnya: ikan dan udang).
- 2 – Kolam; termasuk kolam-kolam pertanian, kolam bibit, dan tangki-tangki air berukuran kecil (umumnya di bawah 8 Ha).
- 3 – Lahan teririgasi; termasuk saluran irigasi dan sawah.

¹ Pemberian kode didasarkan pada Sistem Klasifikasi Ramsar yang telah disetujui dalam Recommendation 4.7 dan diamandemen dalam Resolution VI.5 of the CoP.

- 4 – Lahan pertanian yang tergenang air secara musiman; termasuk padang rumput berumput basah yang dikelola secara intensif.
 - 5 – Lahan eksploitasi garam, meliputi ladang penguapan dan pendulangan garam.
 - 6 – Area penampungan air; misalnya: bendungan/waduk, bendung, dan tandon.
 - 7 – Lubang/kolam di area pertambangan; yaitu lubang/kolam yang terbentuk akibat kegiatan pertambangan (misalnya: pertambangan batu, kerikil, dan batu bara).
 - 8 – Area pengolahan air limbah; meliputi saluran pembuangan air limbah, kolam sedimentasi, kolam oksidasi, dsb.
 - 9 – Kanal, saluran drainase, dan parit.
 - Zk(c) – Karst (gua kapur) dan sistem-sistem hidrologis *subterranean* (sistem di bawah permukaan tanah) lainnya yang terbentuk akibat intervensi manusia.
- B. Klasifikasi habitat lahan basah buatan berdasarkan IUCN (*International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*) dalam Dugan, 1990:
1. Budidaya perairan/perikanan
 - a. Kolam budidaya perikanan, termasuk kolam ikan dan udang.
 2. Pertanian
 - a. Kolam, termasuk kolam pertanian, kolam pembibitan, dan bak-bak penampungan air.
 - b. Lahan beririgasi dan saluran irigasi.
 - c. Lahan yang tergenangi secara musiman.
 3. Eksploitasi garam
 - a. Lahan pendulangan garam
 4. Urban/industri
 - a. Penggalian, termasuk lubang galian dan tambang yang tergenangi air
 - b. Daerah pengolahan limbah termasuk penampungan limbah, kolam pengolahan, dan kolam oksidasi limbah.
 5. Daerah penampungan air
 - a. Penampungan/reservoir air untuk irigasi dan/atau untuk air minum.
 - b. Dam-dam air dengan fluktuasi air mingguan atau bulanan secara teratur

2.3 Perkembangan Lahan Basah Buatan di Indonesia

Keberadaan lahan basah buatan di Indonesia (khususnya di Pulau Jawa) saat ini sudah mulai terdesak oleh pesatnya pembangunan, dan telah banyak mengalami perubahan fisik dan fungsi. Areal persawahan dan situ-situ yang semula berfungsi sebagai lahan produksi pertanian dan perikanan kini luasnya semakin berkurang karena telah dialihfungsikan menjadi kawasan pemukiman, industri, dan bahkan tempat pembuangan limbah.

Di sisi lain, tak sedikit pula ekosistem lahan basah alami yang terdesak oleh keberadaan lahan basah buatan; hal tersebut menyebabkan hilangnya fungsi dan nilai (manfaat) lahan basah alami tersebut. Sebagai contoh pembangunan tambak udang yang semakin meningkat sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan hutan mangrove. Rusaknya ekosistem mangrove ini tidak hanya berakibat terhadap hilangnya keanekaragaman hayati yang terkandung di dalamnya, namun lebih jauh telah menimbulkan berbagai bencana/ancaman serius bagi lingkungan pesisir, yaitu berupa abrasi pantai dan intrusi air laut. Contoh lain yang sangat dramatis adalah Mega Proyek Pembukaan Lahan Gambut (PLG) ‘Sejuta Hektar’ di Kalimantan Tengah untuk dijadikan lahan sawah; proyek tersebut selain mengancam keanekaragaman hayati juga telah mengganggu sistem hidrologis setempat, sehingga menimbulkan kesengsaraan bagi masyarakat setempat dan masyarakat transmigran yang telah ditempatkan di lokasi ini.

Di lain pihak, sekarang ini pada beberapa tempat – telah terjadi peningkatan pembangunan lahan basah buatan demi memenuhi kebutuhan hidup masyarakat. Sebagai contoh pembangunan bendungan di Wilayah Indonesia Timur (WIT) yang berfungsi sebagai pengendali banjir dan penampung air irigasi yang mendukung pertanian di WIT. Pembangunan dan rehabilitasi situ/danau juga banyak dilakukan di beberapa wilayah di Pulau Jawa untuk mengendalikan banjir dan menampung limpasan air hujan. Upaya lain yang dilakukan dalam rangka meningkatkan peran lahan basah buatan adalah mengembangkan potensi ladang garam di wilayah Timur dan Barat Indonesia.

Satu hal yang perlu diperhatikan dalam pengembangan lahan basah buatan adalah pengelolaannya yang sangat terkait dengan keberadaan lahan basah alami di Indonesia. Pembangunan lahan basah buatan harus disesuaikan dengan kondisi wilayah setempat, baik secara ekologis maupun secara sosial-ekonomis. Pembangunan lahan basah buatan yang tidak terencana dengan baik selain merupakan bencana bagi lingkungan, juga merupakan bencana bagi masyarakat yang hidup di sekitarnya.



(Foto: Umar Istihori)

Bab 3

Sawah

Sawah merupakan lahan basah buatan yang sangat penting di Indonesia, karena sawah menghasilkan beras yang merupakan makanan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Pada awalnya kegiatan bersawah di Indonesia dilakukan secara tradisional di lahan yang tidak terlalu luas, namun dengan meningkatnya populasi penduduk yang kemudian mendorong meningkatnya kebutuhan beras maka kegiatan bersawah berlanjut ke program intensifikasi dan ekstensifikasi pertanian. Kedua program ini cukup ampuh dalam meningkatkan produksi beras, hal tersebut terbukti dengan tercapainya swasembada beras di Indonesia pada tahun 1984.

3.1 Definisi Sawah

Sawah merupakan lahan basah buatan yang dibatasi oleh pematang (galengan) yang digunakan untuk menanam padi dan dialiri dengan pengairan teknis, tadah hujan, atau pasang surut. Ekosistem sawah selalu digenangi air dalam periode tertentu dan dibentuk berpetak-petak (Tim Penyusun Kamus Penebar Swadaya, 1997). Lahan rawa yang ditanami padi dan lahan bekas tanaman tahunan yang ditanami padi maupun palawija, juga dapat dikategorikan sebagai sawah (BPS, 1999).

3.2 Fungsi dan Manfaat Sawah

Sawah merupakan ekosistem lahan basah buatan yang sangat berguna bagi kehidupan manusia sebagai penghasil bahan pangan. Sawah juga merupakan ekosistem perairan tergenang yang mendukung kehidupan berbagai jenis hewan dan tumbuhan air. Fungsi dan manfaat sawah tidak hanya terbatas pada penghasil bahan pangan (khususnya beras), namun sawah juga memiliki fungsi dan manfaat secara ekologis dan sosial budaya.

3.2.1 Fungsi Ekologis Sawah

a. Habitat berbagai jenis tumbuhan dan hewan

Sawah merupakan habitat lahan basah buatan yang dikhususkan bagi kegiatan budidaya padi. Sawah juga merupakan ekosistem perairan tergenang yang menjadi habitat hidup berbagai jenis hewan dan tumbuhan air lainnya, seperti ikan, siput, burung, serangga, amfibi, Kangkung, dan Genjer. Hewan-hewan yang hidup di sawah tersebut, ada yang menghabiskan seluruh/sebagian besar hidupnya di sawah dan ada juga yang hanya singgah sebentar di sawah, misalnya untuk mencari makan. Hewan dan tumbuhan air yang hidup di sawah juga ada yang bernilai ekonomis dan ada pula yang bersifat merugikan; burung (misalnya *Lonchura* spp. dan *Ploceus* sp.), tikus (*Rattus argentiventer*), dan wereng (misalnya *Nilaparvata lugens* (Stal) dan *Nephotettix cincticeps* (Uhler)) adalah contoh beberapa hewan merugikan karena bersifat hama (Syam dan Wurjandari, 2003).

KOTAK 3.1

Padi Laut

Padi Laut merupakan padi lokal yang hidup di habitat rawa. Padi jenis ini konon berasal dari Tulungagung yang banyak dikenal dengan sebutan Padi Kuno atau Padi Mei karena berumur panjang dan selalu berbunga pada bulan Mei.

Padi lokal ini memiliki beberapa keuntungan yaitu mampu hidup di rawa yang kesuburannya rendah, mudah perawatannya/input rendah (tanpa pemupukan), mampu meredam banjir, dan memberikan hasil sampingan berupa hijauan ternak.

Kelemahan padi jenis ini terletak pada umurnya yang panjang serta ketinggiannya yang dapat mencapai 2,5 m sehingga produktivitasnya lebih rendah dibandingkan padi jenis baru dan lebih rentan terhadap serangan hama.

Sumber : Paripurno, et al. (1999)

b. Pengendap lumpur dan zat hara yang terbawa air

Sawah yang hampir selalu dialiri dan digenangi air, berfungsi sebagai pengendap partikel lumpur yang terbawa oleh air. Lumpur ini mengandung berbagai unsur hara yang dapat menyuburkan tanah, sehingga berfungsi sebagai pupuk bagi tanaman padi. Berkaitan dengan fungsi ini, sawah juga digunakan untuk mendaur ulang limbah organik. Di Austria, air dari kolom dasar danau yang kaya akan limbah organik dipompakan ke lahan pertanian untuk mengairi tanaman sekaligus memupuk tanah.

c. Sumber plasma nutfah

Tanaman padi memiliki varietas yang sangat tinggi. Saat ini International Rice Genbank memiliki koleksi sekitar 100.000 varietas padi yang dikumpulkan dari seluruh dunia (International Rice Research Institute, 2004). Di Indonesia sendiri diperkirakan ada lebih dari 8.000 varietas padi lokal (Whitten *et al.*, 1999).

Padi merupakan salah satu tanaman yang dapat dikembangkan untuk menciptakan jenis baru yang lebih unggul, baik dari segi produktifitas, kecepatan pertumbuhan, rasa, maupun ketahanan terhadap penyakit. Dalam hal rekayasa genetik, tanaman padi

mengalami perkembangan jauh lebih pesat dibandingkan tanaman lainnya, hal ini terutama karena padi memiliki gen-gen yang relatif kecil (hanya sepersepuluh ukuran gen jagung). Varietas padi unggul pertama dihasilkan oleh *International Rice Research Institute* (IRRI) pada tahun 1965 dan mulai didistribusikan pada tahun 1966 (Whitten *et al.*, 1999).

Perekayasaan genetik untuk mengembangkan varietas padi unggul dilakukan untuk mengimbangi meningkatnya kebutuhan akan beras; namun ironisnya pengembangan varietas padi unggul ini justru malah menekan keberadaan varietas padi lokal sehingga varietas padi lokal terancam punah. Berdasarkan hasil studi yang dilakukan oleh IRRI, dalam 15 tahun terakhir Indonesia diperkirakan kehilangan 1.500 varietas padi lokal (Mumtazah, 2003).

Tabel 3.1 Varietas unggul baru tanaman pangan yang dilepas Departemen Pertanian – Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan pada tahun 2000

Varietas	Umur (hari)	Hasil (ton/ha)	Ketahanan terhadap hama/penyakit
<i>Padi sawah</i>			
Cisantana	118	5,0 - 7,8	Tahan WCK 2 & 3; Cukup tahan HDB III
Ciherang	116-125	5,0 - 7,0	Tahan WCK 2 & 3; Tahan HDB III & IV
Tukad balian	110	4,0 - 7,0	Agak tahan WCK 3; agak tahan HDB VIII; tahan Tungro
Tukad petanu	118	4,0 - 7,0	Agak tahan WCK 3; agak tahan HDB VIII; tahan Tungro
Tukad unda	110	4,0 - 7,0	Agak tahan WCK 3; agak tahan HDB VIII; tahan Tungro
<i>Padi pasang surut</i>			
Punggur	117	4,5 - 5,0	Tahan WCK 2 & 3; tahan Blas; toleran Fe dan Al.
Indragiri	117	4,5 - 5,5	Tahan WCK 2; tahan Blas; tahan HDB III, toleran Fe dan Al.

Keterangan : WCK = Wereng coklat; HDB: Hawar Daun Bakteri

Sumber: Departemen Pertanian – Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, 2004a

3.2.2 Manfaat Ekonomis Sawah

Sawah merupakan penghasil berbagai sumberdaya alam hayati bernilai ekonomis. Walaupun sawah pada dasarnya sengaja dibuat manusia untuk budidaya tanaman padi yang merupakan penghasil beras (makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia), namun sawah juga dapat ditanami tanaman ekonomis jenis lain seperti Kangkung dan Genjer yang juga dikonsumsi manusia. Sistem penanaman lahan oleh lebih dari satu macam tumbuhan secara bersamaan ini dikenal dengan istilah **Tumpangsari**.

Selain jenis tumbuh-tumbuhan, pada sawah juga terdapat ikan dan beberapa jenis hewan air bernilai ekonomis lainnya seperti katak dan moluska. Sistem usahatani yang menggabungkan budidaya padi dengan ikan dikenal dengan nama **Minapadi**.

3.2.3 Manfaat Sosial dan Budaya Sawah

Kegiatan bersawah di beberapa daerah telah menjadi cara hidup dan budaya bagi masyarakatnya. Sebagai contoh, masyarakat Hindu percaya bahwa padi merupakan ciptaan khusus Dewa Wisnu yang diperintahkan untuk ditanam. Di daerah Jawa, budaya bersawah juga merupakan kegiatan adat yang selalu dikaitkan dengan upacara adat. Contoh lain adalah petani Bali yang menggunakan **Sistem Subak** yang bersifat sosio-religius dan mandiri dalam mengelola irigasi sawahnya (Whitten *et al.*, 1999).

KOTAK 3.2

Pengelolaan Irigasi dengan Sistem Subak

Sistem pengelolaan air yang terkenal adalah Sistem Subak di Bali. Sistem pengairan ini merupakan usaha bersama dalam mengelola sistem irigasi sawah yang bersifat sosio-religius dan mandiri. Pembentukan Subak diatur berdasarkan daerah aliran sungai melalui suatu sistem pembagian air yang ketat. Organisasi Subak dibentuk sejak abad ke-9 dan berfungsi mengawasi seluruh ekosistem lahan tanaman padi. Sistem Subak dipimpin oleh seorang Klian Subak yang berada di bawah kekuasaan badan daerah yang lebih tinggi yang berwenang mengatur masa tanam dan masa bera sawah. Sistem Subak menjadi suatu sistem yang luar biasa dan unik terutama karena saluran-saluran irigasi di sisi-sisi bukit panjangnya sampai berkilometer.

Sumber: Whitten *et al.*, 1999

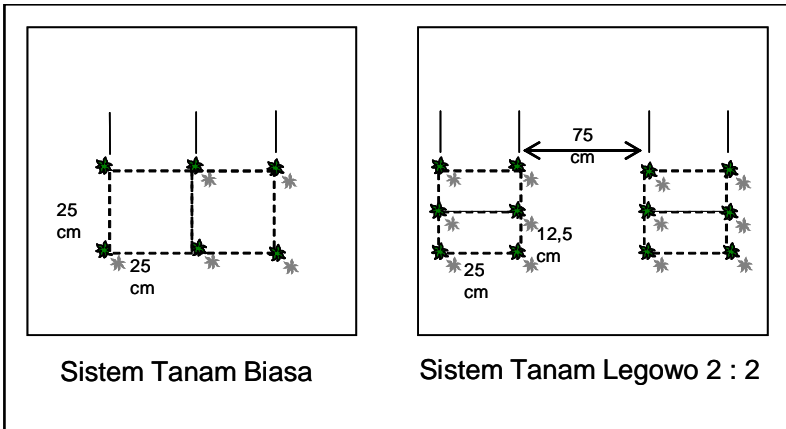
3.3 Proses Pembuatan Sawah

Kegiatan bersawah dapat dilakukan di berbagai tempat; mulai dari daerah tropis sampai daerah subtropis (39° LS sampai 50° LU), baik di dataran rendah maupun di dataran tinggi (0 dpl sampai 2500 dpl). Di Indonesia kegiatan bersawah dilakukan di berbagai tipe tanah, terutama di tanah bertipe *alluvial*, *gley*, *regosols*, *grumosols*, *podzolic*, *latosols*, *andosols*, dan *mediterranean* (Soerjani *et al.*, 1987).

Sawah dibangun pada lahan yang tidak bersarang (*porous*) dengan membuat petak-petak yang dibatasi oleh pematang sehingga memungkinkan terbentuknya lahan yang tergenang (Wibowo *et al.*, 1996). Pematang sawah dibuat padat, kokoh, serta tidak mudah bocor dan longsor. Pematang biasanya berukuran lebar dasar 40-50 cm, lebar atas 30-40 cm, dan tinggi 30-40 cm; pematang ini secara berkala dilapisi lumpur agar bersih, rapi, dan tidak mudah ditumbuhi gulma (Suriapermana *et al.*, 1994).

Apabila lahan sawah mulai digenangi air, selanjutnya dilakukan kegiatan pencangkulan, pembajakan, dan penggaruan tanah dengan tujuan mengubah tanah tergenang menjadi tanah berlumpur yang siap ditanami padi. Pengolahan tanah dilakukan hingga kedalaman 15-20 cm, sampai terbentuk tanah dengan perbandingan lumpur dan air 1:1. Pembajakan (*puddling*) berguna untuk memudahkan penanaman semai padi, memperbaiki kondisi tanah, mengurangi perkolasi air, serta mengendalikan gulma. Untuk mengatur irigasi, pada pematang sawah dipasang pipa pemasukan dan pelimpasan air yang dapat dibuat dari bambu atau paralon (Soerjani *et al.*, 1987; Suriapermana *et al.*, 1994).

Sistem penanaman padi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu **Sistem Pindah Biasa** dan **Sistem Pindah Legowo 2:2**. Sistem Pindah Biasa dilakukan dengan menanam 2-3 batang bibit padi per rumpun dengan jarak tanam 25 x 25 cm. Sedangkan Sistem Pindah Legowo 2:2 dilakukan dengan menanam padi secara berselang seling antara dua baris tanaman dan dua baris kosong dengan jarak tanam 25 x 12,5 cm, itu berarti pada Sistem Pindah Legowo 2:2 ini terdapat ruang terbuka sebesar 50% dari total luas pertanaman. Pada kedua sistem tanam ini, satu hektar sawah ditanami 160.000 populasi tanaman padi (Suriapermana *et al.*, 1994). Jarak penanaman padi akan berpengaruh pada pertumbuhan gulma; jarak tanam yang dekat akan dapat menekan pertumbuhan gulma sehingga gangguan gulma dapat diperkecil, namun jika jarak tanam terlalu dekat pertumbuhan padi juga akan terhambat (Soerjani *et al.*, 1987 dan Whitten *et al.*, 1999).



Gambar 3.1 Sistem tanam padi (dari Suriapermana *et al.*, 1994)

Sawah mengalami dua periode berkala yaitu periode basah dan periode kering. Periode basah terjadi saat dilakukan pengolahan tanah hingga masa tanam selesai yaitu sekitar satu hingga tiga bulan. Periode kering terjadi saat padi akan dipanen. Para petani selalu menjaga lahannya agar tidak terlalu kering untuk mempermudah pengolahan lahan serta mempercepat perkembangan akar padi (Wibowo *et. al.*, 1996).

Di beberapa daerah lahan kering atau Sawah Tadah Hujan, kegiatan bersawah dilakukan dengan Sistem Tumpangsari, yaitu kegiatan bersawah yang menggabungkan penanaman padi dengan tanaman palawija seperti jagung, kacang-kacangan, atau singkong secara bergantian. Kegiatan Tumpangsari biasanya dilakukan pada musim kemarau yang bertujuan untuk memaksimalkan produktifitas lahan.

Selain kegiatan Tumpangsari, kegiatan bersawah juga dapat digabungkan dengan pemeliharaan ikan yang biasa disebut Sistem Minapadi. Sistem budidaya ikan di sawah terbagi menjadi tiga yaitu: (1) memelihara ikan selama tiga hingga empat minggu antara musim tanam padi (penyelang), (2) memelihara ikan di sawah saat padi tumbuh (Minapadi), dan (3) memelihara ikan setelah musim tanam kedua (palawija). Kegiatan pemeliharaan ikan dengan padi (Minapadi) biasanya dilakukan di Sawah Pasang Surut dan Sawah Lebak (Suriapermana *et al.*, 1994).

KOTAK 3.3

Usaha Tani Minapadi

Minapadi (gabungan antara budidaya ikan dengan padi) sudah sejak lama dikenal dan diterapkan petani di beberapa sentra produksi padi di Jawa. Sistem ini biasa dijumpai di daerah irigasi dengan ketersediaan air pengairan dalam satu tahun lebih dari 10 bulan.

Sistem Minapadi memberikan beberapa keuntungan, yaitu meningkatkan produksi padi dan ikan, mengurangi penggunaan insektisida dan pupuk buatan, membantu penyiangan, serta membantu pengolahan tanah. Kegiatan Minapadi juga meningkatkan pendapatan petani serta mencukupi kandungan protein hewani masyarakat. Sistem Minapadi merupakan salah satu sistem pertanian yang berkelanjutan (sustainable agriculture).

Jenis ikan yang cocok untuk usaha tani Minapadi adalah ikan Mas, Tawes, Nila, Gurami, Lele Dumbo, dan Udang tokal. Hasil ikan dari kegiatan minapadi dapat dipakai sebagai benih untuk kolam air deras, jala apung, kolam biasa, dan dapat juga langsung dikonsumsi atau dijual.

Sumber: *Suriapermana et al., 1994*

3.4 Tipe-tipe Sawah

Kegiatan bersawah sangat dipengaruhi oleh kondisi alam. Jenis tanah dan ketersediaan air sangat menentukan tipe dan cara pengelolaan sawah. Kondisi alam ini menyebabkan adanya perbedaan tipe sawah di masing-masing daerah di Indonesia.

Berikut ini kami coba sajikan klasifikasi tipe sawah di Indonesia secara sistematis. Banyaknya tipe sawah di Indonesia dan banyaknya alternatif dalam pengelompokan tipe sawah ini, menyebabkan pengelompokan sawah ini terkadang menjadi tumpang tindih. Walau begitu sistem pengklasifikasian ini diharapkan dapat membantu pemahaman pembaca akan karakteristik sawah.

3.4.1 Tipe Sawah Berdasarkan Sistem Pengairan

a. Sawah Pasang Surut

Sawah jenis ini sistem pengairannya sangat tergantung pada pasang surut air, baik yang berasal dari laut (*saline*) maupun dari sungai (tawar). Sawah Lebak, yang berada di daerah dataran banjir dan memanfaatkan air luapan sungai untuk pengairannya, juga dapat digolongkan ke dalam tipe Sawah Pasang Surut. Sawah Pasang Surut banyak terdapat di wilayah pesisir dan dataran banjir Riau, Jambi, Palembang, dan Kalimantan (Soerjani *et al.*, 1987).

KOTAK 3.4

Teknologi Padi Sawah Pasang Surut

Sistem pengelolaan lahan dan tata air merupakan salah satu faktor kunci keberhasilan pengembangan pertanian lahan pasang surut. Penyiapan lahan dengan pengolahan tanah memakai bajak singkal diikuti dengan rotari oleh traktor tangan sangat diperlukan, selain untuk memperbaiki kondisi lahan menjadi lebih seragam dan rata juga untuk mempercepat proses pencucian bahan beracun. Bila tanahnya sudah gembur atau berlumpur dan rata, pengolahan tanah intensif tidak diperlukan, tapi diganti dengan pengolahan tanah minimum atau Tanpa Olah Tanah (TOT) dan dikombinasikan dengan penggunaan herbisida seperti Glyphosate dan Paraquat.

Varietas unggul padi sawah yang beradaptasi baik di lahan pasang surut terutama yang tingkat kemasaman dan kadar besinya tidak terlalu tinggi adalah Kapuas, Cisanggarung, Cisdane, IR42, Lematang, Sei Lilin, Sei Lalan, dan Banyuasin. Hasil padi varietas unggul ini dapat mencapai 4-6 ton/Ha. Untuk lahan yang kemasaman dan kadar besinya tinggi dapat digunakan beberapa varietas unggul lokal seperti Talang, Ceko, Mesir, Jalawara, Siam Lemo, Semut, dan Tumberan. Varietas padi ini dapat memberikan hasil 2-3 ton/Ha dengan umur 120-150 hari. Penanaman padi di Sawah Pasang Surut bisa dilakukan secara gogo, gogo rancah, atau secara sawah bergantung pada penataan lahan dan ketersediaan atau tipe luapan airnya.

Sumber: Departemen Pertanian – Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, 2004b

b. Sawah bukan Pasang Surut

Sawah jenis ini sistem perairannya berasal dari saluran irigasi (Sawah Berpengairan) atau dari curah hujan (Sawah Tadah Hujan). Sawah bukan Pasang Surut ini banyak ditemui di Pulau Jawa.

3.4.2 Tipe Sawah Berdasarkan Sumber Air dan Pengelolaannya

- a. Sawah Berpengairan (Irigasi)**, yaitu lahan sawah yang memperoleh sumber air dari sistem irigasi, baik yang dikelola oleh Pemerintah (Dinas Pengairan - Pekerjaan Umum) maupun yang dikelola sendiri oleh masyarakat. Sawah berpengairan disebut juga **Sawah Oncoran**.

Sawah Irigasi dapat ditemukan di dataran rendah maupun dataran tinggi, asalkan masih ada sumber air. Pada dataran rendah, yang kondisi tanahnya datar, area sawah biasanya dibagi menjadi beberapa plot yang masing-masing dikelilingi oleh galengan; galengan ini berfungsi untuk mengatur ketinggian air. Sedangkan pada dataran tinggi, yang kondisi tanahnya berbukit, area sawah dibangun dengan Sistem Teras (sistem konstruksi tanah yang berfungsi mengurangi panjang lereng).



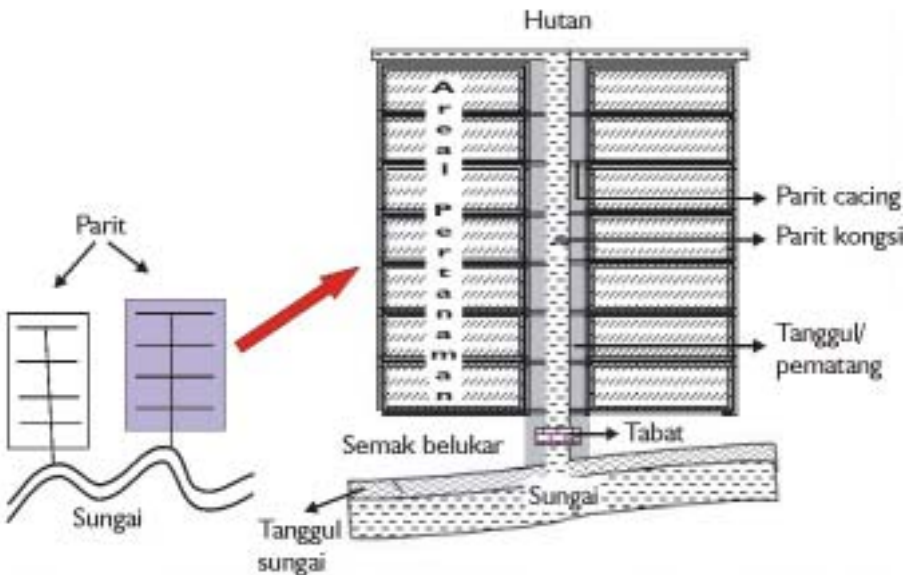
Gambar 3.2 Konstruksi sawah dengan Sistem Teras

Sawah Irigasi menerima pasokan air dari berbagai sumber, antara lain waduk, sungai, mata air, dan sumur (Soerjani *et al.*,1987). Berdasarkan tipe jaringan irigasinya, sawah irigasi dapat digolongkan menjadi 3 tipe, yaitu (Departemen Pertanian - Direktorat Perluasan Areal Pertanian, 1982):

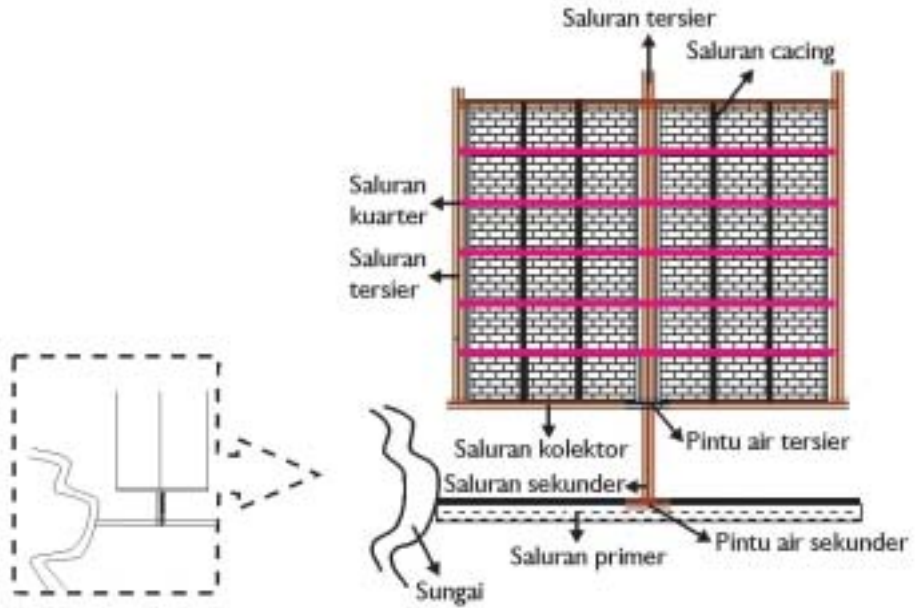
- ❖ **Sawah Berpengairan Teknis**, yaitu sawah yang jaringan irigasinya memungkinkan untuk mengukur dan mengatur debit air. Penggunaan jaringan irigasi ini seluruhnya diatur dan dikelola oleh pemerintah. Air irigasi di Sawah Berpengairan Teknis ini mengalir terus menerus sepanjang tahun, sehingga keberadaan sawah ini tidak tergantung pada musim dan dalam satu tahun dapat ditanami padi sebanyak dua hingga tiga kali.
 - ❖ **Sawah Berpengairan Setengah Teknis**, yaitu sawah yang jaringan irigasinya memungkinkan untuk mengatur debit air tetapi tidak dapat mengukur debit air. Pengelolaan jaringan irigasi pada Sawah Berpengairan Setengah Teknis ini tidak seluruhnya diatur oleh pemerintah.
 - ❖ **Sawah Berpengairan Non Teknis/Sederhana**, yaitu sawah yang jaringan irigasinya tidak memungkinkan untuk mengatur dan mengukur debit air, sehingga sistem pengairannya tidak teratur.
- b. **Sawah bukan Irigasi**, yaitu sawah yang pengairannya tidak berasal dari jaringan irigasi, sehingga sistem pengairannya tidak teratur. Tipe-tipe sawah yang tergolong Sawah bukan Irigasi antara lain:
- ❖ **Sawah Pasang Surut di daerah pesisir**
Sawah jenis ini keberadaannya sangat tergantung pada kondisi pasang surut air (air laut maupun tawar). Sawah Pasang Surut seperti ini banyak dijumpai di daerah pesisir Sumatera (Riau, Jambi, Palembang) dan Kalimantan. Sawah Pasang Surut memerlukan metode penyiapan lahan dan pengelolaan yang berbeda dibanding sawah tipe lain karena kondisi lingkungannya yang unik. Bagi masyarakat Banjar

(Kalimantan Selatan), Sawah Pasang Surut dikenal dengan nama **Sawah Bayar** dan sistem pertaniannya dikenal dengan nama **Sistem Surjan** atau **Sistem Surjan Banjar** (Soerjani *et al.*, 1987; Djamhari, 1999; Muslihat, 2004)

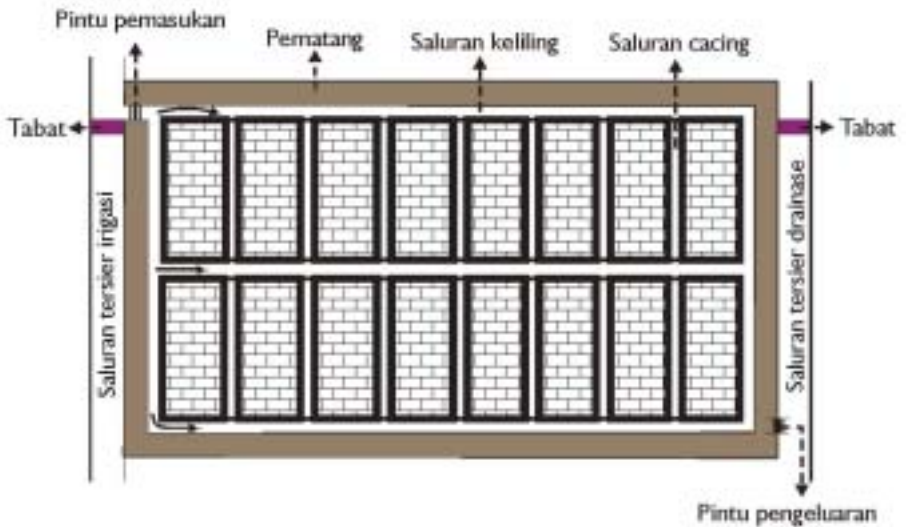
Sawah Pasang Surut tergenangi air secara keseluruhan pada musim hujan dan muka air biasanya mencapai ketinggian maksimum pada bulan Januari sampai April. Jaringan pengairan di sawah pasang surut dibuat sedemikian rupa agar air tawar dapat tetap masuk ke area sawah; air tawar ini berfungsi untuk mencuci bahan-bahan beracun pada tanah sehingga kondisi tanah sesuai untuk ditanami padi (Soerjani *et al.*, 1987). Sistem Parit/Handil, Sistem Saluran Model Garpu, dan Sistem Aliran Satu Arah merupakan beberapa teknik pengelolaan air lahan rawa yang telah lama dikembangkan (Muslihat dan Suryadiputra, 2004).



Gambar 3.3 Sistem pengelolaan air pada Sawah Pasang Surut dengan Sistem Parit/Handil (dari Muslihat dan Suryadiputra, 2004)



Gambar 3.4 Sistem pengelolaan air pada Sawah Pasang Surut dengan Sistem Garpu (dari Muslihat dan Suryadiputra, 2004)



Gambar 3.5 Sistem pengelolaan air pada Sawah Pasang Surut dengan Sistem Aliran Satu Arah (dari Muslihat dan Suryadiputra, 2004)

KOTAK 3.5

Pertanian di Lahan Gambut dengan Sistem Surjan

Pemanfaatan lahan gambut dangkal (< 1 m) untuk budidaya pertanian dengan Sistem Surjan sudah lama dikenal dan diterapkan petani di beberapa lokasi di Sumatera dan Kalimantan. Walaupun teknik budidayanya memberi hasil produksi yang relatif belum memadai, namun sistem ini dalam pengelolaannya memiliki nilai kearifan tradisional yang relatif lebih ramah lingkungan dan selaras dengan kondisi ekologi gambut.

Sistem Surjan merupakan suatu cara pengelolaan tanah dan air yang disesuaikan dengan kondisi alam setempat. Sistem ini, tidak saja dilakukan di lahan pasang surut tetapi juga dapat dilakukan pada lahan gambut dangkal yang marginal. Namun yang perlu diperhatikan dalam menggunakan sistem ini adalah penerapan pola tanam Tumpangsari yang berkelanjutan dan produktif dalam waktu lama. Hal ini misalnya dapat terlihat dari adanya pola suksesi dari pertanaman padi menjadi tanaman perkebunan kelapa atau kebun karet atau pohon buah-buahan dan perikanan.

Dengan penerapan Sistem Surjan, maka lahan akan menjadi lebih produktif, karena pada lahan tersebut akan tersedia dua tatanan lahan, yaitu: (1) Lahan Tabukan yang tergenang (digunakan untuk menanam padi atau digabungkan dengan budidaya ikan/Minapadi); dan (2) Lahan Tembakan/Guludan/Baluran sebagai lahan kering (digunakan untuk budidaya palawija, buah-buahan, tanaman tahunan/perkebunan).

Sumber: Muslihat dan Suryadiputra, 2004

❖ Sawah Lebak

Sawah Lebak adalah sawah yang terbentuk di daerah dataran banjir (lebak). Sawah Lebak ini banyak ditemui di Sumatra Utara, Jambi, Sumatra Selatan, Kalimantan, Sulawesi Tengah, dan Jawa. Sawah Lebak memanfaatkan pasang surut air sungai untuk pengairannya; karena fluktuasi airnya tidak teratur maka pengelolaan sawah jenis ini cukup sulit dibandingkan sawah jenis lainnya. Daerah lebak selalu mengalami banjir pada musim hujan; di Sumatra Selatan daerah lebak terkadang bisa tergenangi air setinggi 1-3 meter pada bulan Oktober sampai April, air mulai surut pada bulan Mei sampai Juli, dan tanah akan benar-benar mengering pada bulan Agustus sampai September.

Bagian tengah lebak merupakan area terbaik untuk menanam padi. Daerah pinggir lebak kurang sesuai untuk menanam padi karena daerah ini sangat rawan mengalami kekeringan, daerah lebak bagian dalam juga kurang sesuai karena muka airnya terlalu tinggi.

Padi yang cocok ditanam di Sawah Lebak adalah padi jenis lokal (Siam, Putih, Kemang, Sawah tebakang, Kanyut, Nyonyah, dan Ketak). Padi-padi jenis ini dapat memberikan hasil 2 – 3 ton GKG (Gabah Kering Giling)/Ha dengan umur 180 hari (Soerjani *et. al.*, 1987). Produktifitas sawah lebak semakin meningkat dengan diciptakannya varietas padi khusus sawah lebak yang diberi nama Padi Surung oleh Balai Penelitian Departemen Pertanian pada tahun 1989. Hasil panen dari Padi Surung ini bisa mencapai 4 ton GKG/ Ha, itu berarti dua kali lipat dibandingkan produktifitas padi lokal (Kompas, 26 Mei 1997).

❖ **Sawah Tadah Hujan**

Sawah Tadah Hujan adalah sawah yang mendapat sumber air dari curah hujan. Karena keberadaannya yang sangat tergantung pada musim penghujan, maka pemilihan varietas padi yang ditanam harus disesuaikan dengan iklim setempat. Untuk daerah yang musim hujannya pendek dan curah hujannya rendah, maka varietas padi yang cocok adalah padi yang umurnya pendek (seperti: IR64, Cirata, Dodokan, Jangkok, dan IR36), dan penanaman padi dilakukan dengan Sistem Gogo Rancah. Sedangkan untuk daerah yang curah hujannya tinggi dapat digunakan varietas padi yang biasa ditanam pada Sawah Irigasi (Soerjani *et al.*, 1987; Departemen Pertanian – Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, 2004c).

Produksi padi pada sawah jenis ini lebih rendah dibandingkan sawah jenis lain. Dalam satu tahun, sawah jenis ini hanya dapat ditanami 1-2 kali. Untuk meningkatkan produktifitasnya, pada musim kemarau sawah ini biasanya ditanami oleh tanaman jenis lain seperti jagung, kedelai, kacang tanah, timun, semangka, dan Labu siam (Soerjani *et. al.*, 1987).

❖ **Sawah lainnya**

Selain jenis-jenis sawah yang telah disebutkan diatas, ada juga jenis-jenis sawah lain yang jumlah dan luasannya di Indonesia tidak terlalu besar, antara lain yaitu polder (sawah yang terdapat di delta sungai) dan rawa-rawa/rembesan lain yang ditanami padi (Departemen Pertanian – Direktorat Jenderal Bina Produksi Tanaman Pangan, 20044a).

3.5 Keanekaragaman Hayati Sawah

Sawah merupakan salah satu ekosistem perairan tergenang – sehingga keanekaragaman hayatinya hampir menyerupai ekosistem perairan tergenang lain seperti danau dan rawa air tawar. Keberadaan flora dan fauna sawah umumnya sangat terbatas karena fungsi utama sawah sebagai lahan budidaya tanaman padi. Namun para petani juga biasanya menanam jenis tanaman lain (tanaman sekunder) untuk meningkatkan produktifitas lahan serta menghindari perkembangan hama. Selain jenis-jenis tumbuhan, para petani juga biasanya membudidayakan beberapa jenis hewan untuk meningkatkan pendapatannya, misalnya ikan, kepiting, dan udang.

Para petani selalu memperhatikan ekosistem sawah secara seksama serta menghilangkan gulma dan hewan pengganggu (hama) tanaman padi. Ironisnya, penggunaan pupuk (yang bertujuan untuk meningkatkan kesuburan tanaman) dalam ukuran yang berlebihan justru memacu pertumbuhan gulma dan hama tanaman. Penggunaan pestisida untuk membunuh gulma dan hama secara berlebihan juga justru menimbulkan munculnya jenis gulma dan hama lainnya yang jauh lebih resisten.

3.5.1 Flora

Tumbuhan utama di sawah adalah padi (*Oryza sativa*). Di dunia diperkirakan terdapat lebih dari 100.000 varietas padi, dan Indonesia sendiri diperkirakan memiliki lebih dari 8.000 varietas padi. Tanaman padi merupakan salah satu jenis tanaman yang dapat tumbuh subur di tanah jenuh air. Tanaman padi dapat tumbuh di daerah tropis dan daerah sub tropis, dari ketinggian 0 sampai 2500 m dpl. Padi juga dapat tumbuh di berbagai kondisi tanah, dari yang miskin hara hingga kaya mineral,

dengan kondisi pH tanah berkisar antara 3 hingga 10, tekstur tanah mulai dari berpasir sampai liat, kandungan bahan organik mulai dari 1 sampai 5%, dan kandungan garam mulai dari 0 sampai 1%.

Selain padi, di sawah juga hidup tumbuhan air lain yang umumnya bersifat gulma. Dalam ekosistem sawah diperkirakan terdapat 266 jenis gulma padi. Persaingan gulma dengan padi dapat melenyapkan lebih dari 10 % potensi produksi padi. Meski demikian, tidak semua jenis tumbuhan air ini bersifat merugikan; karena ada beberapa jenis tumbuhan air yang hidup pada relung ekologi-nya sendiri atau merupakan tanaman sela yang sengaja ditanam manusia untuk dimanfaatkan, baik untuk dikonsumsi sendiri maupun untuk pakan ternak.

Tanaman air yang hidup dalam ekosistem sawah dan biasa dikonsumsi manusia antara lain Kangkung (*Ipomoea aquatica* (Conv.)), Genjer (*Limnocharis flava* (Limn.)), Eceng (*Cyanotis cristata* (Comm.)), dan Semanggi (*Marsilea crenata* (Mars.)); sedangkan tanaman Suket balungan (*Panicum repens* (Gram.)) digunakan untuk konsumsi ternak. Tanaman gulma dan ganggang air juga dapat dimanfaatkan oleh ikan (misalnya Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Tawes (*Puntius javanicus*)) sebagai bahan makanan; pada tahap selanjutnya hasil ekskresi dari ikan sawah ini berguna sebagai pupuk bagi tanaman padi.

Pertumbuhan gulma pada habitat sawah sangat dipengaruhi oleh sistem pengolahan tanah. Misalnya pemberian pupuk nitrogen yang berlebihan dapat memacu pertumbuhan beberapa jenis gulma seperti: Semanggi (*Marsilea crenata* (Mars.)), Tumberan (*Fimbristylis littoralis/miliacea*), dan Padi burung (*Echinochloa crus-galli*) (Soerjani *et al.*, 1987).

3.5.2 Fauna

Ekosistem sawah memiliki keanekaragaman fauna yang tinggi. Berbagai jenis fauna ini ada yang merupakan penghuni asli habitat sawah dan ada pula yang sengaja di introduksi oleh manusia untuk keperluan budidaya. Jenis-jenis fauna yang biasa ditemukan dalam ekosistem sawah antara lain ikan, amfibi, serangga, reptil, unggas, dan mamalia. Hewan-hewan ini sebagian bersifat menguntungkan karena fungsi ekologisnya dan ekonomisnya (seperti ikan dan kepiting) namun tidak sedikit juga yang bersifat merugikan karena posisinya sebagai hama (seperti Wereng coklat (*Nilaparvata lugens* (Stal.))).

Ikan yang ditemukan di sawah biasanya merupakan jenis ikan sungai yang terbawa aliran irigasi. Ikan yang hidup di sawah ini memiliki fungsi ekologis sebagai pemakan plankton, tanaman air/gulma, dan atau serangga hama; selain itu ikan juga berfungsi sebagai penghasil pupuk alami melalui feses yang dihasilkannya. Jenis-jenis ikan yang biasa ditemukan di sawah antara lain Sepat siam (*Trichogaster pectoralis*), Kepala timah (*Aplocheilus panchax*), Sepat rawa (*Trichogaster trichopterus*), Belut (*Monopterus alba*), Lele (*Clarias bathracus*), dan Gabus (*Channa striata*).

Di beberapa daerah, ikan sengaja diintroduksi untuk kegiatan bersawah Minapadi (penggabungan budidaya padi dan ikan). Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan produktifitas lahan serta mengendalikan gulma. Jenis-jenis ikan yang biasa diintroduksi antara lain Bandeng (*Chanos chanos*), Mas (*Cyprinus carpio*), Tawes (*Puntius javanicus*), dan Nila (*Oreochromis niloticus*) (Suriapermana *et al.*, 1994).

Tabel 3.2 Beberapa jenis ikan yang terdapat di sawah dan ciri ekologisnya

Jenis Ikan	Nama Lokal>Nama Inggris	Ciri ekologis
<i>Trichogaster pectoralis</i>	Sepat siam <i>Snakeskin gouramy</i>	Herbivora, pemakan perifiton.
<i>Aplocheilus panchax</i>	Kepala timah <i>Tin head/White spot</i>	Pemakan partikel mikroskopik (detritus).
<i>Beta splendens</i>	Cupang <i>Fighting fish</i>	Hidup pada genangan air, memangsa invertebrata.
<i>Trichogaster trichopterus</i>	Sepat rawa <i>Three-spot gouramy</i>	Terdapat pada perairan yang cukup dalam, hidup berkelompok 3-4 ekor, memangsa invertebrata.
<i>Monopterus albus</i>	Belut <i>Swamp ell</i>	Hewan <i>nocturnal</i> , hidup dalam liang, memangsa hewan yang cukup besar.
<i>Clarias batrachus</i>	Lele <i>Cat-fish</i>	Pemakan serangga, hewan air lain yang cukup besar, dan juga pemakan bangkai.
<i>Channa striata</i>	Gabus <i>Striped snakehead</i>	Ikan predator, pemakan ikan lain dan katak.
<i>Puntius javanicus</i>	Tawes <i>Java carp</i>	Pemakan plankton dan perifiton pada saat benih, dan bersifat herbivora pada saat dewasa.
<i>Chanos chanos</i>	Bandeng <i>Milk fish</i>	Pemakan plankton dan tumbuhan air (herbivora).
<i>Cyprinus carpio</i>	Mas <i>Common carp</i>	Pemakan mikrobenthos (hewan renik yang hidup di dasar perairan sawah).

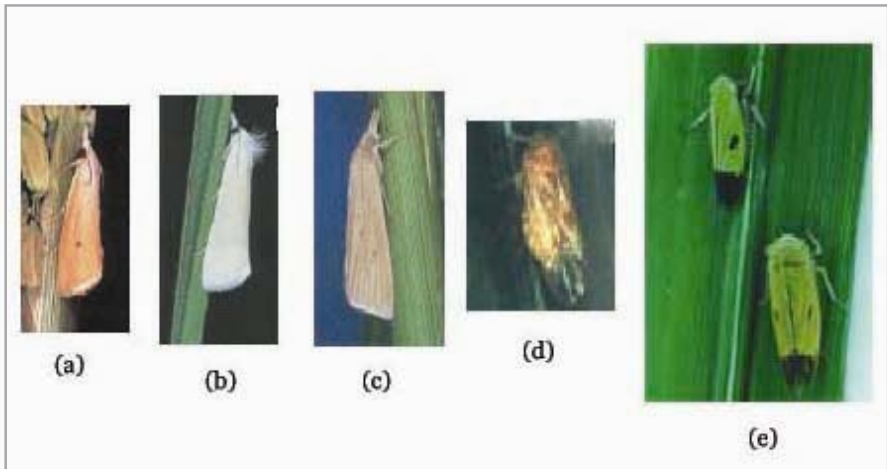
Sumber : Heckman, 1979 dalam Whitten, *et al.*, 1987; Mudjiman, A., 1986

Jenis fauna lain yang sering ditemukan di sawah adalah amfibi. Amfibi merupakan pengendali hama biologis; beberapa jenis amfibi juga dapat dijadikan makanan manusia yang bergizi tinggi. Jenis-jenis amfibi yang sering ditemukan di sawah antara lain *Rana erythraea*, *Rana limnocharis*, *Hylarana chalconata chalconata*, dan *Ooeidozyga lima*.

Keong emas (*Pomacea canaliculatus*) merupakan salah satu jenis moluska yang sering ditemukan di sawah. Keong emas merupakan hama tanaman padi yang berbahaya karena memakan padi yang baru ditanam dan dapat menghancurkan 50-80% potensi panen. Menjelang tahun 1988 Keong emas dianggap hama padi nomor dua yang paling membahayakan setelah Wereng coklat. Keong emas memiliki kemampuan reproduksi yang tinggi; keong mudanya dapat tumbuh dengan cepat dan hanya memerlukan waktu tiga bulan untuk berkembang biak. Keong emas biasa meletakkan gumpalan telurnya kurang lebih 20 cm di atas permukaan air, dan setiap gumpalan telur mengandung 400-700 telur. Keong emas juga memiliki penyebaran yang luas; semula keong ini hanya dikenal di bagian Utara Jawa Timur tetapi menjelang tahun 1994 keong ini sudah tersebar luas di sawah-sawah dan lahan-lahan basah lainnya di seluruh Jawa.

Ekosistem sawah memiliki keanekaragaman serangga yang cukup tinggi. Menurut hasil penelitian PHT (Pengelolaan Hama Terpadu), di sawah terdapat sekitar 650 jenis arthropoda, dimana 65%-nya merupakan predator dan parasit, 20% merupakan pengurai serta penyaring makanan, dan 15% merupakan herbivora. Masing-masing jenis serangga ini memiliki peranan ekologis masing-masing, dan tidak sedikit dari mereka merupakan hama bagi tanaman padi (Whitten *et al.*, 1999).

Jenis serangga yang menjadi hama padi antara lain Ngengat penggerek batang padi (*Scirpophaga incertulas* dan *S. innotata*), Wereng coklat (*Nilaparvata lugens*), Wereng hijau (*Nephotettix virescens*, *N. nigropictus*, *N. cincticeps*, *N. malayanus*), Walang sangit (*Leptocoris olaportius*), Belalang hijau (*Oxya japonica* dan *Stenocatantops splendens*), sejenis belalang (*Stenocatantops splendens*), dan jangkerik (*Gryllotalpa* sp.). Serangga-serangga ini dianggap sebagai hama karena mereka memakan bagian tubuh padi sehingga menyebabkan tanaman padi menjadi layu dan mati; selain itu Wereng hijau juga dianggap sebagai hama berbahaya karena mereka merupakan pembawa virus Tungro yang menyebabkan penyakit Tungro (kekerdilan) pada tanaman padi (Whitten *et al.*, 1999; Syam dan Wurjandari, 2003).



Gambar 3.6 Beberapa jenis serangga hama di sawah: (a) Ngengat penggerek batang padi kuning, (b) Ngengat penggerek batang padi putih, (c) Ngengat penggerek batang padi bergaris, (d) Wereng coklat, (e) Wereng hijau (dari Syam dan Wurjandari, 2003)

Hama serangga dapat diberantas dengan insektisida, namun hal ini dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Insektisida dapat membunuh hewan lain yang merupakan predator alami hama, menimbulkan pencemaran tanah dan air, serta dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh tanaman yang disemprot, selain itu penggunaan insektisida secara berlebihan dan terus menerus juga dapat mendorong munculnya hama serangga lain yang lebih “kebal” terhadap serangan insektisida. Pemberantasan hama yang paling ramah lingkungan adalah pemberantasan hama dengan cara biologis, yaitu dengan memanfaatkan organisme lain yang merupakan predator alami hama. Contohnya Laba-laba pemburu (*Lycosa pseudoannulata*) yang memangsa Wereng dan hama padi berukuran kecil lainnya, serta Kumbang, Capung jarum, Lipan, Kutu air, Semut, dan Tabuhan yang merupakan pemangsa langsung hama padi. Sebagian besar masyarakat Jawa Barat memberantas hama Belalang (*Locusta migratoria*) dengan cara pengasapan. Pengasapan ini dianggap cukup efektif dan aman bagi lingkungan. Pengasapan dilakukan di setiap sudut sawah dengan cara membakar sekam atau kulit padi dicampur daun kering dan belerang (Soerjani *et al.*, 1987 dan Whitten *et.al.*, 1999).

Burung-burung yang hidup di sawah sebagian berfungsi sebagai pengendali hama serangga dan sebagian lagi merupakan hama bagi tanaman padi. Burung yang berperan dalam pengendalian hama serangga antara lain Blekok sawah (*Ardeola speciosa*) dan Kuntul kerbau (*Bubulcus ibis*). Sedangkan burung yang bersifat hama adalah burung Manyar (family Estrilididae) dan Pipit (family Plocidae) yang memakan bulir-bulir padi yang akan di panen. Burung-burung pengganggu lain yaitu Bangau (*Leptoptilus javanicus*) dan Tetengek (*Ramphalcyon capensis*). Pengusiran burung pengganggu dapat dilakukan secara mekanik dengan membuat orang-orangan di tengah sawah serta bunyi-bunyian yang dapat mengusir burung atau dengan merebahkan padi saat menjelang panen (Whitten *et al.*, 1999; Syam dan Wurjandari, 2003).

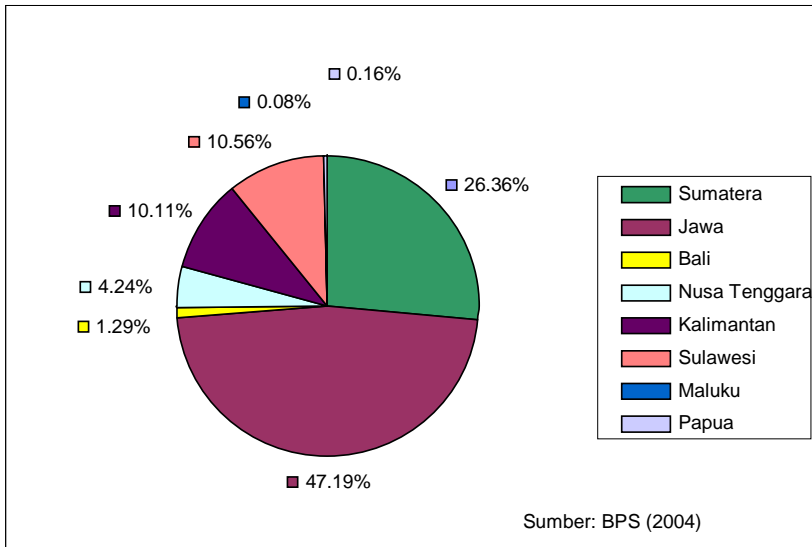
Jenis unggas lain selain burung yang biasa ditemukan di sawah adalah bebek. Para petani biasanya menggembalakan bebek peliharaannya di sekitar sawah untuk mencari makan, pakan alami bebek yang biasa ditemukan di sawah antara lain rumput muda, cacing, siput, wereng, dan ulat. Di daerah Jawa Barat bahkan dikenal **Sistem Usahatani Parlabeek** (Pare-Lauk-Bebek²) yang merupakan suatu jenis usahatani yang menggabungkan kegiatan penanaman padi dengan kegiatan pemeliharaan ikan dan bebek. Pada sistem usahatani Parlabeek, bebek biasanya dilepas ke pertamanan ketika tanaman padi sudah berdiri kokoh, yakni pada umur 15-21 hari setelah tanam (Suriapermana *et al.*, 1994).

Hewan mamalia yang biasa ditemukan di ekosistem sawah adalah kerbau, sapi, dan tikus. Kerbau dan sapi biasa digunakan petani untuk membantu membajak sawah. Kotoran kerbau dan sapi yang jatuh di lahan sawah pada waktu membajak juga berguna sebagai pupuk bagi tanah. Tikus-tikus yang ditemukan di sawah adalah hama bagi tanaman padi. Tikus sawah (*Ratus argentiventer* dan *Mus caroli*) merusak tanaman pada semua fase pertumbuhan, dan dapat menyebabkan kerusakan besar jika kerusakan terjadi setelah pembentukan primordia, sewaktu tikus memakan titik tumbuh atau memotong pangkal batang untuk memakan butir gabah (Whitten *et al.*, 1999; Syam dan Wurjandari, 2003).

² Bahasa Sunda (Jawa Barat): pare = padi, lauk = ikan, bebek = bebek

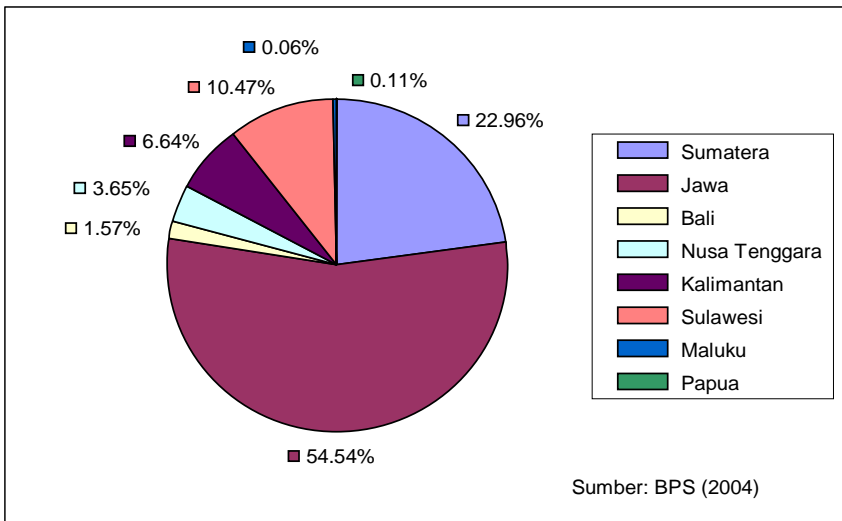
3.6 Penyebaran Sawah di Indonesia

Luas sawah di Indonesia pada tahun 2003 menurut Badan Pusat Statistik (BPS) diperkirakan sebesar 11.452.651 Ha. Sebagian besar areal sawah tersebut terdapat di Pulau Jawa (5.404.019 Ha atau 47,19%); sedangkan luasan sawah terkecil terdapat di Wilayah Indonesia Timur (WIT) yaitu Papua (18.889 Ha atau 0,16%) dan Maluku (9.644 Ha atau 0,08%) (Gambar 3.7; Lampiran 1). Perbedaan luas sawah yang tidak merata di masing-masing wilayah di Indonesia ini terutama disebabkan karena perbedaan kondisi alam serta perbedaan ketersediaan sarana-prasarana pertanian (terutama jaringan irigasi). Kondisi alam WIT yang kurang sesuai bagi pertumbuhan padi dan ketersediaan air yang kurang memadai juga menyebabkan pemerintah enggan membangun jaringan irigasi di WIT, sehingga kegiatan persawahan di daerah tersebut semakin sulit untuk berkembang.



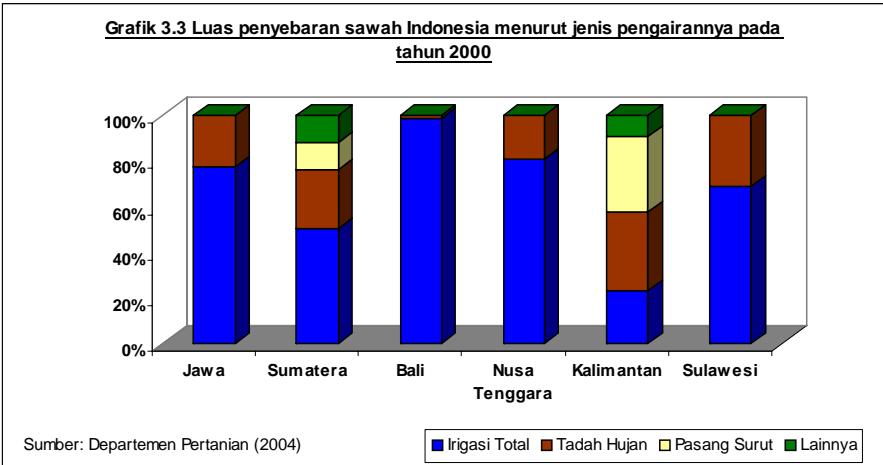
Gambar 3.7 Grafik persentase penyebaran sawah di Indonesia

P. Jawa memiliki tanah yang subur dan sangat sesuai bagi pertumbuhan padi; menurut Grist (1978) dalam Soerjani (1987) nama Jawa sendiri konon berarti “Pulau Beras”. Didukung dengan tersedianya infrastruktur irigasi yang baik, P. Jawa menjadi penghasil padi terbesar di Indonesia. Produksi padi P. Jawa pada tahun 2003 mencapai 28.278.845 ton, yang berarti 54,54% dari total produksi padi nasional, dengan tingkat panen 4,95 ton/ Ha (Gambar 3.8; Lampiran 1).



Gambar 3.8 Grafik persentase produksi padi Indonesia tahun 2003

Pada umumnya sawah-sawah di P. Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara memperoleh pengairan dari sistem irigasi; sedangkan sawah-sawah di Sumatera dan Kalimantan lebih banyak memperoleh pengairan dari sistem tadah hujan, pasang surut air laut dan tawar, serta sistem pengairan lainnya (misalnya berupa sawah di rawa-rawa yang selalu terendam air, lebak lebung, atau polder) (Gambar 3.9; Lampiran 2). Kondisi alam P. Sumatera dan Kalimantan yang masih banyak berupa rawa serta sarana irigasi yang kurang memadai menyebabkan Sawah Lebak dan Sawah Pasang Surut lebih berkembang dibandingkan Sawah Irigasi.



Gambar 3.9 Grafik luas penyebaran sawah Indonesia menurut jenis pengairannya pada tahun 2000

3.7 Perkembangan Sawah di Indonesia

Kegiatan persawahan di Indonesia merupakan suatu teknik budidaya yang sangat tua. Menurut beberapa ahli, padi pertama kali diperkenalkan ke Indonesia oleh masyarakat Deutero-Malays sewaktu mereka bermigrasi ke Indonesia pada tahun 1599 SM. Namun pada tahun 1950 Van der Meulen menyangkal kebenaran cerita itu, menurutnya padi tidak berasal dari luar melainkan merupakan tumbuhan asli Indonesia (Soerjani *et al.*, 1987). Menurut van Setten van der Meer (1979) dalam Whitten *et al.* (1999), budidaya sawah beririgasi mungkin telah diterapkan di Jawa sebelum datangnya pengaruh dari India. Saat itu kegiatan sawah irigasi dengan teknik penanaman padi secara konservasi (penanaman padi pada tanah berkontur teras) juga sudah mulai dilakukan masyarakat.

Semakin meningkatnya jumlah penduduk yang berdampak pada meningkatnya kebutuhan pangan menyebabkan pemerintah melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan produksi beras. Program peningkatan produksi beras ini mulai dilakukan sejak tahun 1963. Secara umum peningkatan produksi padi di Indonesia dilakukan dengan dua program, yaitu program intensifikasi dan program ekstensifikasi pertanian.

Program intensifikasi pertanian dilakukan untuk meningkatkan produktifitas lahan dengan memperluas dan memperbaiki jaringan irigasi, serta penggunaan pupuk, pertisida, dan bibit unggul. Sedangkan peningkatan produksi padi melalui **program ekstensifikasi pertanian** lebih ditekankan pada usaha memperluas dan membuka areal persawahan baru di berbagai daerah di Indonesia.

Keberhasilan menyeluruh dari program intensifikasi padi yang disebut BIMAS (Bimbingan Massa) selama tahun 1970-an dapat dianggap sebagai salah satu keberhasilan pemerintah pasca-1965 yang paling mengesankan. Program ini pada awalnya menghabiskan modal yang besar untuk memperbaiki saluran irigasi serta membangun sistem irigasi baru, pabrik pupuk, jaringan transportasi, sarana penyimpanan, dan birokrasi administrasi. Melalui program ini Indonesia telah berhasil meningkatkan produksi padinya secara menonjol, dari 11 juta menjadi 30 juta ton. Perkembangan ini membuat Indonesia menggeser kedudukannya dari negara pengimpor padi terbesar di dunia menjadi negara swasembada beras. Keberhasilan program ini juga ditandai dengan diterimanya penghargaan dari FAO (*Food and Agricultural Organization*) pada tahun 1984 (Whitten *et al.*, 1999; Irawan, 2001).

Namun penerapan program intensifikasi pertanian ini juga bukan berarti bebas dari masalah. Sebagai contoh, setelah Varietas Panen Tinggi didatangkan, ternyata varietas-varietas lokal yang berharga menjadi hilang; berdasarkan hasil penelitian IRRI dalam Mumtazah (2003) selama 15 tahun terakhir Indonesia diperkirakan kehilangan 1.500 varietas padi lokal. Pemakaian pestisida dan pupuk yang berlebihan, jarak tanam yang semakin pendek, dan frekuensi penanaman yang semakin sering (2 sampai 3 kali setahun tanpa ada masa bera) juga menyebabkan tanaman padi semakin rentan terhadap hama dan penyakit. Tanda pertama dari munculnya gangguan hama ini tampak pada tahun 1974 dengan datangnya serangan Wereng coklat. Serangan hama padi menjadi semakin parah dengan munculnya jenis-jenis hama baru yang resisten terhadap pestisida (Whitten *et al.*, 1999). Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka pemerintah melakukan pelarangan penggunaan beberapa jenis pestisida, menerapkan program Pengendalian Hama Terpadu (PHT), mendorong pemakaian pupuk secara efisien, serta mengembangkan dan melestarikan padi lokal sebagai sumber plasma nutfah.

Penerapan program ekstensifikasi pertanian juga tidak pelak mendatangkan masalah. Masalah ini terutama muncul karena terbatasnya lahan subur yang dapat digunakan untuk pembukaan sawah baru. Pembukaan sawah di lahan kurang subur membutuhkan biaya besar dan waktu yang panjang dengan hasil yang belum tentu maksimal. Salah satu contoh kegiatan ekstensifikasi pertanian adalah dilakukannya penggarapan lahan rawa, terutama di Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Kondisi rawa yang sangat labil dengan kandungan unsur hara yang sangat rendah menyebabkan perlunya pengelolaan yang cermat dan hati-hati jika lahan rawa ingin dijadikan areal pertanian.

Luas lahan rawa Indonesia diperkirakan sebesar 39,4 juta Ha (24,2% dari luas lahan total di Indonesia), terdiri dari rawa pesisir (24,7 juta Ha) dan rawa pedalaman (14,72 juta Ha); dan 9,2 juta Ha diantaranya sesuai untuk dijadikan persawahan (Tabel 3.3 dan 3.4). Lebih dari 100 tahun upaya reklamasi lahan rawa pesisir telah dipraktekkan oleh para petani dari Suku Bugis dan Suku Banjar. Pemerintah Indonesia sendiri mulai melakukan upaya reklamasi rawa pasang surut sejak tahun 1960-an. Upaya reklamasi rawa pasang surut ini dilakukan untuk mengembangkan area pertanian dan pemukiman. Secara gradual pengembangan lahan rawa pasang surut untuk perluasan lahan pertanian mencapai momentumnya pada saat Indonesia (terutama P. Jawa) banyak kehilangan lahan sawah yang subur (karena alih fungsi lahan untuk pengembangan pemukiman dan industri). Sampai tahun 2002 tercatat sekitar 2 juta Ha lahan rawa di sepanjang pesisir timur Sumatera (Riau, Jambi, Sumatera Selatan, dan Lampung) serta pesisir barat dan selatan Kalimantan telah direklamasi (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah dan Rijks Waterstaat Netherlands, 2002).

Tabel 3.3 Luas lahan rawa di tiga pulau utama di Indonesia (dalam juta Ha)

Tipe Lahan Rawa	Sumatera	Kalimantan	Papua	Total
Rawa pesisir	9,77	7,05	7,80	24,71
Rawa pedalaman	3,44	5,71	5,18	14,72
Total	13,21	12,76	12,98	39,42

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah dan Rijks Waterstaat Netherlands (2002)

Tabel 3.4 Luas lahan rawa di tiga pulau utama di Indonesia yang sesuai untuk lahan pertanian (dalam juta Ha)

	Sumatera	Kalimantan	Irian Jaya	Total
Tidak digarap	1,38	1,39	2,81	5,60
Telah tergarap	2,06	1,46	6	3,6

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah dan Rijks Waterstaat Netherlands (2002)

Kegiatan bersawah di rawa hanya dapat dilakukan pada musim kemarau saat volume air mulai surut. Kegiatan penanaman padi ini dilakukan di lahan terapung yang memiliki karakteristik khas sehingga dibutuhkan pengelolaan yang lebih rumit dibandingkan sawah di lahan sawah biasa. Proses awal pengolahan tanah dilakukan dengan membuat petak-petak sawah yang disesuaikan dengan kondisi permukaan air rawa. Kemudian dilakukan pembalikan permukaan tanah dari bawah ke atas untuk mendapatkan permukaan tanah yang bersih dan bisa ditanami. Setelah itu tanah yang telah diolah tadi dibiarkan dahulu beberapa saat untuk perataan dengan tujuan menutup bagian-bagian tanah yang pecah akibat pengolahan sebelumnya agar tanah rawa ini mudah ditanami. Kegiatan bercocok tanam dengan cara ini banyak dilakukan oleh masyarakat di daerah Jember, Jawa Timur (Soerjani *et al.*, 1987). Salah satu contoh keberhasilan pengelolaan sistem usaha tani lahan rawa terjadi di Karang Agung (Sumatera Selatan). Hasil panen padi yang ditanam di rawa potensial di Karang Agung mencapai 5,0-6,0 ton/Ha GKP (Gabah Kering Panen) (Departemen Pekerjaan Umum, 1996).

Kegiatan pertanian di lahan rawa juga ternyata dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan sekitarnya, sebagai contoh Pembukaan Lahan Gambut (PLG) seluas satu juta hektar di Kalimantan Tengah untuk lahan pertanian (*Mega Rice Project*). Eksploitasi hutan secara besar-besaran dan pembangunan saluran irigasi pada proyek PLG tersebut sangat berdampak terhadap debit air sungai-sungai besar di Kalimantan Tengah (Sungai Kahayan, Barito, Kapuas). Setelah proyek ini berjalan, ketiga sungai besar ini sering sekali mengalami kekeringan pada musim kemarau dan banjir besar pada musim penghujan. Seringnya bencana alam yang terjadi ditambah dengan kondisi lahan rawa yang memang tidak subur

dan merebaknya hama tikus menyebabkan banyak petani transmigran meninggalkan daerah PLG sehingga lahan-lahan yang telah dibuka tersebut menjadi telantar). Kerusakan lingkungan di Kalimantan Tengah juga diperparah dengan maraknya kegiatan penebangan kayu ilegal di daerah hulu sungai. Para penjarah kayu tersebut umumnya memanfaatkan saluran irigasi induk di daerah PLG untuk transportasi kayu ilegal. (Latifolia, 2004)

Pembukaan lahan gambut, eksploitasi hutan secara besar-besaran, dan pembangunan kanal-kanal untuk keperluan irigasi di daerah PLG selain mengganggu kondisi hidrologis setempat juga menimbulkan dampak turunan lain berupa kebakaran hutan. Menurut Kepala Kantor Kehutanan Provinsi Kalimantan Tengah, sebesar 175 Ha lahan di Kalimantan Tengah pada tahun 2002 telah habis terbakar dan sebagian besar dari lahan yang terbakar itu berlokasi di sekitar lahan bekas proyek PLG (Dohong, 2002).

Dampak yang paling parah dari proyek PLG ini adalah hilangnya habitat hidup berbagai satwa langka seperti Orang utan, Bekantan, dan Kera. Untuk mengembalikan habitat yang rusak di kawasan PLG ini diperkirakan butuh waktu paling singkat 25 tahun dengan program reboisasi dan sekitar 50 tahun jika dibiarkan pulih secara alami.

Keberhasilan Indonesia melakukan swasembada beras pada tahun 1970 dan 1980-an ternyata tidak bertahan lama. Pasca penerimaan penghargaan FAO tahun 1984, luas lahan pertanian produktif di P. Jawa terus berkurang; sementara itu jumlah penduduk Indonesia terus meningkat, sehingga kebutuhan akan beras terus meningkat. Menurut Siswono Yudhohusodo (Ketua Himpunan Kerukunan Tani Indonesia/HKTI) penyusutan luas lahan pertanian di P. Jawa mencapai 30 ribu Ha per tahun; padahal lahan tersebut merupakan lahan pertanian produktif dan memasok lebih dari 50% beras di Indonesia. Penyusutan yang terjadi umumnya disebabkan oleh pertumbuhan industri, serta pembangunan jalan dan perumahan. Walaupun selanjutnya ada Keppres No. 32 tahun 1992 yang melarang pengalihan fungsi lahan irigasi teknis di Pulau Jawa, namun hal tersebut ternyata gagal mencegah proses konversi lahan-lahan irigasi di Jawa (Irawan, 2001). Di beberapa daerah penurunan luas area sawah juga disebabkan oleh langkanya air irigasi dan perubahan fungsi sawah menjadi area perkebunan. Di Kabupaten Labuhan Batu (Sumatera

Utara) pada tahun 1991-1996 sebanyak 18.000 areal sawah telah berubah menjadi lahan perkebunan kelapa sawit dan karet, fenomena ini terjadi karena tingginya harga dan permintaan dua komoditas perkebunan tersebut (Kompas, 2 Agustus 1996).

Terus meningkatnya kebutuhan beras dan terbatasnya kemampuan dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan beras, menyebabkan pemerintah harus melakukan impor beras. Kebutuhan beras Indonesia setiap tahunnya adalah sekitar 33,5 juta ton, sementara ketersediaan padi nasional adalah sebesar 48 juta ton/tahun atau setara 31 juta ton beras per tahun. Untuk memenuhi kebutuhan beras nasional tersebut maka pemerintah harus mengimpor beras sebesar 2,5 ton/tahun (Tabel 3.5).

Tabel 3.5 Keseimbangan permintaan dan ketersediaan beras untuk konsumsi pada tahun 2001–2004

Tahun	Kebutuhan Beras (ton)	Ketersediaan untuk Konsumsi		Defisit (Impor)
		Padi (ton)	Setara Beras (ton)	
2001	32.771.264	46.589.732	30.283.326	2.487.920
2002	33.073.152	47.055.630	30.586.159	2.486.993
2003	33.372.463	47.526.185	30.892.021	2.480.442
2004*	33.669.384	48.001.448	31.200.941	2.468.443

Keterangan: * = nilai hasil proyeksi

Sumber: Departemen Pertanian (2002)

Untuk terus meningkatkan kemampuan produksi beras nasional, beberapa upaya dapat dilakukan, antara lain dengan melakukan pemeliharaan kapasitas sumber daya lahan dan perairan, perluasan lahan baku untuk produksi, peningkatan intensitas tanam, peningkatan produktifitas tanaman, dan penekanan kehilangan hasil (kehilangan hasil akibat tercecer pada saat distribusi). Selain itu untuk menjawab dinamika pertanian di masa kini dan masa depan, pembangunan pertanian juga harus mampu menguasai dan memanfaatkan teknologi, padat modal, mampu menciptakan nilai tambah yang dapat bersaing dengan sektor lain, serta mampu menghadapi tekanan dari berbagai isu lingkungan strategis dalam era perdagangan dan investasi bebas.





(Foto: M. Ilman/Dok. WI-IP)

BAB 4

KOLAM AIR TAWAR

Kolam merupakan lahan basah buatan yang umumnya dibangun bagi kegiatan budidaya perairan, khususnya ikan air tawar. Selain untuk keperluan budidaya perairan, ada juga kolam yang sengaja dibangun sebagai wadah koleksi berbagai jenis tanaman air, seperti kolam koleksi tanaman air yang terdapat di Kebun Raya Bogor. Pada buku ini pembahasan hanya dibatasi pada kolam air tawar yang dimanfaatkan untuk keperluan budidaya komoditas perikanan. Kegiatan budidaya perikanan dengan membangun kolam-kolam sudah dimulai sejak lama; di P. Jawa kegiatan budidaya perikanan diperkirakan sudah berlangsung sejak tahun 1400 (Whitten *et al.*, 1999). Awalnya kegiatan budidaya ikan dilakukan secara sederhana dengan membangun kolam di belakang rumah untuk mencukupi kebutuhan pangan sendiri. Namun tingginya permintaan ikan air tawar memacu perkembangan teknik budidaya untuk

mendapatkan hasil produksi yang maksimal. Saat ini kegiatan budidaya ikan di kolam merupakan salah satu usaha dan mata pencaharian yang menguntungkan masyarakat.

Keberhasilan budidaya ikan di kolam sangat tergantung pada beberapa faktor, yaitu faktor teknis dan sosial-ekonomis di sekitar kolam. Faktor teknis antara lain topografi, jenis tanah, kuantitas dan kualitas air, serta faktor pengadaan benih dan pakan ikan; sedangkan faktor sosial ekonomi menyangkut masalah tenaga kerja dan kondisi masyarakat di sekitar bangunan kolam.

4.1 Definisi Kolam

Kolam merupakan lahan yang dibuat untuk menampung air dalam jumlah tertentu sehingga dapat dipergunakan untuk pemeliharaan ikan dan atau hewan air lainnya. Berdasarkan pengertian teknis (Susanto, 1992), kolam merupakan suatu perairan buatan yang luasnya terbatas dan sengaja dibuat manusia agar mudah dikelola dalam hal pengaturan air, jenis hewan budidaya, dan target produksinya. Kolam selain sebagai media hidup ikan juga harus dapat berfungsi sebagai sumber makanan alami bagi ikan, artinya kolam harus berpotensi untuk dapat menumbuhkan makanan alami.

4.2 Fungsi dan Manfaat Kolam

Kolam bagi manusia memiliki beberapa fungsi dan manfaat baik secara ekonomis maupun ekologis. Kolam antara lain berfungsi sebagai penghasil sumber daya hayati, sumber plasma nutfah, sumber penghasilan masyarakat, dan sarana rekreasi.

4.2.1 Fungsi Ekologis Kolam

a. Habitat hidup berbagai jenis hewan dan tumbuhan air

Kolam umumnya sengaja dibangun sebagai media hidup ikan dan atau hewan air budidaya lainnya. Untuk menunjang pertumbuhan

dan perkembangbiakan ikan, lingkungan kolam harus dimanipulasi sedemikian rupa sehingga menyerupai habitat asli. Oleh karena itu, selain sebagai habitat ikan, kolam juga merupakan habitat bagi berbagai jenis plankton (fitoplankton dan zooplankton), benthos (misalnya: cacing dan siput), neuston (misalnya: nyamuk, laba-laba, dan capung), dan tumbuhan air (misalnya *Hidrylla*). Secara umum kondisi ekologis kolam serupa dengan ekosistem perairan tergenang lainnya, namun karena ditujukan bagi kegiatan budidaya maka keanekaragaman hewan dan tumbuhan di kolam jauh lebih terbatas dibandingkan ekosistem perairan tergenang yang bersifat alami.

b. Sumber plasma nutfah

Kegiatan budidaya ikan di kolam dapat menjadi tempat pengembangan plasma nutfah ikan. Melalui penerapan bioteknologi seperti kawin silang dan rekayasa genetik dapat dihasilkan berbagai varietas baru yang lebih baik dan unggul daripada jenis ikan lokal sebelumnya. Kegiatan pengembangan plasma nutfah ini umumnya banyak dilakukan pada jenis-jenis ikan hias. Proses perkawinan silang dan rekayasa genetik pada jenis-jenis ikan hias biasanya bertujuan untuk menciptakan ikan-ikan baru yang secara morfologis memiliki bentuk dan warna yang lebih menarik. Sedangkan untuk ikan-ikan konsumsi proses perkawinan silang dan rekayasa genetik lebih diarahkan untuk membentuk ikan-ikan yang memiliki efisiensi pakan tinggi, lebih resisten terhadap suhu rendah dan penyakit, serta memiliki fekunditas (jumlah telur) yang tinggi.

4.2.2 Manfaat Ekonomis Kolam

a. Menghasilkan berbagai sumber daya alam bernilai ekonomis

Kolam merupakan penghasil berbagai jenis ikan dan hewan air budidaya lainnya (misalnya udang dan kerang). Hewan air budidaya ini diproduksi untuk memenuhi kebutuhan konsumsi masyarakat dan juga untuk keperluan hiasan. Jenis serta produksi ikan di kolam dapat dikontrol dan disesuaikan dengan permintaan pasar. Jenis-jenis ikan yang disukai di setiap daerah umumnya berbeda-beda; misalnya Ikan Mas adalah jenis yang paling disukai di Jawa

Barat dan Bali, sedangkan Tawes paling disukai di Jawa Tengah, dan Lele paling disukai di Jawa Timur. Hal ini menyebabkan komposisi jenis ikan yang dibudidayakan di setiap daerah pun berbeda-beda (Whitten *et al.*, 1999).

b. Meningkatkan perekonomian masyarakat

Kegiatan budidaya ikan di kolam merupakan salah satu sumber mata pencaharian yang cukup menjanjikan bagi masyarakat. Kegiatan budidaya ini dapat dikelola dalam suatu unit perkolaman yang terdiri dari beberapa kolam (mulai dari kolam pembenihan hingga kolam pembesaran) atau hanya satu jenis kolam saja. Kegiatan perkolaman juga membutuhkan sistem pengelolaan yang cukup kompleks sehingga kegiatan ini sangat bermanfaat dalam menyerap tenaga kerja. Sebagai contoh di Purwakarta terdapat sekitar 14.539 RTP (Rumah Tangga Perikanan) dengan penghasilan rata-rata per nelayan sebesar Rp. 8.485.990/ tahun atau sekitar Rp. 707.000/ bulan (Perikanan Undip Online, 16 November 2002).

c. Sarana pariwisata/rekreasi

Sebagian masyarakat di Indonesia menjadikan kegiatan memancing ikan sebagai salah satu jenis olahraga atau kegiatan santai. Selain kegiatan memancing, kolam ikan yang dibangun di daerah berpemandangan alam indah juga menjadi salah satu sarana wisata alam bagi masyarakat. Di Jawa Barat, kolam ikan juga biasanya dibangun di dalam kompleks rumah makan, kolam ini selain berfungsi sebagai penyedia ikan segar untuk keperluan konsumsi pengunjung restoran juga berfungsi sebagai obyek wisata yang dapat menarik pengunjung.

4.3 Proses Pembuatan Kolam

Kolam merupakan lahan basah buatan yang dapat dikelola dan diatur langsung oleh manusia untuk keperluan budidaya ikan. Berdasarkan proses pembentukannya, kolam dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu **Kolam yang sengaja dibangun** dan **Kolam yang tidak sengaja dibangun**.

Kolam yang sengaja dibangun adalah kolam yang sengaja diperuntukkan sebagai tempat pemeliharaan ikan. Kolam ini dibangun dan dipersiapkan sebagai media hidup ikan mulai dari ukuran kecil hingga dewasa, kolam ini dapat terdiri dari satu kolam ataupun satu unit perkolaman (unit yang terdiri dari beberapa kolam dengan fungsi masing-masing). Sedangkan Kolam yang tidak sengaja dibangun adalah kolam yang tadinya hanya berupa lubang-lubang tergenang dan kemudian dimanfaatkan masyarakat untuk memelihara ikan. Kolam yang tidak sengaja dibangun ini umumnya tidak memenuhi syarat teknis pembuatan kolam, sehingga produktifitasnya kurang baik. Lubang-lubang yang dimanfaatkan untuk kolam ini biasanya merupakan lubang bekas galian tambang, misalnya galian pasir, tanah, dan timah. Pembahasan mengenai lubang bekas penambangan ini lebih detail dijelaskan pada bab tersendiri (Bab 8).

Pemilihan lokasi untuk membangun suatu kolam atau unit perkolaman harus memperhatikan faktor teknis dan faktor sosial ekonomis. Faktor teknis utama yang mempengaruhi keberhasilan budidaya ikan di kolam adalah kondisi topografi lahan, jenis tanah, keberadaan sumber air yang memadai baik dari segi kualitas maupun kuantitas, serta pengadaan benih dan pakan ikan. Sedangkan faktor sosial ekonomis yang harus dipertimbangkan adalah pemilihan lokasi perkolaman yang menguntungkan secara ekonomi, dilihat dari efisiensi produksi dan pemasaran, serta terjamin keamanannya.

Topografi lahan merupakan faktor teknis yang harus diperhatikan karena topografi lahan akan berpengaruh pada tipe, luas, jumlah, dan kedalaman kolam yang akan dibuat. Ada dua tipe topografi yang mempunyai sifat dan kegunaan khusus dalam pembuatan kolam, yaitu tipe lembah berbentuk V dan tipe lembah dengan dasar tanah mendatar. Bentuk topografi lahan yang paling ideal untuk pembangunan kolam adalah lembah yang dasarnya mendatar dan terletak di antara kaki dua lereng dengan saluran sungai di tengah dataran. Pada daerah semacam ini kolam biasanya dibangun di kedua sisi aliran sungai; ukuran kolam yang dibangun bisa luas dan jumlahnya pun bisa banyak. Sungai yang terletak di tengah-tengah dataran juga memudahkan pemasukan, pengeluaran, dan pelimpahan air. Topografi lahan berupa lembah berbentuk V tajam serta lembah yang dasarnya terlalu datar tidak cocok dijadikan kolam ikan. Pada lembah berbentuk V tajam kita harus membuat pematang yang tinggi untuk mendapatkan kolam yang ukurannya kecil-kecil;

sedangkan pada lembah yang dasarnya terlalu datar dibutuhkan biaya penggalian tanah yang besar untuk pembuatan kolam, selain itu pengaliran dan pembuangan airnyapun akan sulit.

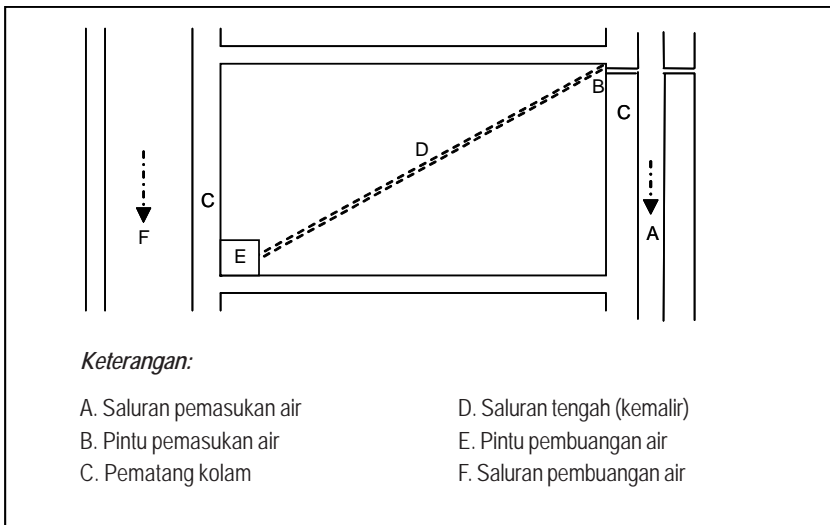
Keadaan dan jenis tanah penting untuk diperhatikan karena hal ini akan berpengaruh langsung terhadap ukuran dan kemiringan pematang. Jenis tanah yang paling baik untuk pembuatan kolam adalah jenis tanah liat/lempung berpasir, jenis tanah ini tidak bersifat porous serta tidak mudah longsor sehingga dapat menahan air dengan baik. Tanah dengan kandungan pasir yang banyak apalagi berbatu-batu tidak cocok untuk dijadikan kolam karena tidak bisa menahan air serta sulit untuk dibentuk; jenis tanah seperti ini hanya bisa dijadikan kolam apabila keseluruhannya ditembok.

Air sebagai media hidup ikan merupakan faktor utama keberhasilan budidaya. Air permukaan (misalnya sungai dan waduk) merupakan sumber air yang cocok bagi kegiatan budidaya ikan. Sungai merupakan sumber pengairan kolam yang baik karena airnya mengandung unsur hara yang tinggi; unsur hara ini sangat penting untuk menumbuhkan makanan alami ikan. Sedangkan waduk merupakan sumber pengairan yang baik karena debit airnya relatif tetap, sehingga kontinuitas suplai air dapat terjamin. Air sungai umumnya banyak mengandung lumpur, sehingga sebelum dimanfaatkan dibutuhkan upaya penyaringan dan pengendapan; sedangkan air waduk umumnya jauh lebih jernih karena zat-zat yang dikandungnya telah mengendap terlebih dahulu. Sumber air lain yang bisa digunakan bagi keperluan budidaya adalah air tanah, namun air tanah memiliki kandungan unsur hara dan nilai pH yang rendah sehingga kurang mendukung pertumbuhan ikan (Susanto, 1992).

Karakteristik kimia air yang biasanya diukur untuk mengetahui kelayakan air bagi kegiatan budidaya adalah alkalinitas, kesadahan, dan pH. Secara berturut-turut nilai alkalinitas total, kesadahan, dan pH yang baik adalah > 40 mg/l, 40 - 150 mg/l, dan 7,0 - 8,5. Selain mutu air yang baik, jumlah air yang mengisi kolam juga harus mencukupi sepanjang tahun. Debit air yang baik adalah tidak kurang dari 10 - 15 l/detik/ha. Dalam kenyataannya, apabila sumber air kolam berasal dari sungai maka debit air akan sangat tergantung pada musim. Pada saat musim hujan, apabila debit air terlalu besar, perlu dibuat saluran pengendali banjir agar debit air yang besar ini tidak masuk ke dalam kolam; sedangkan apabila debit air berkurang, maka diperlukan usaha pengaturan air yang seefisien mungkin. Jarak antara

sumber air dengan kolam juga mempengaruhi kegiatan perkolaman, untuk itu perlu dibangun saluran pengangkut air, misalnya jembatan air (*flume/aqueduct*), terowongan (*tunnel*), bangunan terjun (*drop structure*), saluran miring/seropotan (*chute*), terowongan bawah (*syphon*), dan bangunan bagi. Saluran pengangkut air ini bisa dijadikan indikator fluktuasi debit air yang masuk ke dalam kolam. Pada saluran pengangkut air juga perlu dibangun bendungan sederhana yang berfungsi meninggikan permukaan air saluran agar debit air yang masuk ke kolam cukup besar (Susanto, 1992).

Konstruksi kolam ikan dapat beraneka ragam tergantung pada jenis dan ukuran ikan yang dipelihara serta fungsi kolam tersebut. Secara umum suatu kolam pemeliharaan ikan yang baik harus mempunyai unsur-unsur sebagai berikut: (1) luas tiap petak kolam berkisar antara 100-1000 m², (2) kedalaman air antara 50-150 cm, (3) pemasukan air langsung dari sumber yang belum terpolusi dan pintu pemasukan air harus ada saringan, (4) pengeluaran air harus langsung ke saluran pembuangan, (5) tekstur tanah tidak porous dan tidak mudah longsor, (6) lebar pematang antara 1-2 meter, (7) bentuk kolam idealnya persegi panjang, dan (8) air yang masuk ke dalam kolam harus jernih.



Gambar 4.1 Desain kolam yang baik secara umum
(dari Susanto, 1992)

Setelah kolam jadi, hal penting yang harus diperhatikan adalah dasar kolam. Tanah bagian atas (tanah humus) yang telah dikumpulkan pada saat permulaan pembangunan kolam dikembalikan ke dalam kolam, sebelumnya dasar kolam diolah terlebih dulu dengan mencangkulnya sedalam 10-15 cm. Lapisan tanah lumpur ini berguna untuk menahan air dan juga sebagai media hidup jasad-jasad renik perairan. Nantinya, sebelum (benih) ikan dimasukkan, dasar kolam juga harus diolah dengan pemberian pupuk. Jenis pupuk yang dapat digunakan antara lain pupuk hijau, pupuk kandang ataupun pupuk buatan. Pemupukan harus dilakukan sesuai dosis agar tidak menyebabkan *plankton blooming* yang akan mengakibatkan penurunan kandungan oksigen di perairan.

Setelah proses pemupukan selesai, kolam mulai diairi setinggi 20 cm dan dibiarkan selama beberapa hari/minggu (tergantung jenis pupuk yang digunakan). Hal ini dilakukan untuk menetralisasi efek racun yang ditimbulkan pupuk dan meningkatkan jumlah makanan alami. Kegiatan selanjutnya adalah penebaran ikan atau benih ke kolam yang dapat dilakukan secara monokultur ataupun polikultur (Susanto, 1992).

4.4 Tipe-tipe Kolam

Tipe-tipe kolam yang digunakan untuk keperluan budidaya perairan dapat dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan sumber air, fungsi, dan jenis aliran airnya (Susanto, 1992). Pembangunan tipe kolam tertentu sangat tergantung pada kondisi lingkungan setempat serta jenis dan ukuran ikan yang akan dipelihara.

4.4.1 Tipe Kolam Berdasarkan Sumber Air

a. Kolam Tadah Hujan

Kolam Tadah Hujan mendapat sumber air utama dari air hujan. Kolam ini tidak memiliki pintu pemasukan dan pengeluaran air sehingga tidak terjadi sirkulasi air. Fluktuasi muka air di kolam tadah hujan sangat tinggi, pada musim hujan kolam ini mengalami banjir sedangkan pada musim kemarau mengalami kekeringan.

Kolam jenis ini umumnya memiliki pematang yang sangat lebar, atau bahkan tidak ada sama sekali. Contoh Kolam Tadah Hujan antara lain adalah kolam bekas galian pasir dan batu bara. Salah satu jenis ikan yang cocok dipelihara di kolam tadah hujan adalah Gurame (*Osphronemus gouramy*).

b. Kolam Mata Air

Kolam ini mendapat sumber air utama dari mata air. Mata air ini biasanya berada di dekat kolam, namun kadang-kadang bisa juga menyatu dengan kolam. Kolam jenis ini lebih terjamin kontinuitas airnya dibandingkan Kolam Tadah Hujan. Namun, kualitas air kolam ini kurang baik dibandingkan kolam jenis lain, karena rendahnya kandungan unsur hara dan keasaman (pH) air.

c. Kolam Berpengairan Setengah Teknis

Kolam ini mendapatkan pengairan yang teratur dari Saluran Irigasi Setengah Teknis. Kolam ini memiliki sistem pemasukan dan pengeluaran air yang teratur serta memiliki pematang yang cukup kuat dan lebar sehingga pada musim hujan tidak mengalami banjir. Namun pada musim kemarau, kolam ini masih mungkin mengalami kekeringan karena sebagian besar air irigasi dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian.

d. Kolam Berpengairan Teknis

Kolam Berpengairan Teknis mendapatkan air yang cukup sepanjang tahun dari Saluran Irigasi Tersier. Pengaturan saluran pembagi air seluruhnya sudah bersifat tetap dan dikelola oleh pemerintah. Bentuk kolamnya pun biasanya telah memenuhi kriteria teknis. Sistem pengairan teknis ini sangat menguntungkan bagi kegiatan budidaya ikan di kolam, dan jika dikelola baik akan mendatangkan hasil yang maksimal.

4.4.2 Tipe Kolam Berdasarkan Kegunaannya

a. Kolam Pemeliharaan Induk

Kolam ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan induk-induk ikan yang akan dikawinkan/ dipijahkan, dan juga tempat pemeliharaan induk-induk ikan yang telah selesai dipijahkan. Kolam Pemeliharaan Induk biasanya dibuat dua buah, satu untuk induk jantan dan satu lagi untuk induk betina; dan idealnya sistem pemasukan air bagi kedua kolam ini dibuat secara paralel, jadi masing-masing kolam mendapatkan air dari pintu air masing-masing.

b. Kolam Pemijahan/Perkawinan

Kolam ini berfungsi untuk mempertemukan induk jantan dan betina yang telah matang telur. Sebelum mempertemukan induk jantan dan betina, dilakukan manipulasi lingkungan agar pemijahan berlangsung dengan baik.

c. Kolam Penetasan Telur

Kolam ini berfungsi sebagai tempat untuk menetas telur yang telah dibuahi. Namun kolam jenis ini tidak terlalu mutlak diperlukan dalam suatu unit perkolaman, karena penetasan telur umumnya dilakukan di Kolam Pemijahan.

d. Kolam Pendederan

Kolam ini berfungsi sebagai tempat untuk mendederkan/membesarkan larva ikan sampai menjadi bibit ikan yang siap untuk dibesarkan. Kolam ini biasanya terdiri dari beberapa kolam, dan masing-masing kolam umumnya berukuran 250-600 m².

e. Kolam Pembesaran

Kolam ini berfungsi sebagai tempat untuk membesarkan ikan. Pada Kolam Pembesaran ikan tradisional, ukuran Kolam Pembesaran biasanya sama atau lebih besar dibandingkan Kolam Pendederan; namun jika sistem aliran airnya dibuat mengalir (Sistem Air Deras dengan debit 10-15 liter/detik) maka ukuran kolam bisa dibuat sempit.

f. Kolam Penumbuhan Makanan Alami

Kolam ini berfungsi sebagai tempat untuk menumbuhkan makanan alami ikan. Peran kolam ini sangat penting, terutama sebagai penghasil makanan bagi benih-benih yang masih lemah dan benih-benih ikan yang dirawat secara intensif (misalnya benih ikan Lele, udang, dan Gurame).

g. Kolam Pengendapan

Kolam ini berfungsi untuk mengendapkan lumpur yang terikut air. Selain Kolam Pengendapan, biasanya juga dibangun bak filter/penyaring. Air dari sumber pengairan dialirkan terlebih dahulu ke dalam bak filter dan Kolam Pengendapan ini agar diperoleh air yang jernih bagi kolam-kolam pemeliharaan. Biasanya air hasil penyaringan dari bak filter digunakan untuk Kolam Pemijahan Ikan dan Kolam Penetasan Telur; sedangkan untuk Kolam-kolam Pendederan dan pembesaran airnya cukup dari bak pengendapan saja.

h. Kolam Penampungan Hasil

Kolam ini berfungsi untuk menampung hasil benih maupun ikan berukuran siap konsumsi yang telah dipanen dari kolam. Ukuran kolam ini biasanya tidak terlalu luas. Kadang-kadang kolam ini juga berfungsi untuk pemberokan ikan-ikan yang akan diangkut jauh.

4.4.3 Tipe Kolam Berdasarkan Aliran Air

a. Kolam Air Tergenang (*Stagnant Water Pond*)

Kolam Air Tergenang ditandai dengan ukuran kolam yang luas dan aliran air yang terbatas. Aliran air yang terjadi dalam kolam air tergenang biasanya dimaksudkan untuk mengganti kehilangan air akibat kebocoran dan penguapan; aliran air ini sangat lemah sehingga tidak mempengaruhi kehidupan jasad renik di dalam kolam. Kolam Air Tergenang ini dapat digunakan untuk membudidayakan berbagai jenis ikan air tawar (Susanto, 1992).

Kolam Air Tergenang juga dapat terbentuk dari proses penyekatan parit dan saluran. Kolam-kolam seperti ini banyak ditemui di Kalimantan Tengah, khususnya di parit-parit yang dibangun di bekas wilayah Pembukaan Lahan Gambut Sejuta Hektar. Kolam tersebut biasa disebut dengan nama **Beje** oleh masyarakat setempat; Kolam Beje ini dimanfaatkan untuk memerangkap ikan-ikan yang terbawa luapan air sungai (Waspodo, Dohong, dan Suryadiputra, 2004).

b. Kolam Air Mengalir/Kolam Air Deras (*Running Water Pond*)

Kolam Air Mengalir/Kolam Air Deras biasanya berukuran kecil dan airnya mengalir terus menerus. Debit air pada kolam jenis ini biasanya berkisar antara 50-100 liter/detik. Aliran air yang deras membuat air di kolam ini menjadi kaya akan oksigen namun sangat miskin jasad hidup (makanan alami ikan); karena itu ikan budidaya pada Kolam Air Mengalir sangat tergantung pada masukan makanan buatan berupa pelet. Makanan buatan yang diberikan pada sistem budidaya di Kolam Air Mengalir ini harus bergizi tinggi, dengan kandungan protein tidak kurang dari 40%.

Kolam Air Mengalir sebaiknya dibangun dekat dan berhubungan langsung dengan sumber air, bebas dari lokasi banjir, perbedaan tinggi air antara sumber air dengan permukaan air minimal 30 cm, dan ketinggian lokasi dari permukaan laut kurang dari 800 m. Ukuran Kolam Air Mengalir umumnya berkisar antara 10-100 m², dengan ukuran panjang 10-20 m, dan lebar antara 2,5-5 m dengan kemiringan dasar 2%-5%. Kolam Air Mengalir umumnya digunakan untuk pembesaran ikan mas (Susanto, 1992; Departemen Kelautan dan Perikanan – Direktorat Perikanan Budidaya, 2004c).

4.5 Keanekaragaman Hayati Kolam

Kondisi ekosistem kolam tidak jauh berbeda dengan ekosistem danau. Perbedaannya hanya terletak pada sistem pengelolannya, dimana kolam sengaja dikelola dan diatur manusia untuk menghasilkan produksi ikan yang tinggi sedangkan danau secara umum belum banyak dipengaruhi manusia. Dengan demikian keanekaragaman hayati di kolam jauh lebih terbatas dibandingkan danau.

4.5.1 Flora

Kelompok fitoplankton (yang terdiri dari berbagai jenis alga, bakteri hijau, dan protozoa berklorofil) dapat dianggap sebagai kelompok flora paling penting dalam kolam budidaya perikanan. Fitoplankton merupakan makanan alami bagi ikan-ikan budidaya, terutama bagi ikan-ikan yang masih dalam stadia larva. Selain itu fitoplankton merupakan produsen primer utama dalam ekosistem kolam, sehingga fitoplankton memegang peranan penting dalam keberlangsungan rantai makanan dan penyediaan oksigen di kolom perairan. Untuk menjaga ketersediaan fitoplankton (dan juga zooplankton) sebagai makanan alami ikan, pada unit perkolaman biasanya dibangun bak khusus untuk menumbuhkannya. Kelimpahan fitoplankton dalam kolam sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari dan ketersediaan unsur hara. Rasio kandungan unsur nitrogen (N) dan fosfor (P) di perairan sangat mempengaruhi komposisi jenis-jenis fitoplankton yang tumbuh di perairan. Pemberian pupuk ke dalam kolam biasanya dilakukan untuk menambah kandungan unsur hara di perairan, yang pada akhirnya diharapkan dapat meningkatkan kelimpahan fitoplankton. Walaupun keberadaan fitoplankton di kolam budidaya ikan sangat penting, namun kandungan fitoplankton yang terlalu berlimpah juga dapat menimbulkan masalah bagi kegiatan budidaya. Peledakan populasi fitoplankton (*algae blooming*) dapat mengakibatkan penurunan kandungan oksigen secara drastis, sehingga dapat menyebabkan kematian ikan-ikan budidaya. Selain itu peledakan populasi plankton jenis *Microcystis* juga dapat menyebabkan air berbau tidak enak dan ikan-ikan yang dibudidayakan berasa tidak enak jika dimakan. Untuk itu pemberian dosis pupuk dalam kegiatan budidaya harus betul-betul dikontrol agar tidak menyebabkan *algae blooming* (Susanto, 1992; Odum, 1996; United State - Environmental Protection Agencies (US-EPA), 2003; Lewis dan Miller, 2004).

Selain fitoplankton, jenis flora lain yang biasa ditemukan di kolam budidaya ikan adalah jenis-jenis tumbuhan air tingkat tinggi seperti Eceng gondok (*Eichornia crassipes*), Kiambang (*Salvinia* sp.), Selada air (*Pistia stratiotes*), dan Teratai (*Nymphaea* spp.). Jenis-jenis tumbuhan air ini umumnya merupakan gulma bagi kegiatan budidaya perikanan. Namun bagi beberapa jenis ikan, tumbuhan air memegang peranan penting, antara lain sebagai tempat untuk meletakkan telur, substrat bagi hewan-hewan invertebrata dan alga yang merupakan makanan ikan, dan juga sebagai bahan makanan ikan (Whitten *et al.*, 1987). Di tepi kolam biasanya sengaja ditumbuhkan rumput-rumputan seperti alang-alang yang berfungsi

sebagai peneduh, tempat bersembunyi ikan, dan sarang peneluran. Di bagian atas dan sisi pematang kolam juga biasanya sengaja ditanami rumput atau pohon-pohonan yang berfungsi untuk mencegah erosi maupun sebagai peneduh ikan. Jenis tanaman yang biasa digunakan adalah Lamtorogung (*Leucaena glauca*), Turi (*Sesbania grandiflora*), Acasia (*Acacia filosa*), dan berbagai jenis sayur mayur.

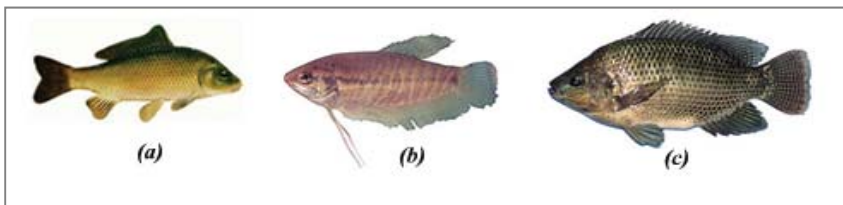
Tanaman air juga dapat bersifat gulma karena ia dapat menghalangi penetrasi cahaya ke dalam air sehingga mengganggu aktifitas fotosintesis fitoplankton. Selain itu tumbuhan air yang bersifat mengambang (misalnya: Eceng gondok dan Teratai) dan mencuat (misalnya *Typha* spp. atau Buntut kucing) juga menyebabkan tingginya tingkat evaporasi air kolam dan mengurangi kandungan oksigen dalam air. Tumbuhan air mengambang dan mencuat meningkatkan proses evaporasi air kolam karena daun-daun dari tumbuhan air ini melakukan evapotranspirasi; sebagai contoh daun-daun eceng gondok menyebabkan tingkat evaporasi meningkat sampai tiga kali lipat dibandingkan tingkat evaporasi pada permukaan air yang tidak ditumbuhi tumbuhan air, bahkan beberapa kelompok tumbuhan dari kelompok *phreatophytes* tidak hanya mengevapotranspirasi air yang ada di permukaan tanah saja tetapi juga air yang ada di dalam tanah. Turunnya kandungan oksigen pada kolam-kolam yang ditumbuhi tanaman air mengambang dan mencuat disebabkan karena oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis tumbuhan-tumbuhan air ini tidak dilepaskan ke dalam kolom air melainkan ke udara bebas; selain itu keberadaan tumbuhan air juga mengganggu aktifitas fotosintesis fitoplankton sehingga produksi oksigen yang dihasilkan oleh fitoplankton menjadi berkurang; kandungan oksigen juga dapat terus berkurang jika terdapat sisa-sisa tumbuhan air yang mati dan mengkonsumsi oksigen untuk proses dekomposisinya (University of Nebraska Lincoln, Pesticide Education Resources, 2004).

4.5.2 Fauna

Kolam merupakan ekosistem yang dibuat untuk keperluan budidaya perairan, khususnya ikan, karenanya ikan merupakan fauna utama pada ekosistem kolam. Jenis-jenis ikan yang disukai di setiap daerah di Indonesia umumnya berbeda-beda, oleh karena itu jenis ikan yang dibudidayakan di suatu daerah disesuaikan dengan kondisi permintaan konsumen/pembeli di masing-masing daerah. Di Jawa Barat dan Bali jenis ikan yang disukai adalah Mas sehingga kegiatan budidaya ikan

jenis ini banyak dikembangkan; untuk Jawa Tengah jenis ikan yang banyak dikembangkan adalah Tawes; sedangkan di Jawa Timur ikan yang banyak dibudidayakan Lele (Whitten, 1999).

Jenis-jenis ikan konsumsi yang biasa dibudidayakan di kolam adalah: Ikan Mas (*Cyprinus carpio*), Tawes (*Barbodes gonionotus*, *Puntius orphoides*), Gurame (*Osphronemus gouramy*), Tambakan (*Helostoma temminckii*), Nila (*Oreochromis niloticus*), Nilem (*Ostoechillus hasseltii*), Sepat siam (*Trichogaster pectoralis*), Lele (*Clarias bathracus*), dan Patin (*Pangasius pangasius*) (Susanto, 1990). Selain jenis-jenis ikan diatas ada tujuh jenis ikan konsumsi lain yang biasa dibudidayakan di kolam namun benihnya dikumpulkan dari sungai-sungai, yaitu: Ikan Sidat (*Anguilla* spp.), Belut rawa (*Monopterus albus*), Jambal (*Pangasius djambal*), Jelawat (*Leptobarbus hoevenii*), dan Betutu (*Oxyeleotris marmorata*) (Susanto, 1990 dalam Whitten, 1999). Selain jenis-jenis ikan konsumsi, ada banyak jenis ikan hias air tawar yang dibudidayakan di kolam, jumlahnya (baik jenis asli maupun asing) hampir mencapai seratus, jenis-jenis ikan hias tersebut antara lain: *Toxotes jaculatrix*, *Betta smaragdina*, *Hemirhamphodon pogonognathus*, *Monodactylus argenteus*, *Capoeta tetrazona tetrazona*, *Oryzias javanicus*, *Apteronotus albifrons*, dan *Cyphotilapia frontosa* (O-fish: Situs Acuan Informasi Ikan Hias, 2004).



Gambar 4.2 Beberapa jenis ikan konsumsi yang dibudidayakan di kolam air tawar: (a) Mas (*Cyprinus carpio*), (b) Sepat siam (*Trichogaster pectoralis*), Nila (*Oreochromis niloticus*)

Masing-masing jenis ikan memiliki kebiasaan hidup yang berlainan, khususnya kebiasaan dalam berkembang biak. Contohnya, Ikan Mas membutuhkan alat penempel telur dalam pemijahannya, sedangkan Ikan Mujair dan Nila biasa melubangi dasar kolam untuk bersarang. Karena itu pembangunan kolam dan cara pemeliharaan ikan harus disesuaikan dengan jenis ikan yang dipelihara.

Tabel 4.1 Ciri-ciri bioekologis beberapa jenis ikan yang dibudidayakan di kolam

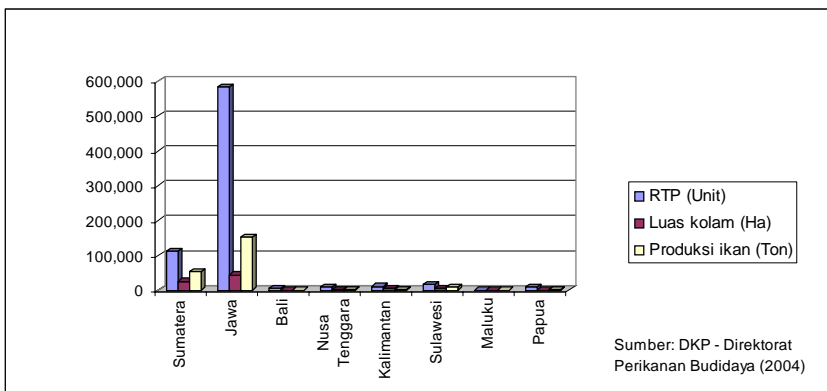
Nama Spesies	Nama Lokal	Ciri bioekologis
<i>Cyprinus carpio</i>	Mas	Hidup di kolam yang dasarnya sedikit berlumpur, dengan manipulasi lingkungan (pengeringan dasar kolam dan pemasukan air baru) untuk merangsang pemijahan. Ikan Mas membutuhkan alat penempel telur yang dapat terbuat dari ijuk atau rumput.
<i>Barbodes gonionotus</i>	Tawes	Hidup di dasar kolam berpasir dengan air jernih yang mengandung sedikit zat organik. Telur Ikan Tawes ini bersifat menyebar di dasar kolam sehingga tidak memerlukan substrat untuk menempel.
<i>Osphronemus gouramy</i>	Gurame	Biasa membangun sarang untuk menaruh telur-telurnya pada saat pemijahan; karena itu pada kolam pemijahan disediakan ijuk sebagai bahan pembuat sarang dan pengki atau ranting bambu yang ditempatkan sekitar 20 cm di bawah permukaan air sebagai tempat pembuatan sarang.
<i>Helostoma temmincki</i>	Tambakan	Hidup di air tenang dan bervegetasi, memakan berbagai jenis tumbuhan. Telur ikan ini bersifat planktonis karena banyak mengandung globul minyak.
<i>Trichogaster pectoralis</i>	Sepat siam	Hidup pada perairan yang tenang, karenanya pemasukan air tidak diperlukan, kecuali untuk mengganti air yang bocor dan menguap saja. Ikan ini biasa membuat gelembung busa pada substrat, karena itu pada permukaan air biasa ditanam tumbuhan air mengapung yang menutupi sebagian permukaan kolam.
<i>Osteochilus hasselti</i>	Nilem	Ikan ini menyukai kolam yang dangkal, teduh, ber substrat rumput, dan beraliran air deras pada proses pemijahannya, sedangkan untuk menetas telur diperlukan kolam yang lebih dalam dengan dasar berpasir. Oleh karena itu kolam pemijahan terletak tersendiri dengan kolam penetasan, kolam pemijahan terletak di sudut atas sedangkan kolam penetasan telur terletak di bawahnya.
<i>Oreochromis niloticus</i>	Nila	Ikan ini hidup pada kolam yang dasarnya sedikit berlumpur. Kolam pemijahan Ikan Nila berfungsi juga sebagai kolam penetasan dan perawatan benih, induk-induk yang telah menetas telurnya biasanya dibiarkan merawat anaknya di kolam pemijahan.

Sumber: Susanto, 1992

Jenis fauna lain yang dibudidayakan di kolam adalah fauna dari kelompok invertebrata seperti Udang Galah (*Macrobrachium rosenbergi*), Siput (*Pila*), dan Tiram air tawar (*Meretrix*). Selain hewan-hewan budidaya, di ekosistem kolam juga ditemukan zooplankton dan larva-larva serangga seperti nyamuk dan capung yang merupakan sumber makanan bagi ikan-ikan muda. Katak juga sering ditemukan hidup di kolam, juga Ular air yang merupakan predator pemangsa ikan. Binatang air lain yang dapat ditemukan dalam ekosistem kolam adalah dari kelompok benthos yang terdiri dari jenis-jenis siput (seperti *Lymnaea rubiginosa* dan siput-siput dari famili Thiaridae) serta jenis-jenis cacing. Dari kelompok burung, kadang dijumpai beberapa jenis yang menjadi hama karena memangsa ikan dalam kolam, antara lain yaitu: Cagak abu (*Ardea cinerea*), Cagak merah (*A. purpurea*), Kowak-malam abu (*Nycticorax nycticorax*), Kuntul besar (*Egretta alba*), Bangau leher-hitam (*Ephippiorhynchus asiaticus*), Ibis rokoroko (*Plegadis falcinellus*), Trinil rawa (*Tringa stagnatilis*), dan Dara laut-biasa (*Sterna hirundo*) (Susanto, 1992; Sonobe and Usui, 1993; Rural Development Service - Department for Environment, Rural, and Food Affairs of England, 2003).

4.6 Penyebaran Kolam di Indonesia

Berdasarkan data terakhir dari Direktorat Perikanan Budidaya, pada tahun 2001 luas areal kolam air tawar di Indonesia mencapai 85.900 Ha dan dikelola oleh 745.302 unit RTP. Kegiatan budidaya perikanan kolam air tawar ini menghasilkan produksi sebesar 222.791 ton (Lampiran 3).



Gambar 4.3 Grafik budidaya perikanan kolam air tawar Indonesia per pulau tahun 2001

Kegiatan budidaya ikan di kolam terpusat di P. Jawa, yang terlihat dari jumlah RTP sebanyak 582.037 unit (78,09%). Kegiatan perikanan kolam air tawar di P. Jawa meliputi areal seluas 45.099 Ha (52,50%) dan mampu memproduksi ikan sebesar 153.177 ton (68,73%) (Gambar 4.3, Lampiran 3). Pesatnya perkembangan serta produksi perikanan kolam budidaya air tawar di P. Jawa antara lain disebabkan oleh tingginya tingkat permintaan ikan air tawar untuk kebutuhan konsumsi atau hiasan, terbatasnya kegiatan penangkapan ikan di perairan umum, serta berkembangnya sistem budidaya intensif. Perkembangan kolam budidaya ikan di P. Jawa ini didukung juga oleh sarana prasarana yang memadai, yaitu terpenuhinya kebutuhan air (yang berasal dari saluran irigasi atau waduk), benih, pupuk, dan pakan ikan.

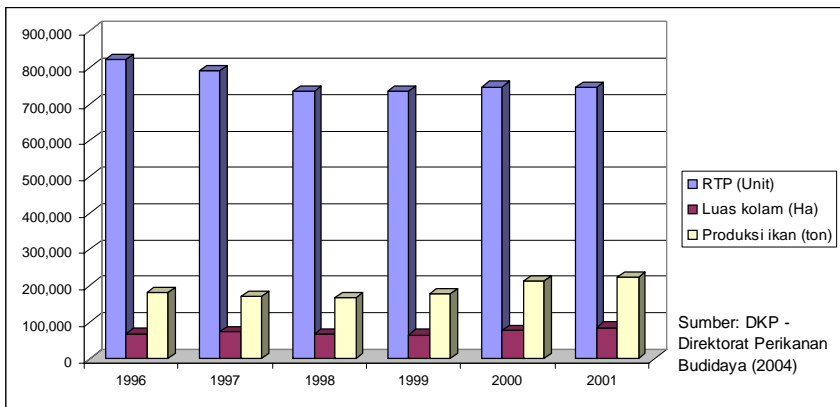
Total produksi perikanan budidaya kolam pada tahun 1997 mencapai 171.564 ton dengan jenis ikan produksi yang dominan yaitu Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) (Lampiran 4). Ikan Mas banyak dibudidayakan masyarakat karena mudah pemeliharaannya; Ikan Mas mudah beradaptasi dengan lingkungan, dapat dibudidayakan bersama dengan jenis ikan lain (polikultur), serta disukai masyarakat.

4.7 Perkembangan Kolam di Indonesia

Kegiatan budidaya ikan di kolam sudah mulai dikenal masyarakat Indonesia sejak tahun 1400. Kegiatan ini awalnya merupakan usaha sampingan untuk memenuhi kebutuhan pangan sendiri, yang dibangun di halaman belakang rumah dengan teknologi sederhana. Kegiatan budidaya ikan di kolam semakin berkembang sejalan dengan meningkatnya kebutuhan protein manusia yang tidak diimbangi dengan meningkatnya produksi perikanan tangkap. Dalam perkembangannya, kegiatan budidaya ikan yang dikelola dengan teknologi dan manajemen yang baik telah mampu meningkatkan penghasilan masyarakat petani ikan.

Dilihat dari perkembangannya, kegiatan budidaya ikan di kolam air tawar semakin meningkat setiap tahunnya. Hal ini dapat dilihat dari kenaikan produksi perikanan kolam air tawar pada tahun 1996-2001 (Grafik 4.4,

Lampiran 3). Produksi perikanan kolam air tawar ini terus menunjukkan kenaikan setiap tahunnya walaupun luas kolam budidaya cenderung stabil dan jumlah RTP menurun. Peningkatan ini terjadi karena adanya perbaikan metode budidaya ikan, yang mampu menciptakan kondisi lingkungan alam yang mendukung kehidupan ikan budidaya secara optimal.



Gambar 4.4 Grafik perkembangan budidaya perikanan kolam air tawar, tahun 1996-2001

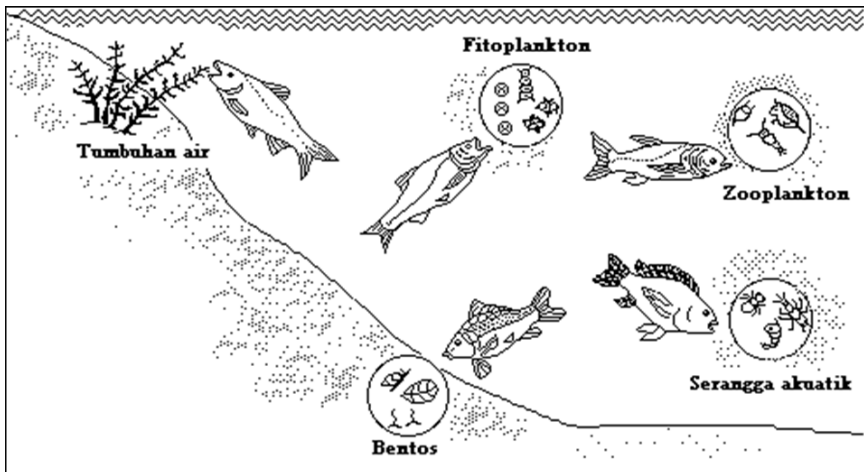
Kegiatan peningkatan produksi ikan budidaya dilakukan dengan metode intensifikasi dan ekstensifikasi. Budidaya ikan secara intensif dilakukan dengan mengefisienkan lahan budidaya yang digunakan, yaitu dengan mengontrol kualitas dan kuantitas perairannya, serta memasukan semua kebutuhan pakan dan pupuk dari luar (buatan). Kegiatan budidaya intensif antara lain dapat dilakukan dengan sistem budidaya polikultur, air mengalir/air deras, karamba, atau perikanan terpadu. Sedangkan peningkatan produksi perikanan secara ekstensif dilakukan dengan membuka areal kolam yang lebih luas tetapi tidak diikuti dengan pemberian pupuk dan pakan dari luar (Pullin, 1989 dalam Whitten *et al.*, 1999).

Tabel 4.2 Sistem budidaya perairan di Pulau Jawa dan Bali

Sistem Budidaya	Manfaat	Kendala
Ekstensif (Tradisional)	Meningkatkan pendapatan, membuka lapangan kerja, sumber devisa, dan perbaikan gizi (protein).	Tidak kompetitif dengan adanya sistem budidaya intensif, hasil yang diperoleh sedikit, kesulitan pengelolaan, dan berpotensi merusak ekosistem karena adanya pembukaan lahan.
Semi - Intensif	Meningkatkan pendapatan, membuka lapangan kerja, sumber devisa, dan perbaikan gizi (protein)	Menimbulkan resiko pekerja terkena penyakit tulang, kelanjutan usaha sangat dipengaruhi oleh ketersediaan pakan/pupuk dan harga pasar, beresiko gagal, dan kompetisi pasar sangat tinggi untuk produk-produk yang diekspor. Khusus untuk sistem budidaya perikanan yang dipadukan dengan pertanian dan peternakan, ada kemungkinan bahan beracun (pestisida atau logam berat dalam makanan ternak) menumpuk pada endapan kolam atau tubuh ikan. Selain itu ada resistensi konsumen terhadap produk perikanan yang memakan kotoran.
Intensif	Meningkatkan pendapatan, membuka lapangan kerja, sumber devisa, dan perbaikan gizi (protein).	Limbah cair pada sistem budidaya ini mengandung BOD dan endapan terlarut tinggi, terjadi akumulasi sedimen pada dasar kolam karena timbunan makanan dan kotoran, memerlukan alat-alat yang cukup canggih dan sumber daya manusia yang terampil dalam pengelolaannya, beresiko tinggi untuk gagal, dan terdapat kompetisi pasar untuk produk-produk yang diekspor.

Sumber: Pullin, 1989 dalam Whitten et al., 1999

Kegiatan budidaya ikan dapat dimaksimalkan produksinya dengan pemeliharaan berbagai jenis ikan dalam satu kolam yang disebut Sistem Polikultur. Sistem ini dikembangkan untuk memanfaatkan semua jenis makanan alami di kolam secara efektif dan efisien. Jenis ikan yang dibudidayakan harus memiliki kebutuhan makanan dan ruang gerak yang berbeda sehingga tidak terjadi persaingan memperebutkan makanan dan ruang gerak. Sistem Polikultur telah diterapkan sejak 1000 tahun yang lalu di Cina. Pada prakteknya, Sistem Polikultur ini telah berkembang dengan pesat, dan timbul beberapa variasi dari sistem ini yaitu: 1) kombinasi spesies ikan yang berbeda dalam kebiasaan makan; 2) kombinasi ikan dengan spesies sama tetapi berbeda ukuran; 3) kombinasi dengan spesies ikan yang mampu memanfaatkan relung ekologi yang tersisa dari kombinasi ikan yang telah ada (misalnya relung yang tersisa dari kombinasi antara ikan golongan karnivora dengan spesies ikan yang efektif memanfaatkan makanan alami dan mudah berkembang biak). Produksi ikan dengan Sistem Polikultur efisien di daerah tropis dapat mencapai 8.000 kg/Ha/tahun (Bocek, 2004).



Gambar 4.5 Sistem Budidaya Polikultur (dari Bocek, 2004)

Sistem budidaya ikan intensif lain adalah sistem budidaya dalam Kolam Air Mengalir/Kolam Air Deras, sistem ini memanfaatkan aliran air yang relatif deras untuk meningkatkan produksi ikan, yaitu sebesar 50-100 liter/detik. Kegiatan ini mulai berkembang pada akhir tahun 1970-an dan awal tahun 1980-an. Jenis ikan yang cocok dipelihara dalam Sistem Air Deras adalah Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). Keuntungan budidaya ikan dengan sistem ini adalah air kolam mengandung oksigen yang tinggi (akibat adanya gerakan air) sehingga kolam dapat ditebari ikan dengan kepadatan tinggi dan sisa makanan dan kotoran dari dalam kolam dapat mengalir ke luar dengan cepat. Kegiatan Kolam Air Mengalir/Kolam Air Deras bersifat intensif sehingga ukuran kolam yang diperlukan tidak terlalu besar, yaitu sebesar 10-100 m², sedangkan Kolam Air Tenang harus berukuran minimal 50-100 m². Padat penebaran benih untuk Ikan Mas di Kolam Air Mengalir/Kolam Air Deras bisa mencapai 5-20 kg/m², sedangkan di Kolam Air Tenang hanya 0,5-1 kg/m² (Susanto, 1992; Departemen Kelautan dan Perikanan - Direktorat Perikanan Budidaya, 2004c).

Kegiatan peningkatan produksi perikanan juga dapat dilakukan dengan sistem perikanan terpadu, yaitu memadukan usaha budidaya ikan dengan usaha pertanian, peternakan dan industri guna mengefisienkan lahan yang tersedia. Sistem perikanan terpadu dengan pertanian menggabungkan kegiatan budidaya ikan dengan penanaman tumbuhan. Jenis tumbuhan yang digunakan adalah tanaman yang selama atau sebagian hidupnya membutuhkan air untuk hidupnya, misalnya tanaman padi atau kangkung air. Jenis ikan yang cocok dipelihara bersama tumbuhan air adalah jenis ikan pemakan plankton atau ganggang seperti Ikan Mas, Mujair, dan Nila (Suriapermana *et al.*, 1994).

Kegiatan perikanan terpadu dengan peternakan memiliki prinsip memanfaatkan kotoran ternak sebagai pupuk untuk menumbuhkan pakan alami ikan (fitoplankton). Jenis ternak yang biasa dipelihara bersama dengan ikan antara lain ayam, itik, merpati, kelinci, kambing, sapi, dan kerbau. Dalam budidaya ini, kandang ternak sebaiknya dibangun di atas kolam di dekat saluran pemasukan air dengan tujuan agar kotoran dapat langsung masuk ke kolam dan segera akan disebarkan ke seluruh permukaan kolam oleh aliran air. Yang harus

diperhatikan dalam kegiatan ini adalah penggunaan sisa makanan dan kotoran ternak yang berlebihan akan menyebabkan kolam tercemar bahan organik sehingga memicu peledakan populasi plankton di perairan yang ditandai oleh warna air hijau. Kondisi ini akan menyebabkan penurunan kandungan oksigen secara mendadak, mengganggu pertumbuhan ikan, dan bahkan dapat menyebabkan kematian ikan.

Kegiatan budidaya terpadu antara perikanan dengan industri memiliki prinsip utama memanfaatkan limbah industri sebagai makanan ikan di kolam. Limbah industri yang digunakan biasanya berasal dari industri pengolahan bahan makanan seperti industri tahu dan tempe atau penggilingan padi. Jenis ikan yang dapat dipelihara dalam sistem ini adalah jenis ikan yang mampu mengkonsumsi limbah-limbah tersebut, seperti Ikan Mas, Tawes, Mujair, Nila, Tambakan, dan Lele; dengan tingkat kepadatan yang disesuaikan oleh masukkan limbah ke dalam kolam (IPTEKnet - Sentra Informasi IPTEK, 2004).

Di daerah yang terbatas sumber daya airnya (baik secara kuantitas maupun kualitas), dapat dikembangkan kegiatan budidaya ikan dengan Sistem Kolam Resirkulasi (Sistem Tertutup). Kegiatan budidaya ikan ini memanfaatkan air secara berulang-ulang sebagai upaya penghematan air. Air yang digunakan ini dijaga kualitasnya dengan cara menyaring sisa makanan dan kotoran ikan sebelum digunakan kembali. Kegiatan budidaya ikan dengan Sistem Resirkulasi membutuhkan beberapa bak yang berfungsi sebagai pengendap dan penyaring kotoran, pompa air, dan pipa paralon. Air yang berasal dari bak pemeliharaan ikan dialirkan ke bak pengendapan yang terdiri dari dua bak. Bak pengendapan tersebut berfungsi sebagai tempat pengendapan sisa makanan dan kotoran hasil metabolisme ikan. Untuk mempercepat proses pengendapan, pada bak pengendapan pertama sebaiknya ditanami tumbuhan eceng gondok atau kangkung. Di bak ini juga dapat dipelihara jenis-jenis ikan yang tahan terhadap kondisi perairan yang buruk dan dapat memanfaatkan sisa-sisa makanan yang tidak termanfaatkan di bak pemeliharaan sebelumnya, misalnya Ikan Mujair, Nila, dan Lele. Dari bak pengendapan, air dialirkan ke bak penyaringan yang berisi lapisan pasir, ijuk, kerikil, arang, dan pecahan kerang untuk menjernihkan air lebih lanjut dan menetralisasi senyawa beracun yang mungkin terlarut

dalam air. Setelah proses penyaringan selesai, air ditampung di bak penampungan untuk dialirkan kembali ke bak pemeliharaan dengan menggunakan pompa air.

Kegiatan budidaya ikan di kolam dengan sistem intensif, jika dikelola dengan baik akan meningkatkan produksi dengan cepat tetapi jika tidak dikelola dengan baik malah akan menurunkan tingkat produktivitas perairan. Sebagai contoh, pemberian makanan buatan secara berlebihan akan menimbulkan endapan sisa makanan dan kotoran di dasar kolam. Dalam jumlah kecil sisa makanan dan kotoran dapat menjadi pupuk yang menyuburkan pertumbuhan makanan alami, tetapi dalam jumlah banyak malah akan menurunkan kualitas air bahkan menyebabkan peracunan dalam kolam akibat gas-gas yang dihasilkan dari proses dekomposisi. Oleh karena itu dalam pengembangan kegiatan budidaya diperlukan penguasaan pengetahuan di bidang perikanan. Petani ikan harus mampu mengembangkan suatu metode budidaya yang dapat menciptakan kondisi lingkungan alam yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan optimal ikan, sehingga akhirnya dapat meningkatkan produksi perikanan.



(Foto: Jill Heyde)

BAB 5

TAMBAK

Tambak merupakan lahan kegiatan budidaya hewan air payau (misalnya ikan, udang, dan kepiting) yang dibangun di wilayah pesisir. Kegiatan budidaya tambak berkembang pesat sejak keluarnya Dekrit Presiden tahun 1980 yang melarang penggunaan Pukat Harimau untuk menangkap udang di lepas pantai, sehingga berkembang kegiatan budidaya udang pada lahan tambak untuk mengimbangi penurunan produksi udang. Pembangunan tambak yang sangat pesat saat ini telah menekan keberadaan ekosistem bakau/mangrove, luasan ekosistem mangrove yang dikonversi menjadi tambak terus bertambah, padahal hutan mangrove memiliki fungsi yang sangat penting bagi keberhasilan budidaya hewan air payau tersebut.

Berbagai usaha dilakukan untuk meningkatkan produksi perikanan tambak tanpa merusak kelestarian mangrove sebagai habitat hidup bibit ikan/udang. *Silvofishery* merupakan salah satu sistem kegiatan budidaya tambak yang dipadukan dengan konservasi alam (pelestarian hutan mangrove). Kegiatan *silvofishery* memberikan keuntungan secara ekologis karena dapat mengembalikan fungsi dan manfaat ekosistem mangrove dan juga secara ekonomis karena dapat memberikan pendapatan tambahan bagi masyarakat melalui kegiatan penangkapan ikan dan udang liar di sekitar areal tambak.

5.1 Definisi Tambak

Tambak merupakan lahan basah buatan berbentuk kolam berisi air payau atau air laut di daerah pesisir yang digunakan untuk membudidayakan hewan-hewan air payau (terutama ikan dan udang) (Wibowo, *et al.*, 1996). Istilah “tambak” berasal dari bahasa Jawa “nambak”, yang artinya membendung air dengan pematang sehingga berkumpul pada suatu tempat. Istilah tambak ini digunakan untuk menyatakan suatu empang di daerah pesisir yang berisi air payau atau air laut; ia tidak dinamakan “kolam”, karena istilah kolam khusus digunakan bagi petakan berpematang berisi air tawar yang terdapat di daerah daratan (*inland*) (Soeseno, 1987).

5.2 Fungsi Dan Manfaat Tambak

5.2.1 Fungsi Ekologis Tambak

a. Habitat berbagai jenis hewan dan tumbuhan air

Konstruksi tambak dibangun sedemikian rupa agar ia dapat menjadi tempat hidup (habitat) yang mampu mendukung pertumbuhan ikan, udang, dan hewan payau budidaya lainnya. Tambak juga berfungsi sebagai wadah penumbuh makanan alami (seperti plankton dan klekap) bagi hewan budidaya. Pembangunan tambak yang digabungkan dengan hutan mangrove (sistem

silvofishery atau disebut juga wanamina; wana = hutan, mina = ikan), secara ekologis sangat menguntungkan karena dapat menjamin kelangsungan hidup hewan budidaya, ketersediaan benih alami, dan kelangsungan hidupan liar lainnya seperti ikan, udang, kepiting, burung air, mamalia, dan reptilia.

b. Sumber plasma nutfah

Ekosistem estuari memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi karena ekosistem ini merupakan tempat berpijah, berkembang biak, makan, dan berlindung berbagai jenis ikan dan hewan air lainnya. Pembangunan tambak di wilayah estuari menyebabkan terperangkapnya berbagai jenis hewan air liar yang menjadi sumber plasma nutfah untuk meningkatkan hasil perikanan. Dengan kemajuan di bidang bioteknologi, hewan air liar yang berasal dari laut/pesisir dapat didomestikasi dan dikembangkan untuk menghasilkan hewan budidaya yang berkualitas lebih baik. Keberadaan plasma nutfah dan benih tersebut akan sangat mempengaruhi tingkat produktivitas tambak. Sebagai contoh pengembangan udang transgenik yang disisipi gen *Cecropin betha* (yang diisolasi dari Ulat sutra); udang transgenik ini memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap serangan bakteri patogen (Chen, 2000 *dalam* Widiyanto, 2001).

5.2.2 Manfaat Ekonomis Tambak

a. Menghasilkan berbagai sumber daya alam bernilai ekonomis

Tambak merupakan lahan budidaya perikanan yang dibangun untuk meningkatkan produksi perikanan laut. Tambak menghasilkan berbagai sumber daya alam perikanan khas pesisir berupa ikan dan hewan air lain seperti udang, kerang, dan kepiting. Hewan air budidaya ini diproduksi untuk memenuhi kebutuhan konsumsi protein masyarakat dalam dan luar negeri. Harga udang yang tinggi di pasar internasional dan keuntungannya yang tinggi mendorong masyarakat untuk membuka usaha tambak udang, tidak hanya masyarakat dalam negeri namun juga para investor asing.

b. Meningkatkan perekonomian masyarakat

Kegiatan pertambakan merupakan usaha budidaya perikanan yang menjadi sumber mata pencaharian dan pendapatan bagi masyarakat pesisir. Kegiatan pertambakan telah mampu menyerap cukup banyak tenaga kerja, pada tahun 2001 di Indonesia terdapat 190.872 unit Rumah Tangga Perikanan (RTP) tambak (Departemen Kelautan dan Perikanan - Direktorat Perikanan Budidaya, 2004c). Kegiatan pertambakan ini membutuhkan modal yang cukup besar; namun dengan pengelolaan yang baik, usaha tambak akan menghasilkan produksi yang tinggi sehingga dapat meningkatkan perekonomian masyarakat petambak, khususnya untuk produk-produk perikanan tambak yang bernilai ekonomis tinggi seperti udang, kerang, dan kepiting.

5.3 Proses Pembuatan Tambak

Keberhasilan usaha pertambakan tergantung pada pemilihan lokasi, konstruksi tambak, dan sistem pengelolaan. Dalam pemilihan lokasi tambak, hal penting yang harus dipertimbangkan adalah elevasi dan topografi areal pantai, sumber air dan karakteristik pasang surut (kualitas dan kuantitas), sifat fisik dan kimiawi tanah (kesuburan), kondisi vegetasi mangrove, dan keadaan prasarana (jalan atau sungai) untuk mengangkut barang-barang kebutuhan operasional tambak dan pemasaran hasil.

Elevasi calon lokasi tambak terhadap permukaan air laut harus selalu diperhatikan dalam penentuan lokasi tambak. Pada tambak-tambak tradisional yang pengairannya sangat tergantung pada karakteristik pasang surut, tambak harus dibangun pada lokasi yang elevasinya terletak di antara air pasang rata-rata dan air surut rata-rata. Lokasi tambak yang melebihi tinggi permukaan air pasang tertinggi akan sulit diairi, sedangkan lokasi tambak yang lebih rendah daripada tinggi permukaan air surut terendah akan sulit dikeringkan. Pada tambak modern yang dilengkapi pompa, tambak dapat dibangun di lokasi yang lebih tinggi dari ketinggian air pasang rata-rata karena pengairan tambak dibantu dengan keberadaan pompa, namun tambak harus tetap dibangun di atas

ketinggian permukaan air surut tertinggi karena jika tidak – tambak akan terus menerus tergenang, sedangkan pengeringan secara berkala mutlak diperlukan untuk mempertahankan kesuburan tambak (Soeseno, 1987; Ilman, 2004 (*kompri*)). Dari segi topografi, lahan yang bergelombang atau berbukit sebaiknya dihindari untuk dibangun tambak, karena lahan demikian harus dipapas dan diurug sehingga akan meningkatkan biaya pembangunan tambak (Poernomo, 1992).

Persyaratan tekstur tanah bagi keperluan tambak bervariasi menurut tingkat teknologi budidaya yang akan diterapkan. Dalam budidaya ekstensif yang kebutuhan pakannya sangat tergantung keberadaan klekap, dasar tambak harus berupa tanah lempung sampai liat berpasir. Sedangkan untuk sistem budidaya semi intensif dan intensif yang menggunakan pakan buatan sebagai sumber pakannya, tekstur tanah yang cocok adalah lempung liat berpasir hingga lempung berpasir. Pada tambak intensif diperlukan dasar tambak yang kompak dan keras agar kualitas dasar tambak dapat dipertahankan selama periode pemeliharaan. Lahan intertidal yang tanahnya berpasir atau berkarang tidak layak untuk pertambakan, karena pada tekstur tanah seperti itu air akan merembes melalui dasar tambak dan pematang (Poernomo, 1992). Tanah bekas rawa yang terlalu banyak mengandung sisa bahan organik juga harus dihindari, karena tanah ini sulit dipakai untuk membangun pematang dan tanahnya terlalu asam. Tanah yang baik untuk dibangun tambak adalah tanah yang bersifat alkalis (pH tanah 8,0-9,5), karena tanah alkalis disukai oleh ganggang dasar (klekap) yang merupakan makanan alami bagi hewan budidaya (Soeseno, 1987).

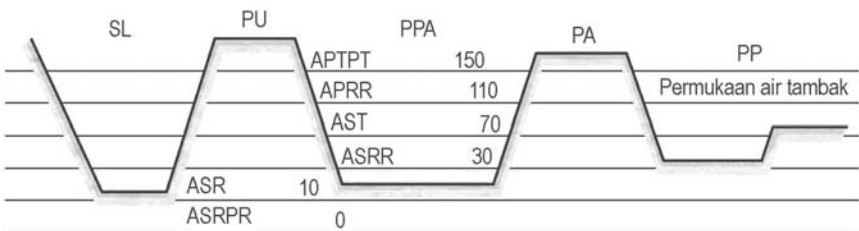
Air sebagai media hidup hewan budidaya sangat mempengaruhi keberhasilan budidaya ikan atau udang di tambak. Air pengisi tambak haruslah bersifat payau (salinitas antara 5-25‰ bagi ikan bandeng dan antara 15-30‰ bagi udang). Salinitas air sangat dipengaruhi oleh pencampuran air laut, sungai, dan hujan. Salinitas air berperan penting bukan semata-mata bagi kepentingan hewan budidaya saja tetapi juga bagi kepentingan pertumbuhan klekap. Selain payau, air tambak juga harus agak alkalis (pH air 7,5-8,5). Air yang agak basa mendorong proses pembongkaran bahan organik menjadi garam organik (seperti ammonia, nitrat, dan fosfat) yang akan diserap sebagai bahan makanan oleh klekap. Pasokan air yang cukup, kesempurnaan pengeluaran air buangan/limbah, dan pengeringan dasar tambak secara rutin merupakan hal penting dalam mempertahankan stabilitas produksi tambak (Soeseno, 1987).

Sebaran jenis dan kelimpahan vegetasi mangrove dapat digunakan sebagai indikator yang baik untuk menentukan sifat-sifat tanah, elevasi, dan kisaran salinitas lahan yang ditutupinya. Sebagai contoh areal yang didominasi oleh tumbuhan jenis *Rhizophora* dan *Nypha* tanahnya mengandung bahan organik yang cukup tinggi sehingga tanah tersebut sangat jelek bagi pembuatan pematang, selain itu secara alami tanah ini bersifat asam sehingga tidak baik untuk dibangun tambak. Dilihat dari segi biaya pembersihan lahan dan konstruksi tambak, areal yang lebat ditumbuhi pohon besar memerlukan pertimbangan yang hati-hati; selain itu tambak yang dibangun di areal tersebut juga memerlukan waktu yang lama untuk memantapkan kesuburan tanah pelataran dan pematangannya. Berdasarkan pada kisaran amplitudo pasang, maka suatu bentangan mangrove selebar 50-400 m di sepanjang pantai dan sekitar 10 m di sepanjang tepi sungai harus dibiarkan tumbuh secara utuh sebagai jalur hijau. Demikian juga beberapa vegetasi di sekitar pertambakan yang luas disarankan agar dibiarkan tumbuh untuk dijadikan penahan angin dan panas (Poernomo, 1992).

Faktor penting lain yang mempengaruhi kegiatan pertambakan adalah kondisi iklim, meliputi curah hujan, suhu, arah dan kecepatan angin, kecepatan penguapan, dan kisaran musim. Hujan merupakan faktor iklim dominan yang mempengaruhi operasional tambak. Umumnya semakin rendah curah hujan semakin baik, sepanjang amplitudo pasang cukup ideal (kisaran maksimum 20-30 dm dan rata-rata amplitudo antara 11-21 dm) dan pasokan air tawar dari sungai cukup memadai. Untuk memperoleh produksi yang lebih baik dan stabil – pengeringan dasar tambak secara rutin menjelang penebaran benur (benih udang) atau nener (benih bandeng) wajib dilakukan untuk menumbuhkan pakan alami (Poernomo, 1992).

Setelah lokasi tambak yang baik ditemukan barulah kegiatan konstruksi tambak dapat dilakukan. Susunan dan tata letak bagian dari unit tambak harus ditetapkan terlebih dahulu sebelum memulai konstruksi. Bergantung pada tujuan dari usaha tambak itu sendiri, unit tambak yang dibangun dapat berbeda-beda, yaitu: (1) hanya berupa sejumlah petak peneneran atau penebaran saja yang masing-masing seluas paling sedikit 100 m² dan paling luas 1.000 m². Petak ini dibuat untuk membesarkan nener atau benur menjadi individu muda; (2) hanya berupa petak buyaran (untuk

membesarkan ikan atau udang muda menjadi individu yang berukuran besar) dan petak pembesaran (untuk membesarkan ikan atau udang besar menjadi individu berukuran lebih besar yang siap dikonsumsi); dan (3) berupa satu unit tambak lengkap, terdiri dari petak peneneran, buyaran, dan pembesaran. Baik petak yang tidak lengkap maupun unit tambak yang lengkap semuanya memerlukan pembagian tata letak yang terencana; disamping itu letak saluran luar, parit keliling, serta pematang dan pintu-pintu airnya juga harus digambar sejelas-jelasnya, berikut ukuran panjang, lebar, dan kedalamannya.



Gambar 5.1 *Bagan kedalaman dasar saluran luar, petak pembagi air, parit keliling, dan pelataran tengah tambak (dari Soeseno, 1987)*

SL: Saluran luar; PU: Pematang utama; PPA: Petak pembagi air; PA: Pematang antara;

PP: Petak pembesaran; APTPT: Air pasang tertinggi paling tinggi;

ASRPR: Air surut terendah paling rendah.

Angka-angka menunjukkan tinggi air dalam dalam cm.

Secara umum kegiatan konstruksi tambak terdiri dari pembangunan pematang, pemasangan pintu air, serta penggalian saluran, dan perataan dasar tambak. Pembangunan pematang selalu dimulai dengan penggalian parit keliling selebar 5 m (lebar dasar) dan sedalam 40 cm. Parit keliling yang ter gali ini nantinya akan berfungsi sebagai tempat hidup, berlindung, dan mencari makan hewan budidaya dan juga untuk memudahkan penangkapan hasil pada waktu panen nanti. Tanah galian parit keliling ini ditimbun disisi luar saluran untuk membentuk pematang keliling. Ada dua macam pematang pada tambak yaitu Pematang Utama (yang disebut juga Pematang Keliling) dan Pematang Antara, masing-masing pematang memiliki tinggi dan lebar yang berbeda-beda.

Lebar pematang (yang penampang melintangnya berbentuk trapesium) bergantung pada luas petakan tambak yang direncanakan. Lebar bagian atas pematang utama umumnya berkisar antara 1,5-3 m, lebar bagian dasar 3-5 m, dan tinggi 1-2 m. Dari tinggi pematang yang dirancang itu kemudian ditetapkan kemiringan sisi pematang. Di bagian luar, miringnya pematang dibuat 1:1,5 (berarti perbandingan antara sisi tegak dan garis alas dari segitiga siku-siku yang dapat dibayangkan pada bagian trapesium yang menghadap ke sisi luar tambak harus 1:1,5). Bagian pematang yang menghadap ke sisi dalam dibuat sama miringnya, tetapi karena kaki pematang yang menghadap ke dalam berlanjut ke tepi parit keliling maka pada pematang ini dibuatkan “berm” (tangga pematang) selebar 0,5-1 m untuk mencegah kelongsoran yang dapat memperdangkal parit. Pematang Antara (yang dibangun diantara petakan-petakan dalam satu unit tambak lengkap) dibuat dengan ukuran lebih kecil; lebar pematang bagian atas 1-1,5 m, dasar pematang 2-3 m, dan tinggi 0,75-1,3 m; kemiringan pematang dibuat 1:1 dan tidak perlu dibuat berm.

Setelah Pematang Keliling selesai dibuat kegiatan selanjutnya adalah pemasangan pintu air. Ada dua macam pintu air, yaitu: Pintu Air Utama (Induk) dan Pintu Air Petakan. Pintu Air Utama dibuat besar dan kuat karena harus menahan tekanan air yang besar dan kuat. Bagi petakan tambak yang tergabung dalam satu unit besar digunakan pintu air “**Bacang Bayang**”. Pintu ini dibuat dari kayu jati kelas 1 dengan panjang 5-10 m, lebar 1,2-1,8 m, dan tinggi 2,5-3,5 m. Pintu air utama juga dapat terdiri dari kerangka beton bertulang diisi dengan pasangan tembok yang didirikan di atas pondasi batu kali dan dilandasi dengan lantai tembokan. Pintu air petakan yang dipasang pada pematang antara untuk menyalurkan air antar petakan biasanya cukup dibuat dari kayu kelas 2, kayu kelapa, atau bambu saja, dengan ukuran lebar 0,6-0,8 m, panjang 2 m (atau sama dengan lebar pematang antara), dan tinggi 1,5-2 m.

Saluran pembagi air yang bertugas menyalurkan/membagikan air mulai dari pintu air utama ke pelbagi petak dalam suatu unit tambak biasanya dibuat selebar 3-5 m dengan kedalaman 15-20 cm lebih rendah daripada dasar parit keliling. Saluran luar yang mensuplai air bagi tambak biasanya dibuat selebar 4 m di bagian permukaan dan 0,5-2 m di bagian dasar. Dasar saluran dibuat agak naik ke arah unit tambak yang bersangkutan agar pasir dan lumpur yang terbawa oleh air laut pada waktu pengisian tambak dapat mengendap.

Hal lain yang perlu dilakukan dalam pembangunan tambak adalah meratakan pelataran tengah petakan tambak. Pelataran ini perlu diratakan agar air yang menggenangnya dapat merata sedalam 40 cm. Tanah ini harus mandai ke arah pintu air agar pengeringan tambak dapat lancar. Tambak yang belum sempurna ditandai oleh adanya bagian tanah dasar yang masih muncul di luar permukaan air dan biasanya ditumbuhi rumput-rumputan. Makin bersih tanah dari bukit berumput ini makin mampu ia menghasilkan klekap (Soeseno, 1987).

5.4 Tipe-tipe Tambak

Tambak dapat dibedakan menjadi beberapa tipe, tergantung pada acuan yang digunakan untuk menggolongkannya. Penggolongan tambak dapat didasarkan pada posisi letak tambak terhadap laut dan muara sungai yang memberi air kepadanya serta pada kondisi konstruksinya (Soeseno, 1987). Pembangunan tipe tambak tertentu sangat tergantung pada kondisi lingkungan setempat. Selain itu pada pengelolaan tambak dengan sistem *silvofishery*, juga dikenal beberapa tipe tambak yang dibedakan atas tata cara penanaman pohon-pohon mangrovenya.

5.4.1 Tipe Tambak Berdasarkan Letak

a. Tambak Lanyah

Tambak ini terletak dekat sekali dengan laut (di tepi pantai); yaitu di daerah yang datar sekali pantainya serta sangat besar perbedaan tinggi antara permukaan air laut pasang tertinggi dan air surut terendah. Kondisi ini menyebabkan air laut dapat menggenangi daerah tambak sampai sejauh 1,5 km ke arah pedalaman tanpa adanya degradasi salinitas yang menyolok, sehingga Tambak Lanyah praktis berisi air laut yang berkadar garam setinggi 30‰.

b. Tambak Biasa

Tambak ini terletak di belakang Tambak Lanyah, dan selalu terisi oleh campuran air asin dari laut dan air tawar dari sungai. Air di

tambak ini dapat asin pada saat tambak terisi oleh air pasang (laut) yang tinggi, dan dapat tawar jika terisi oleh air sungai yang leluasa mengalir ke arah pantai pada waktu laut sedang surut. Apabila kedua macam air tersebut ditahan dalam petakan tambak (pintu air ditutup rapat setelah petakan penuh air) maka terciptalah air payau yang salinitasnya mantap disekitar angka 15‰.

c. Tambak Darat

Tambak ini terletak jauh sekali dari laut. Suplai air yang cukup dapat dipertahankan hanya selama musim hujan saja. Jika hujan berkurang, maka sebagian dari tambak menjadi kering sama sekali, sehingga pengoperasian tambak kadang-kadang hanya dapat berlangsung selama sembilan bulan saja setiap tahunnya.

Sebagai sarana produksi ikan dan udang, Tambak Darat ini kurang memenuhi syarat, karena salinitas air yang menggenangnya selalu rendah (antara 5-10‰). Namun tambak ini masih dapat diharapkan sebagai tempat pemeliharaan Ikan Tawes atau Mujair.

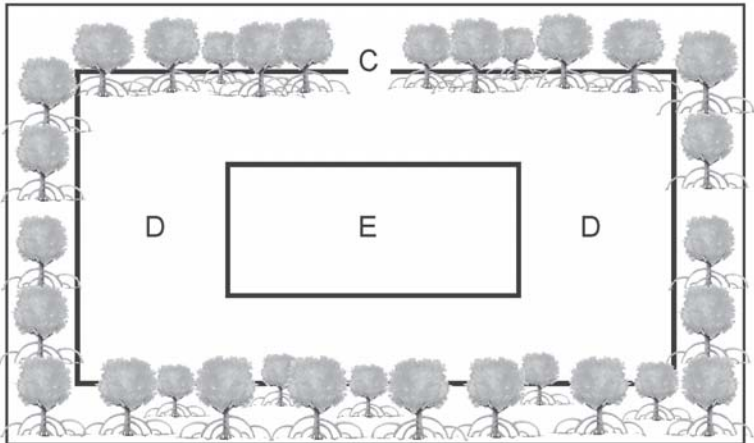
5.4.2 Tipe Tambak Berdasarkan Konstruksi

a. Tipe Jawa Barat

Tambak ini hanya berupa satu petakan tunggal berbentuk persegi panjang dengan luas 0,5-2 Ha. Bentuk tambak seperti ini banyak ditemukan di Jawa Barat, sehingga disebut tipe Jawa Barat. Tiap petakan mempunyai satu pintu air, terbuat dari kayu atau bambu, dan sudah merupakan satu unit operasional. Karena hubungannya dengan laut dan muara sungai merupakan faktor operasional yang penting, maka petakan ini harus berbentuk persegi panjang dengan pintu air ditaruh pada sisi yang menghadap ke laut atau muara sungai.

Petakan yang dikelilingi oleh pematang keliling ini juga dilengkapi dengan parit keliling yang digali pada sepanjang tepian pematang bagian dalam. Tiap petakan tunggal mempunyai sebuah petakan

kecil yang dibangun di bagian tengah tambak. Petakan kecil ini digunakan sebagai petak peneneran/pembenuran (pembenihan) untuk menampung dan meng-aklimatisasi-kan (mengadaptasikan) nener bandeng/ benur udang sebelum dipelihara pada petakan tambak sebenarnya. Pada petak peneneran/pembenuran ini tidak ada pintu air sama sekali, air berasal dari luar petakan yang merembes melalui pori-pori tanah pematang petakan kecil. Untuk memindahkan nener/benur ke petakan tambak sebenarnya, petambak tinggal membongkar pematang dari petak peneneran/ pembenuran ini.



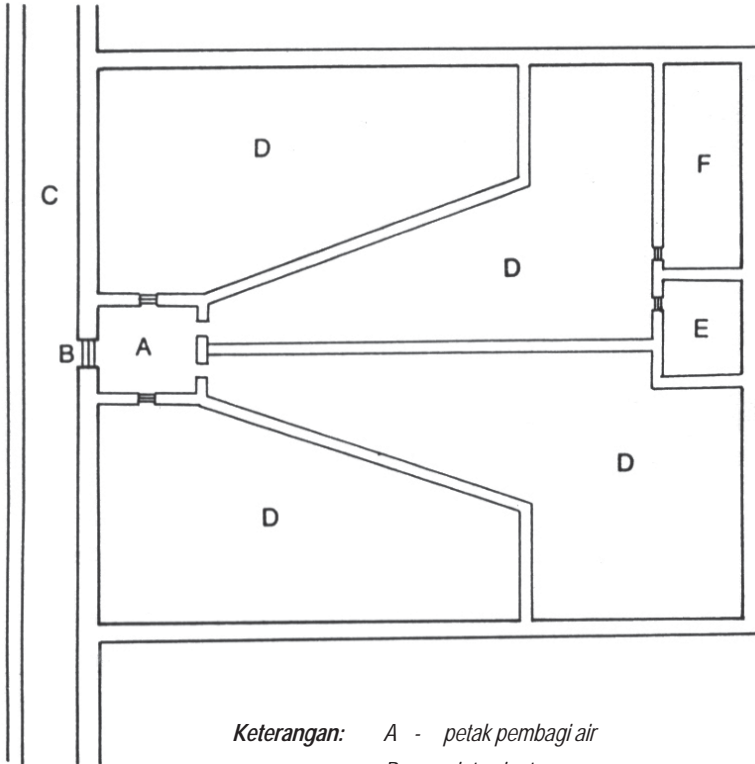
Keterangan: C = pintu air; D = petak pembenaran; E = petak peneneran

Gambar 5.2 Tipe Tambak Jawa Barat (dari Soeseno, 1987)

b. Tipe Porong

Tambak ini berupa satu unit pertambakan yang terdiri dari 3 sampai 10 petakan. Seluruh petakan diairi oleh satu petak pembagi air yang memiliki satu pintu air utama dan beberapa pintu air sekunder. Jumlah pintu air sekunder disesuaikan dengan jumlah petakan yang harus diairi. Petak pembagi air dan pintu air utama selalu ditempatkan di bagian depan unit pertambakan. Petak ini sengaja dibuat dalam agar air yang masuk melalui pintu utama dapat terus

ada walaupun petakan tambak sedang dikeringkan pada waktu panen, sehingga ikan dapat digiring dan dikumpulkan dengan selamat ke petak pembagi air ini.



- Keterangan:**
- A - petak pembagi air
 - B - pintu air utama
 - C - petaksaluran luar
 - D - petak pembesaran
 - E - petak peneneran
 - F - petak buyaran

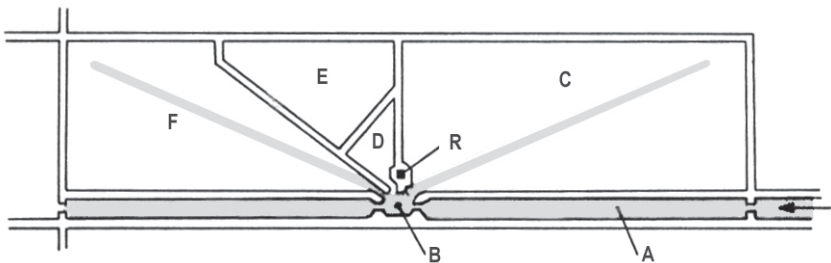
Gambar 5.3 Tipe Tambak Porong (Soeseno, 1987)

Tiap petakan tambak memiliki *kolong* (saluran tengah) dan *caren* (parit keliling) yang keduanya menuju ke petak pembagi air. *Caren*, *kolong*, dan petak pembagi air amat penting sebagai tempat berlindung, tinggal, dan lorong untuk berpindah bagi ikan dan udang.

Dalam satu unit Tambak Porong terdapat petak peneneran/pembenuran seluas 1-9 are (1 are = 0,4 Ha), petak buyaran yang luasnya 5-10 kali luas petak peneneran/pembenuran, dan petak pembesaran yang luas totalnya 10 kali luas total petak buyaran. Satu unit Tambak Tipe Porong yang mempunyai satu petak peneneran/pembenuran dan satu petak buyaran umumnya mempunyai empat petak pembesaran.

c. Tipe Taman

Tambak tipe ini dikembangkan di Kewedanan Taman yang daerah pantainya tinggi. Konstruksi tambak disesuaikan dengan kondisi suplai air yang sedikit. Tambak tipe ini terdiri dari beberapa petakan yang dikelola bersama sebagai satu unit gabungan (mirip dengan Porong). Hal yang membedakan tambak tipe ini dengan Tipe Porong adalah kondisi petak pembagi airnya; petak pembagi air pada Tipe Taman tidak berupa petakan yang lebar dan dalam, melainkan berupa saluran yang panjang (disebut *jalonan*) sebagai tempat pelarian ikan, dan petakan kecil (disebut *gutekan*) yang berfungsi sebagai petak pembagi air sebenarnya.



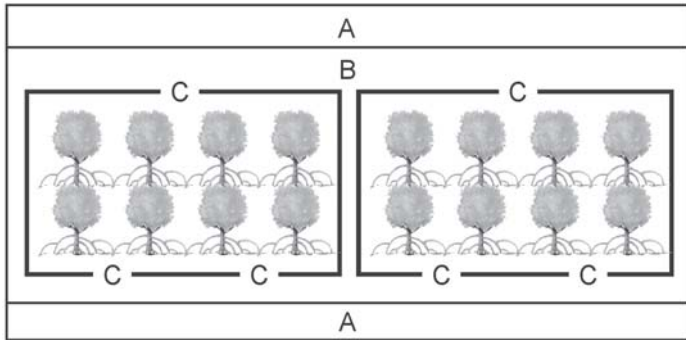
- Keterangan:**
- A - *Jalonan* sebagai saluran suplai air tambak
 - B - *Gutekan* sebagai petak pembagi air
 - C, F - Petak pembesaran
 - D - Petak peneneran
 - E - Petak peneneran
 - F - Petak buyaran
 - R - Rumah "dinas" petani tambak

Gambar 5.4 Tambak Tipe Taman (dari Soeseno, 1987)

d. Tipe Tambak pada Sistem Silvofishery

❖ **Tipe/Model Empang Parit Tradisional**

Pada tambak *silvofishery* Model Empang Parit Tradisional ini penanaman bakau dilakukan merata di pelataran tambak dengan jarak tanam 2 x 3 m atau 1 x 1 m sehingga tanaman terkonsentrasi di tengah-tengah pelataran tambak. Luas daerah penanaman mangrove pada sistem ini bisa mencapai 80% dari keseluruhan luas tambak. Tempat mangrove tumbuh dikelilingi oleh saluran air dan berbentuk sejajar dengan pematang tambak. Saluran ini biasanya memiliki lebar 3-5 m dan tinggi muka air berada 40-80 cm di bawah pelataran tanah tempat tumbuhnya mangrove. Ada beberapa variasi lain dari model dasar ini, misalnya dengan membuat wilayah yang dialiri air sampai 40-60%. Ikan, udang, dan kepiting dibudidayakan secara ekstensif pada saluran air ini (Sofiawan, 2000; Bengen, 2003).

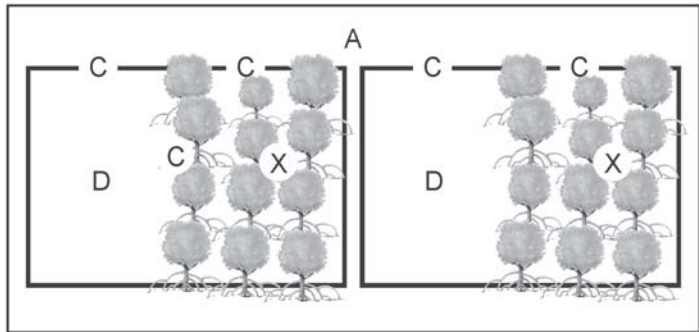


Keterangan: A = saluran air; B = tanggul/pematang tambak;
C = pintu air (2 pintu masuk 1 pintu keluar)

Gambar 5.5 Model Empang Parit Tradisional

❖ **Tipe/Model Komplangan**

Model ini merupakan modifikasi dari Model Empang Parit Tradisional. Pepohonan mangrove ditanam pada daerah yang terpisah dengan empang tempat memelihara ikan/udang, dimana diantara keduanya terdapat pintu air penghubung yang mengatur keluar masuknya air (Sofiawan, 2000).

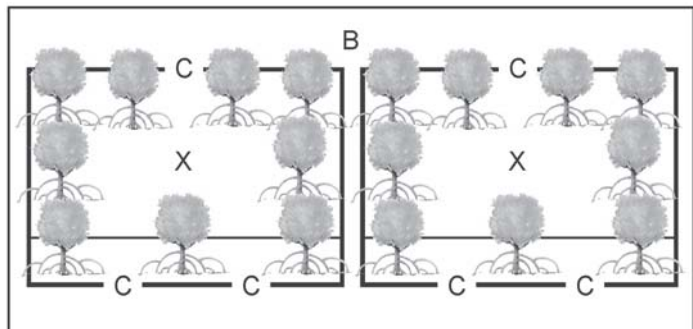


Keterangan: A = saluran air; C = pintu air; D = empang; X = pelataran tambak

Gambar 5.6 Model Komplangan

❖ **Tipe/Model Empang Terbuka**

Bentuk model empang terbuka ini tidak berbeda jauh dengan model empang tradisional. Bedanya hanya pada pola penanaman tanaman mangrove. Pada model ini mangrove ditanam pada tanggul yang mengelilingi tambak (Sofiawan, 2000).

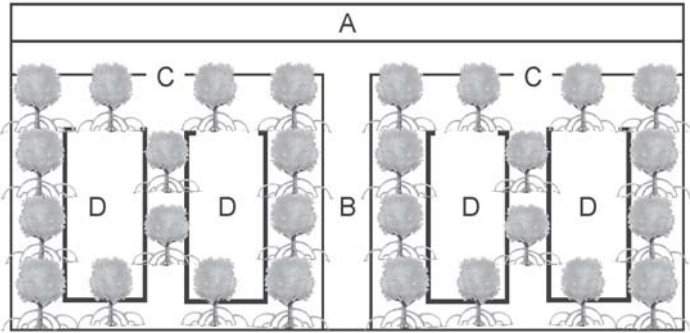


Keterangan: B = tanggul/pematang tambak; C = pintu air; X = pelataran tambak

Gambar 5.7 Model empang terbuka

❖ **Model Kao-Kao**

Pada Model Kao-Kao ini mangrove ditanam pada guludan-guludan. Lebar guludan 1-2 m dengan jarak antara guludan adalah 5-10 m (d disesuaikan dengan lebar tambak). Variasi yang lain adalah mangrove ditanam di sepanjang tepian guludan/ kao-kao dengan jarak tanam 1 meter (Sofiawan, 2000).

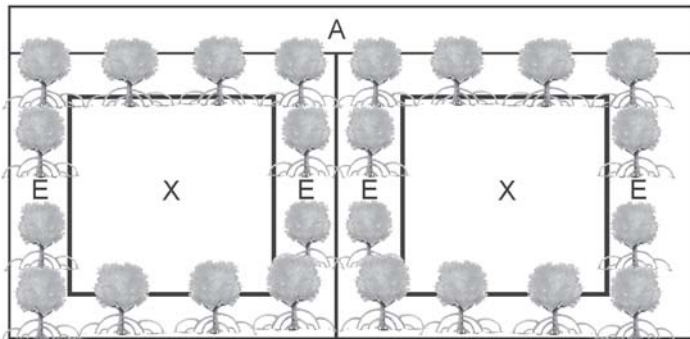


Keterangan: A = saluran air; B = tanggul/pematang tambak;
C = pintu air; D = empang

Gambar 5.8 Model Kao-Kao

❖ **Model Tasik Rejo**

Pada model ini mangrove ditanam disepanjang tepian parit yang berbentuk saluran air tertutup yang langsung berhubungan dengan saluran air utama (saluran air yang menghubungkan tambak dengan laut). Mangrove ditanam cukup rapat dengan jarak tanam 1 x 1 m atau bahkan 50 x 50 cm. Pada model ini tambak hanya berbentuk parit sedalam lebih kurang 1 m yang juga dipakai sebagai tempat pemeliharaan ikan. Pelataran tambak pada umumnya dibudidayakan untuk usaha pertanian tanaman semusim, padi gogo, palawija, atau bunga melati (Sofiawan, 2000).



Keterangan: A = saluran air; E = parit pemeliharaan ikan; X = pelataran melati

Gambar 5.9 Model Tasik Rejo

Tabel 5.1 Keuntungan dan kerugian dari masing-masing model penanaman pada Sistem *Sylvofishery*

No	Model	Keuntungan	Kerugian
1	Empang Parit Tradisional	<ul style="list-style-type: none"> • Tanaman terintegrasi. • Parit pemeliharaan ikan memperoleh cukup sinar matahari. • Penyempurnaan parit dapat dilakukan setiap saat. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tempat pemeliharaan ikan kurang terintegrasi. • Tanaman bakau perlu djarangi setelah umur 3 tahun, dan diremajakan setelah 5 tahun. • Panen dilaksanakan dengan mengumpulkan ikan pada suatu tempat sehingga tidak merusak tanaman.
2	Komplangan	<ul style="list-style-type: none"> • Antara tanaman dengan tempat pemeliharaan ikan terpisah oleh pintu air, sehingga pelaksanaan panen lebih mudah dilakukan. • Parit pemeliharaan ikan memperoleh sinar matahari yang cukup. • Penyempurnaan parit lebih mudah dilakukan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tanaman bakau perlu djarangi setelah berumur 3 tahun, dan diremajakan setelah 5 tahun.
3	Empang Terbuka	<ul style="list-style-type: none"> • Parit pemeliharaan ikan memperoleh cukup sinar matahari. • Panen lebih mudah dilakukan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Penanaman yang dilakukan terlalu rapat dengan pematang dapat menyebabkan kebocoran pada pematang. • Pemangkasan cabang harus sering dilakukan agar tidak mengganggu operasional parit.
4	Kao-kao	<ul style="list-style-type: none"> • Ruang pemeliharaan ikan cukup lebar. • Lapukan serasah tanaman dapat meningkatkan kesuburan tambak. • Intensitas matahari cukup tinggi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pembersihan serasah tanaman bakau harus sering dilakukan. • Panen harus dilakukan dengan menggiring ikan pada satu sudut tambak.
5	Tasikrejo	<ul style="list-style-type: none"> • Pelataran tambak dapat dimanfaatkan sebagai tempat untuk budidaya tanaman semusim/perkebunan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tempat pemeliharaan ikan sempit. • Pelaksanaan panen harus dilakukan dengan pengeringan parit pemelihara.

Sumber: Yuliarsana, 2000

5.5 Keanekaragaman Hayati Tambak

Tambak merupakan lahan basah buatan yang dibangun di daerah pesisir, sehingga kondisi ekologis tambak banyak memiliki kesamaan dengan kondisi ekologis daerah pesisir pada umumnya, termasuk kondisi keanekaragaman hayati-nya. Namun karena tambak merupakan suatu ekosistem buatan yang dikontrol oleh manusia untuk tujuan tertentu (budidaya), maka keanekaragaman hayati di tambak lebih terbatas dibandingkan keanekaragaman hayati di ekosistem pesisir yang bersifat alami.

5.5.1 Flora

Jenis-jenis flora yang hidup di daerah tambak cukup beragam, meliputi tumbuhan tingkat rendah (seperti fitoplankton, lumut, dan klekap) dan tumbuhan tingkat tinggi (seperti mangrove). Keberadaan berbagai jenis flora ini sangat mempengaruhi kegiatan budidaya yang dikembangkan di tambak, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Jenis-jenis fitoplankton yang ditemukan di tambak umumnya adalah kelompok Cyanophyceae (Alga biru), Chlorophyceae (Alga hijau), dan Diatomae. Sedangkan jenis-jenis lumut yang banyak tumbuh di tambak umumnya berasal dari kelompok Chlorophyceae (alga hijau) yang berbentuk benang seperti jenis *Chaetomorpha linum* dan *Enteromorpha intestinalis*. Selain itu di tambak juga terdapat klekap, yaitu suatu lapisan alga di dasar tambak dangkal yang umumnya terdiri dari berbagai jenis Cyanophyceae dan Diatomae (Pudjiatno dan Ranoemihardjo, 1993). Klekap merupakan makanan alami bagi hewan budidaya, sehingga keberadaan klekap di tambak sangatlah penting. Pada kegiatan pertambakan biasa dilakukan pengeringan dasar tambak dan pemupukan yang bertujuan untuk menumbuhkan klekap (Soeseno, 1987).

Jenis-jenis tumbuhan tingkat tinggi yang hidup di tambak sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungannya. Pada tambak yang terletak jauh dari laut, jenis-jenis tumbuhan tingkat tinggi didominasi oleh tumbuhan darat, sedangkan pada tambak yang dekat dengan laut didominasi oleh tumbuhan khas pesisir yaitu mangrove.

Tabel 5.2 Jenis-jenis tumbuhan yang hidup di daerah tambak

Suku	Jenis	Nama Daerah
Daerah tambak yang jauh dari laut		
Leguminosae	<i>Sesbania grandiflora</i> <i>Tamarindus indicus</i> <i>Mimosa pudica</i>	Turi Asam Petai cina
Malvaceae	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Waru
Compositae	<i>Pluchea indica</i> <i>Wedelia biflora</i>	Beluntas Seruni
Convulvulaceae	<i>Ipomoea crassicaulis</i> <i>Ipomoea pescaprae</i>	Kangkung
Daerah tambak yang dekat dengan laut		
Verbenaceae	<i>Avicennia marina</i> <i>Avicennia alba</i> <i>Avicennia officinalis</i>	Api-api biasa Gareman Kateng
Rhizoporaceae	<i>Rhizopora mucronata</i> <i>Rhizopora apiculata</i> <i>Bruguiera conjugata</i> <i>Bruguiera carioophyloides</i>	Kayu merah Tanjang lanang Tanjang pulut Tanjang werus
Sonneratiaceae	<i>Sonneratia alba</i> <i>Sonneratia acida</i> <i>Sonneratia ovata</i>	Prapat Pedada Bogem
Braminae	<i>Paspalum vaginatum</i>	Suket asinan
Cyperaceae	<i>Fimbristylis spathacea</i> <i>Fimbristylis polytrichoides</i> <i>Scirous littoralis</i> <i>Scirous grossus</i>	Suket kodokan Adas-adasan Mendongan Wlingi
Chenopodiaceae	<i>Suaeda maritima</i>	Alur
Acanthaceae	<i>Acanthus ilifolius</i>	Druju

Sumber: Pujatno dan Ranoemihardjo, 1993

Tumbuhan mangrove, yang dibiarkan tumbuh (bahkan dilestarikan) sebagai hutan di antara garis pantai dan petakan tambak paling depan, berfungsi sebagai penahan gempuran ombak laut, penahan lumpur dan bahan organik yang terkikis oleh gerakan pasang surut air, serta sebagai tempat hidup, mencari makan, dan berkembang biak berbagai jenis hewan

(termasuk benih ikan dan udang yang merupakan input bagi kegiatan pertambakan). Pohon mangrove juga biasa ditanam di pematang tambak untuk melindungi tanah pematang dari kikisan pasang-surut air dan sebagai tempat berlindung hewan budidaya. Pada tambak yang terletak jauh dari laut, petani tambak biasanya menanam tumbuhan bernilai ekonomis seperti asam dan petai cina untuk menambah penghasilan (Soeseno, 1987).

5.5.2 Fauna

Keanekaragaman jenis fauna di ekosistem tambak sangat terbatas karena tambak sengaja dibuat untuk keperluan budidaya, keberadaan hewan-hewan selain ikan dan udang budidaya dapat dianggap sebagai hama bagi kegiatan budidaya. Jenis-jenis hewan yang biasa ditemukan di ekosistem tambak antara lain ikan, udang, ketam, reptilia, mamalia, dan burung.

Ikan dan udang yang terdapat di ekosistem tambak dapat dibedakan menjadi dua, yaitu jenis budidaya dan jenis liar. Jenis udang yang biasa dibudidayakan di tambak adalah Udang Windu (*Penaeus monodon*), Udang Putih/Jerbung (*P. indicus/merguensis*), Udang Api-api (*Metapenaeus monoceros*), dan Udang Cendana (*M. brevicornis*). Sedangkan jenis ikan yang biasa dibudidayakan di tambak antara lain: Bandeng (*Chanos chanos*), Baronang/Samadar (*Siganus* spp.), Belanak (*Mugil* spp.), Kakap (*Lates calcalifer*), dan Nila (*Oreochromus niloticus*) (Wibowo *et al.*, 1996).

Jenis ikan liar yang ditemukan di tambak juga dapat digolongkan menjadi dua yaitu ikan buas (predator) dan ikan pesaing (kompetitor). Keberadaan ikan liar dalam tambak ini dapat merugikan kegiatan budidaya. Ikan Kakap (*Lates calcalifer*) dan Kerapu (*Epinephelus* sp.) merupakan contoh ikan yang terkadang ditemukan dalam keadaan liar dalam tambak, namun karena ikan jenis ini bernilai ekonomis maka penangkapan ikan tersebut dapat menjadi penghasilan tambahan bagi petani tambak (Pudjiatno dan Ranoemihardjo, 1993).

Tabel 5.3 Jenis-jenis ikan liar yang ditemukan di tambak

Famili	Jenis	Nama Lokal	Nama Inggris
Malacoferiidae	<i>Megalops cyprinoides</i> <i>Elops hawaensis</i>	Bulan-bulan Bandeng lelaki	<i>Oxeye herring</i> <i>Tenpounder</i>
Siluroidae	<i>Plotosus canius</i> <i>Arius maculatus</i> <i>Ketengus tupus</i> <i>Macrones gulio</i>	Sembilang Manyung Keting Lundu	<i>Ell-tailed catfish</i> <i>Spotted catfish</i> <i>Sea catfish</i> <i>Mangrove catfish</i>
Apodiidae	<i>Muroenesoy talabon</i> <i>Monopterus albus</i>	Remang Belut	- <i>Swamp ell</i>
Hemirhampidae	<i>Hemirhamphus gaimardi</i>	Julung-julung	<i>Halfbreaks</i>
Mugilidae	<i>Mugil engeli</i> <i>Mugil cephalus</i>	Sindo Belanak	<i>Mulletts</i> <i>Sea mullets</i>
Microcypridae	<i>Panchax panchax</i>	Kepala timah	<i>Tin head/Whitespot</i>
Percomorphidae	<i>Lates calcarifer</i> <i>Terapon jarbua</i> <i>Terapon theraps</i> <i>Gerres punctatus</i> <i>Leiognathus insidiator</i> <i>Epinephelus tauvina</i>	Kakap Kerong-kerong Kerong-kerong Kapasari Peperek Kerapu	<i>Giant seaperch</i> <i>Crescent perch</i> <i>Large-scaled terapon</i> <i>Thread-fin silver biddy</i> <i>Pugnose ponyfish</i> <i>Greasy grouper</i>
Gobiidae	<i>Butis butis</i> <i>Butis Melanostigma</i>	Beloso Beloso	<i>Crimson-tipped gudgeon</i> <i>Black-spotted gudgeon</i>
Lethrinidae	<i>Lethrinus ornatus</i>	Lencam	<i>Striped empores</i>
Siganidae	<i>Siganus semisulcatus</i>	Samadar	<i>Vermiculated spinefoot</i>

Sumber: Pudjiatno dan Ranoemihardjo, 1993

Pada petakan tambak juga banyak ditemukan berbagai jenis ketam-ketaman, terutama pada kaki pematang. Ketam biasa berdiam diri di depan lubang masing-masing yang terletak di antara batas permukaan air pasang dan batas air surut. Jenis yang paling sering ditemukan adalah *Saesarma taeniolata*, *S. meinerti*, *S. bataviana*, dan *Coenobita caviper*, semua jenis ini biasa disebut “yuyu” oleh petani tambak. Yuyu, Ketam binatu (*Uca signatus* dan *U. annulipes*), dan Ketam kecil (*Ilyoplax delsmanni*) merupakan binatang yang sangat merugikan bagi petambak karena mereka biasa melubangi pematang sehingga menyebabkan

kebocoran, selain itu mereka juga tidak dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan bagi manusia. Jenis ketam yang masih berharga bagi manusia adalah kepiting (*Scylla serrata*); karena walaupun mereka suka melubangi pematang, mereka masih bisa dijual sebagai bahan makanan; namun kerugian yang mereka timbulkan masih lebih besar daripada keuntungan yang bisa didapat jika mereka dijual.

Jenis reptilia yang sering ditemukan di tambak adalah ular dan biawak. Jenis ular yang paling sering ditangkap adalah Ular Sanca/Ular Sawah (*Python reticulatus*). Pada pematang yang rimbun ditumbuhi semak belukar biasa ditemukan Ular Tambang, Ular Pucuk, Ular Hijau, dan ular-ular berbisa seperti Ular Sendok, Ular Weleng, dan Ular Gadung. Sedangkan dalam air tambak biasa ditemukan Ular Banyu (*Cerberus rhynchops*) dan Ular Kadut (*Chersydrus granulatus*); ular air jenis ini tidak berbisa, namun keberadaannya sangat merugikan karena ular ini merupakan predator bagi ikan budidaya. Jenis ular air yang berbisa adalah Ular Laut (berbagai jenis *Hydrophis*) yang masuk ke dalam petakan tambak bersama air laut pasang. Dari jenis biawak, spesies yang biasa ditemukan di daerah tambak adalah *Varanus salvator*. Binatang buas ini biasa memakan kodok, tikus, telur dan anak burung, serta telur dan anak ayam yang dipelihara oleh masyarakat.

Hewan jenis mamalia yang sering ditemukan di tambak adalah Babi hutan (*Sus vittatus*), Kera (*Macaca irus*), Mungo (*Herpestes javanicus*), Berang-berang (*Amblyonyx cinerea*), dan Kucing bakau (*Felix viveriina*). Hewan-hewan mamalia ini umumnya merupakan hewan perusak tambak dan predator bagi hewan-hewan budidaya.

Burung merupakan salah satu kelompok fauna yang banyak ditemukan di daerah tambak. Berbagai jenis burung menjadikan pohon mangrove sebagai tempat berteduh dan berkembang biak. Jika pohon mangrove di sekitar tambak habis ditebang, kemungkinan akan terjadi kepunahan berbagai jenis burung karena tidak adanya habitat yang cocok. Beberapa jenis burung yang hidup di pertambakan dikategorikan sebagai jenis hewan yang dilindungi (seperti Kuntul, Bangau putih, Kowak, dan Roko-roko). Namun beberapa jenis burung (seperti Manyar dan Pecuk ulo) merupakan hama bagi kegiatan pertambakan sehingga sering diburu manusia (Soeseno, 1987).

Tabel 5.4 Beberapa jenis burung yang dapat ditemukan di tambak

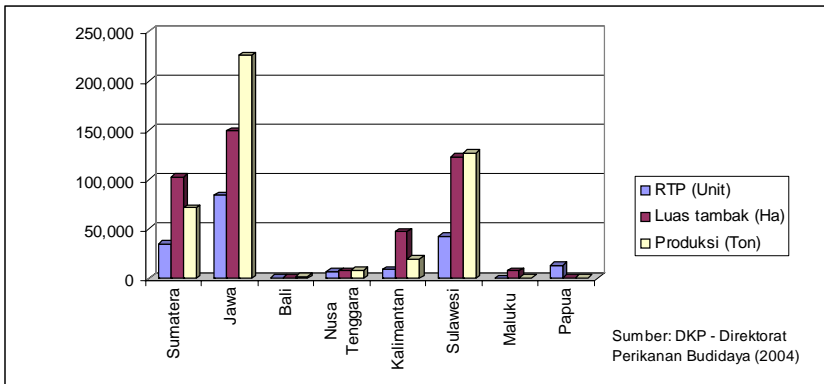
Jenis	Nama Lokal	Nama Inggris
<i>Egretta intermedia</i>	Kuntul perak	<i>Intermediate egret</i>
<i>Bubulcus ibis</i>	Kuntul kerbau	<i>Cattle egret</i>
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Kowak-malam abu	<i>Black-crowned night-heron</i>
<i>Ardeola speciosa</i>	Blekok sawah	<i>Javan pond-heron</i>
<i>Ardea cinerea</i>	Cangak abu	<i>Grey heron</i>
<i>Ploceus hypoxanthus</i>	Manyar mas	<i>Asian golden weaver</i>
<i>Ploceus manyar</i>	Manyar jambul (pintau)	<i>Streaked weaver</i>
<i>Haliaeetus leucogaster</i>	Elang-laut siput (perut putih)	<i>White-bellied sea eagle</i>
<i>Butorides striatus</i>	Kokokan laut	<i>Striated heron</i>
<i>Plegadis falcinellus</i>	Ibis rokoroko	<i>Glossy ibis</i>
<i>Dissoura episcopus</i>	Bangau sarang-lawe	<i>Woolly-necked stork</i>
<i>Dendrocygna javanica</i>	Belibis batu	<i>Lesser whistling-duck</i>
<i>Dendrocygna arcuata</i>	Belibis kembang	<i>Wandering whistling-duck</i>
<i>Ardeola ralloides</i>	Blekok cina	<i>Chinese pond-heron</i>
<i>Himantopus himantopus</i>	Gagang bayem	<i>Black-winged stilts</i>
<i>Charadrius dubius</i>	Cerek kalung-hitam	<i>Little ringed plover</i>
<i>Charadrius mongolus</i>	Cerek pasir (Mongolia)	<i>Mongolian plover</i>
<i>Pluvialis fulva</i>	Cerek kernyut (kliit)	<i>Asian golden plover</i>
<i>Pluvialis squatarola</i>	Cerek besar (kliui)	<i>Grey plover</i>
<i>Limosa lapponica</i>	Biru-laut ekor-blorok	<i>Bar-tailed godwit</i>

Sumber: Rusila Noor (kom. pri.); Sonobe and Usui, 1993; Pudjiatno dan Ranoemihardjo, 1993; Uttley, 1987

Walaupun burung bersifat hama karena memangsa ikan dan udang budidaya, namun burung masih dapat memberikan beberapa keuntungan bagi masyarakat, antara lain melalui kotorannya yang menjadi pupuk bagi petak-petak tambak dan telurnya yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan tambahan. Sebagian masyarakat juga mempercayai bahwa Burung Kuntul dan Bangau putih merupakan pembawa rejeki.

5.6 Penyebaran Tambak di Indonesia

Tambak tersebar meluas di seluruh wilayah Indonesia yang memiliki pantai berlumpur dan berhutan mangrove. Berdasarkan data Departemen Kelautan dan Perikanan - Direktorat Perikanan Budidaya, pada tahun 2001 luas areal tambak di Indonesia mencapai 438.010 ha dan dikelola oleh 190.872 RTP (Lampiran 5).



Gambar 5.10 Grafik budidaya perikanan tambak di Indonesia per pulau tahun 2001

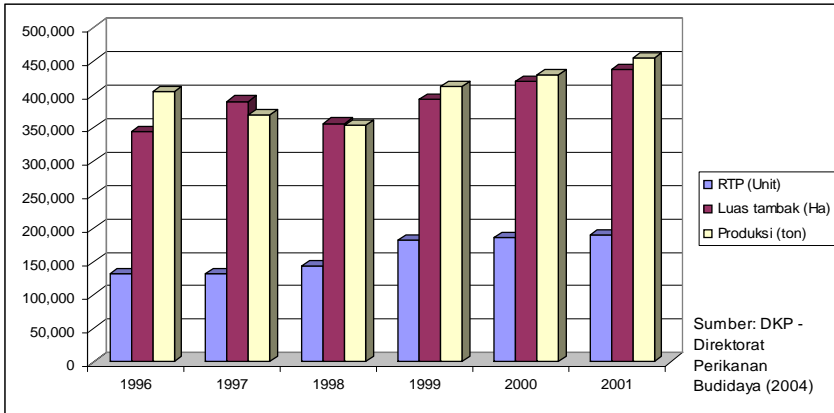
Kegiatan pertambakan berkembang pesat di P. Jawa, di wilayah ini kegiatan pertambakan meliputi areal seluas 149.042 Ha atau sekitar 34% dari luas total tambak di Indonesia. Kegiatan pertambakan di P. Jawa tersebar di sepanjang pantai utara P. Jawa. Kegiatan budidaya tambak di P. Jawa umumnya menggunakan sistem intensif yang mampu mengoptimalkan produksi tambak pada lahan yang terbatas. Hingga tahun 2001, produksi perikanan tambak di P. Jawa mencapai 225.813 ton atau sekitar 49,6% dari total produksi Indonesia. Produksi tambak yang cukup besar terdapat juga di P. Sulawesi, yaitu sebesar 127.166 ton (28%) yang dihasilkan dari tambak seluas 123.360 Ha (Gambar 5.10).

Kegiatan budidaya perikanan tambak umumnya menghasilkan dua jenis komoditas, yaitu ikan dan udang. Pada tahun 2001, total produksi tambak mencapai 454.710 ton. Jenis ikan yang dominan dibudidayakan di tambak adalah Bandeng (*Chanos chanos*), sedangkan jenis udang yang dominan adalah Windu (*Penaeus monodon*).

5.7 Perkembangan Tambak di Indonesia

Kegiatan pertambakan mulai dikenal masyarakat Indonesia sejak tahun 1200 (zaman Kerajaan Majapahit), sedangkan teknik pertambakan diperkirakan dibawa masuk oleh orang-orang Cina yang datang ke Indonesia, khususnya ke P. Jawa. Kegiatan pertambakan yang dilakukan saat itu masih sangat sederhana dan tradisional. Kegiatan budidaya pada saat itu belum dikenal, yang ada hanyalah upaya menjebak ikan. Tambak hanya berupa kolam yang dibuat dengan menggali areal pantai dan diberi satu pintu untuk memasukan air waktu pasang serta mengeluarkannya waktu surut. Air yang masuk pada waktu pasang membawa ikan dan udang yang kemudian terperangkap dalam tambak. Di depan pintu air dipasang bubu agar air laut bisa keluar sedangkan ikan dan udang terperangkap. Kegiatan pertambakan terus berkembang hingga lebih efisien dan menjadi sumber mata pencaharian yang dapat diandalkan oleh masyarakat nelayan. Namun demikian, kegiatan pertambakan pada masa lalu belum sampai menimbulkan penebangan pohon mangrove secara besar-besaran; selain itu kegiatan budidaya masih terbatas pada ikan bandeng yang benihnya sangat mudah diperoleh di alam (Murtidjo, 1988).

Perkembangan tambak mulai pesat pada tahun 1980 ketika dikeluarkan Dekrit Presiden tentang larangan penangkapan udang di lepas pantai dengan pukat harimau. Dekrit presiden ini menyebabkan penurunan produksi udang secara dramatis, sementara itu permintaan udang di pasar internasional terus meningkat; untuk mengimbangnya berbagai upaya dilakukan untuk mengembangkan budidaya udang di tambak. Keberhasilan pemijahan udang secara buatan yang menyediakan benur (benih udang) untuk tambak udang monokultur telah mendorong meledaknya jumlah tambak udang di daerah pesisir. Harga udang yang tinggi di pasar internasional dan margin keuntungan yang tinggi juga mendorong masyarakat untuk berinvestasi di bidang pertambakan (Whitten *et al.*, 1999). Berkembangnya kegiatan pertambakan di Indonesia dapat dilihat dari luas pertambakan yang terus meningkat setiap tahunnya, demikian juga dengan jumlah RTP yang terlibat dan produksi yang dihasilkannya (Gambar 5.11).



Gambar 5.11 Grafik perkembangan budidaya tambak tahun 1996-2001

Perkembangan tambak yang sangat pesat ini telah memicu pembukaan areal mangrove secara besar-besaran untuk pembangunan tambak. Pola budidaya yang diterapkan juga telah mengalami perubahan; sistem budidaya yang tadinya bersifat tradisional telah bergeser ke arah sistem budidaya semi intensif dan intensif yang menggunakan pakan buatan, pestisida (misalnya diazinon dan thiodan), dan penebaran benih yang padat untuk memaksimalkan produksi. Sistem budidaya ini telah meningkatkan biaya produksi meskipun tambak memang menjanjikan keuntungan yang besar; hal ini menyebabkan terjadinya perpindahan kepemilikan tambak dari petani ke pengusaha atau masyarakat bermodal besar.

KOTAK 5.1

Pembabatan Hutan Bakau di Delta Mahakam Terus Berlangsung

Pembabatan hutan mangrove (bakau) di Delta Mahakam, Kalimantan Timur (Kaltim) untuk keperluan pembangunan tambak terus berlangsung. Pembuatan tambak itu tidak hanya menggunakan peralatan tradisional, tetapi juga mengerahkan alat pengeruk tanah (backhoe), yang diduga kuat didanai oleh para pemilik modal.

Kawasan seluas 150.000 ha itu dari udara terlihat bopeng-bopeng. Pertambakan terbentang luas tanpa menyisakan nipah dan pohon bakau lainnya. Bahkan, ada dua pulau yang nyaris tenggelam karena seluruh daratannya sudah berubah menjadi tambak. Saat ini, kawasan Delta Mahakam yang sudah berubah menjadi tambak diperkirakan mencapai 80.000 ha atau 80 persen dari seluruh luas daratan delta.

Sumber: Kompas, 1 Oktober 2001



Gambar 5.12 Pembukaan areal mangrove di Delta Mahakam untuk pembangunan tambak (Foto: I N.N Suryadiputra)

Pengembangan dan pembangunan tambak yang dilakukan tanpa memperhatikan kondisi lingkungan, telah menimbulkan dampak negatif yang sangat besar. Pembukaan hutan mangrove untuk pertambakan telah mengganggu kehidupan berbagai satwa liar (termasuk kehidupan ikan dan udang liar yang sangat terkait dengan penyediaan benih bagi kegiatan tambak), serta menimbulkan abrasi pantai dan intrusi air laut ke daratan. Pemakaian pakan dan pestisida secara berlebihan juga telah menyebabkan tercemarnya perairan pesisir. Semua ini pada akhirnya akan berdampak pada kehancuran usaha tambak itu sendiri, dan tentu saja pada lingkungan pesisir secara keseluruhan. Pengelolaan tambak yang tidak ramah lingkungan (seperti yang terjadi di daerah Pantura Jawa) ini sebetulnya hanya dapat mendatangkan keuntungan dalam jangka pendek (3-5 tahun), setelah itu lahan pertambakan menjadi tidak produktif dan akhirnya ditinggalkan, sedangkan tambak ramah lingkungan bisa beroperasi jauh lebih lama (Ilman, *kom. pri.*).

Sekarang ini BPPT telah mengembangkan usaha tambak udang yang dilakukan di lahan pasir; pengembangan tambak di lahan pasir ini pertama kali dilakukan oleh Bambang Widigdo (ahli tambak dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB). Pengembangan tambak di lahan pasir dilakukan setelah ditemukannya beberapa kelemahan pada usaha tambak yang dibangun di tanah bertekstur liat. Tambak yang dibangun di tanah bertekstur liat dilihat dari segi konstruksi memang sangat ideal untuk dibangun tambak (karena kedap air sehingga terhindar dari kebocoran); namun ditinjau dari segi biologis, tanah bertekstur seperti ini sangat memungkinkan terbentuknya lapisan lumpur organik yang sulit teroksidasi di dasar tambak, sehingga mengganggu pertumbuhan hewan budidaya. Selain itu, lapisan lumpur ini juga dapat mengakibatkan timbulnya penyakit yang menyerang udang. Konstruksi tambak pada lahan berpasir walaupun membutuhkan biaya investasi yang sangat besar (karena harus ditembok beton), namun sangat baik bagi pertumbuhan udang karena lingkungan dasar bersih dari lumpur sehingga sehat bagi pertumbuhan udang. Pengalaman di lapangan menunjukkan bahwa pada tambak-tambak bertekstur lumpur, produktivitas tambak cenderung menurun setelah periode pemeliharaan tahun kedua; sedangkan pada tambak pasir yang telah dikembangkan di Desa Ujung Genteng (Sukabumi), produktivitas tambak cenderung konstan sampai dengan periode tanam ke-12, bahkan kualitas udang yang dihasilkan pun cenderung lebih baik. Konstruksi tambak pada lahan pasir ini dikenal dengan sebutan **BIOSEAL** (*Bottom Isolation from Organic Substances to Eliminate Acid Layer*) (Trihono dan Chaidir, 2004).

Memahami pentingnya keberadaan hutan mangrove bagi ekosistem pesisir, maka berbagai upaya perbaikan mulai dilaksanakan oleh berbagai pihak. Tujuan utama yang ingin dicapai dari upaya ini adalah perbaikan dan peningkatan produktivitas lingkungan untuk menunjang kehidupan masyarakat setempat. Upaya rehabilitasi hutan mangrove dapat dilakukan di dua lokasi, yaitu di hamparan lahan yang kosong dan di daerah pertambakan (Sistem *Silvofishery*).



**Gambar 5.13 Tambak silvofishery di Pemalang, Jawa Tengah
(Foto: Triana/WI-IP)**

Kegiatan pertambakan dengan Sistem *silvofishery* ini memberikan keuntungan ekologis dan ekonomis bagi masyarakat setempat. Secara ekologis, sistem ini mampu mengembalikan fungsi dan manfaat hutan mangrove; dan secara ekonomis, sistem ini mampu meningkatkan pendapatan masyarakat petambak, baik dari hasil budidaya maupun dari hasil penangkapan ikan dan udang liar di sekitar tambak. Penerapan Sistem *Silvofishery* di beberapa daerah di Jawa Tengah telah terbukti mampu memberikan keuntungan ekonomis bagi petani tambak. Pada Tabel 5.5 di bawah ini dapat dilihat hasil dari penerapan Sistem *Silvofishery* dengan model penanaman Empang Parit yang dilakukan di tiga kabupaten di Jawa Tengah.

Tabel 5.5. Keuntungan ekonomis yang didapat dari penerapan Sistem *Silvofishery*

Kab.	Sebelum x 100.000 (Rp/ha/th)			Sesudah x 100.000 (Rp/ha/th)		
	Bandeng	Udang	Lain	Bandeng	Udang	Lain
Brebes	4,8	4,5	0,1	6,4	7,5	0,1
Pemalang	4,8	6,0	0,05	5,6	9,0	0,1
Demak	3,2	1,5	0,05	4,8	7,5	0,08

Sumber: Yuliarsana, 2000

KOTAK 5.2

Tambak Udang vs Mangrove (Pengalaman Indramayu)

Pertambakan di Desa Karangsong Indramayu sudah dimulai sejak tahun 80-an. Pada saat itu, kondisi ekosistem mangrove masih bagus dan rata-rata hasil panen udang budidaya (windu) persiklus adalah sekitar 500 – 600 kg/hektar, jumlah ini belum termasuk hasil tangkapan udang liar. Perluasan wilayah pertambakan, penggunaan pakan buatan dan zat-zat kimia mampu meningkatkan rata-rata produksi menjadi lebih dari 1000 kg/siklus/hektar (2 – 3 kali lipat). Meski demikian kondisi ini juga menyebabkan kerusakan ekosistem mangrove dan penurunan kualitas air dan tanah. Akibatnya, keberhasilan panen hanya berlangsung dalam periode singkat antara tahun 1990 – 1995 dan keberadaan udang liar pun sulit ditemukan. Bahkan setelah periode tersebut, tambak tidak bisa lagi digunakan untuk budidaya udang.

Hasil panen yang lebih kecil pada saat ekosistem mangrove masih bagus (500 kg udang/siklus/ha) sebetulnya belum mencerminkan produksi total tambak, sebab pada saat tersebut, petani juga secara rutin menangkap udang liar 2 – 10 kg/hari. Jika hasil panen dan hasil tangkapan udang liar tersebut digabungkan maka hasilnya bisa mencapai 1000 kg/siklus budidaya. Dengan kata lain, total hasil produksi udang pada saat ekosistem mangrove masih dalam keadaan baik hanya sedikit lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil produksi tambak setelah diterapkannya sistem budidaya yang menggunakan pakan buatan dan zat aditif. Jumlah yang relatif lebih kecil tersebut masih jauh lebih baik karena dengan mempertahankan keberadaan ekosistem mangrove maka keberlanjutan produksi udang dapat terus terjamin. Saat ini masyarakat Desa Karangsong terus melakukan upaya rehabilitasi ekosistem mangrovenya, yang antara lain ditujukan untuk mengembalikan "kejayaan" udang harian.

Sumber: Pemerintah Desa Karangsong – Kecamatan Indramayu, 2002



Waduk Ciujung-Ciliman (Foto: I Nyoman Suryadiputra/Dok. WI-IP)

BAB 6

BENDUNG DAN BENDUNGAN (WADUK)

Air merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi semua makhluk hidup. Ketersediaan air dalam kualitas yang baik dan kuantitas yang memadai merupakan hal yang mutlak diperlukan. Namun pada kenyataannya – di alam ini ketersediaan air dalam kondisi demikian tidak selalu terpenuhi. Pada musim penghujan, debit air yang sangat besar menjadi penyebab bencana banjir; sedangkan pada musim kemarau, debit air yang kecil menjadi penyebab kekeringan. Belajar dari kondisi alam seperti ini, manusia berusaha mencari cara untuk mengatur ketersediaan air, salah satunya adalah dengan membangun bendung atau bendungan (waduk).

Walaupun pada awalnya pembangunan waduk ditujukan bagi kepentingan manusia, namun dalam perkembangannya – keberadaan waduk tidak pernah lepas dari masalah, tidak hanya masalah lingkungan namun juga

masalah sosial. Oleh karena itu pembangunan suatu waduk (khususnya bendungan) dan mekanisme pengelolaannya harus selalu dilakukan dengan penuh pertimbangan, yaitu dengan memperhatikan kondisi lingkungan dan kondisi masyarakat setempat.

6.1 Definisi Waduk

Menurut Ditjen Pengairan - Departemen Pekerjaan Umum, **bendungan** adalah suatu konstruksi bangunan yang melintasi/memotong sungai untuk menghalangi aliran air sehingga permukaan air naik dan membentuk danau buatan yang berfungsi sebagai pengendali dan penyimpan air. Sedangkan **bendung** adalah waduk kecil yang berfungsi mengairi lahan-lahan pertanian yang letaknya jauh dari sungai. Perbedaan antara keduanya terletak pada keberadaan bangunan pelimpah yang berfungsi untuk mengalihkan dan menampung kelebihan air. Pada bendung tidak terdapat bangunan pelimpah, sehingga kelebihan air akan terbuang begitu saja setelah melewati tinggi tubuh bendung, sedangkan pada bendungan terdapat bangunan pelimpah; dengan kata lain bendung tidak dapat berfungsi sebagai penampung air (hanya menaikkan permukaan air) sedangkan bendungan dapat berfungsi sebagai penampung air. Air yang tertampung pada bangunan pelimpah ini berfungsi sebagai cadangan air bagi berbagai keperluan (Ensiklopedi PU).

Dilihat dari kondisi konstruksi dan ukurannya, bendungan dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti pembangkit tenaga listrik, irigasi, perikanan, dan pariwisata, sedangkan fungsi bendung umumnya hanya terbatas pada irigasi lahan pertanian saja.

6.2 Fungsi Dan Manfaat Waduk

Pembangunan suatu waduk disesuaikan dengan kepentingan tertentu, masing-masing waduk memiliki fungsi dan manfaat tersendiri. Beberapa waduk dibangun hanya untuk melayani satu atau dua macam kegunaan, namun ada juga waduk yang memiliki banyak kegunaan sehingga disebut Waduk Serbaguna.

6.2.1 Fungsi Ekologis Waduk

a. Menampung air, mencegah bencana banjir, dan menanggulangi kekeringan

Waduk (khususnya bendungan) berfungsi untuk menampung air, baik yang berasal dari aliran sungai maupun limpasan air hujan. Air yang ditampung ini menjadi sumber air bagi manusia, hewan, dan tumbuhan. Air ini dimanfaatkan untuk keperluan irigasi sawah dan kolam, kebutuhan manusia sehari-hari (minum, mandi, memasak, dan mencuci), kegiatan peternakan, industri, dan bahkan air baku bagi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Kecepatan air yang dialirkan ke dalam waduk harus dikontrol sedemikian rupa agar air ini tidak mengalir terlalu cepat sehingga menyebabkan erosi di bagian hilir waduk, dan juga tidak terlalu lambat sehingga menyebabkan sedimentasi di bagian hulu waduk.

Waduk juga berfungsi untuk mengatur sistem hidrologi; yaitu dengan menyeimbangkan aliran air antara hulu dan hilir sungai, serta memasok air ke kantong-kantong air lain seperti ekuifer (air tanah), sungai, dan persawahan. Dengan demikian waduk dapat mengendalikan dan meredam banjir pada musim hujan, serta menyimpannya sebagai cadangan pada musim kemarau untuk menghindari musibah kekeringan.

b. Mengatur iklim mikro

Keberadaan waduk, seperti halnya dengan ekosistem danau alami, juga berfungsi dalam pengendalian iklim mikro. Air yang tertampung dalam waduk menyerap panas pada siang hari, sehingga suhu udara di sekitar waduk tidak terlalu tinggi. Hal ini pada akhirnya akan sangat berpengaruh pada kehidupan makhluk yang hidup di dalam dan di sekitar ekosistem waduk.

Walaupun waduk memiliki peranan penting dalam pengaturan iklim mikro, namun pada awal pembentukannya waduk menimbulkan dampak negatif yang cukup besar berkaitan dengan pemanasan global. Berbagai vegetasi daratan yang terendam pada awal

pembentukan waduk mengalami pembusukan (dekomposisi) sehingga melepaskan CO₂ dalam jumlah yang besar ke atmosfer. Jumlah emisi Gas Rumah Kaca (GRK) kotor (*gross emmissions*) yang dilepaskan ke udara akibat pembangunan waduk ini diperkirakan mempengaruhi peristiwa pemanasan global sebanyak 1 - 28% (World Commision on Dams, 2000).

c. Habitat berbagai jenis tumbuhan dan hewan

Ekosistem waduk, yang pada dasarnya hampir sama dengan ekosistem danau alami, merupakan habitat bagi berbagai jenis sumberdaya hayati (baik tumbuhan maupun hewan). Berbagai jenis ikan, tumbuhan air, plankton, burung air, mamalia, reptilia, serangga, dan amfibi hidup, berkembang biak, serta mencari makan di ekosistem waduk. Beberapa diantaranya juga merupakan jenis hewan dan tumbuhan endemik.

Pada awal pembentukan waduk terjadi peralihan jenis-jenis hewan dan tumbuhan, dari jenis-jenis yang biasa hidup di ekosistem perairan mengalir (sungai) menjadi jenis-jenis yang biasa hidup di ekosistem perairan tergenang. Di beberapa daerah, pembangunan waduk telah menyebabkan hilangnya jenis-jenis ikan sungai endemik karena jalur ruaya-nya (migrasi) terganggu, contohnya adalah hilangnya jenis-jenis ikan asli di Sungai Citarum setelah dibangunnya Waduk Jatiluhur; dari 20 jenis ikan asli yang semula ada di sungai ini sekarang tinggal 8 jenis, salah satu jenis ikan yang jumlahnya menurun pesat adalah Ikan Arengan (*Labeo chrysopekadion*) (Whitten *et al.*, 1999). Untuk itu sekarang ini mulai dikembangkan konstruksi waduk yang disertai tangga agar ikan-ikan beruaya dapat tetap melewati waduk.

Pembangunan waduk tidak hanya berpengaruh pada biodiversitas flora dan fauna di ruas perairan yang dibendung, tetapi juga pada biodiversitas di ekosistem terestrial (daratan) yang tergenang akibat pembangunan waduk dan di ekosistem lain sebelah hilir waduk (misalnya dataran banjir dan muara sungai) yang sangat tergantung pada masukan (berupa air atau nutrien) dari sungai yang dibendung (World Commission on Dams, 2000).

6.2.2 Manfaat Ekonomis Waduk

a. Menghasilkan berbagai jenis sumberdaya hayati bernilai ekonomis

Waduk memiliki keanekaragaman hayati yang cukup tinggi. Berbagai jenis sumberdaya hayati yang hidup di waduk ada yang merupakan jenis asli dan ada juga yang merupakan jenis-jenis yang sengaja diintroduksi untuk keperluan budidaya. Jenis hewan yang umum dibudidayakan di waduk adalah ikan; ikan-ikan ini biasa dibudidayakan dalam Karamba Jaring Apung (KJA). Jenis-jenis ikan yang biasa dipelihara di KJA adalah Ikan Mas (*Cyprinus carpio*), Nila (*Oreochromis niloticus*), Jambal (*Pangasius pangasius*), dan Gurami (*Osphronemus gouramy*).

Potensi perikanan waduk sangatlah besar. Sebagai contoh pada tahun 1996 di Waduk Saguling terdapat 4.425 unit KJA dengan produksi sebesar 5.506 ton ikan, dan di Waduk Cirata terdapat 15.289 unit KJA dengan produksi sebesar 25.114 ton. Sementara produksi perikanan tangkap dari kedua waduk tersebut rata-rata 60 ton/tahun. Keberadaan usaha KJA ini sangat menguntungkan bagi masyarakat setempat. Namun dalam perkembangannya, usaha KJA ini mendatangkan masalah ekologis karena telah menimbulkan pencemaran bahan organik yang sangat tinggi (Adiwilaga, 1999).

b. Menampung air irigasi

Salah satu fungsi utama waduk adalah untuk mengairi persawahan, bahkan bendung (waduk kecil) memang sengaja dibangun untuk mengairi lahan persawahan yang terletak jauh dari sungai. Sebagai contoh, Waduk Jatiluhur di Sungai Citarum merupakan penyedia air bagi daerah irigasi seluas 248.000 Ha (BAPPEDA Propinsi Jawa Barat, 2001). Fungsi waduk yang satu ini sangat berpengaruh pada produksi beras nasional. Selain untuk persawahan, air dalam waduk juga dapat digunakan untuk mengairi kolam ikan (lihat Bab 4. Kolam Air Tawar).

c. Penghasil energi

Air waduk dapat dipergunakan sebagai sumber energi pada pembangkit listrik (PLTA). Untuk keperluan ini, air waduk harus tersedia dalam jumlah tertentu agar turbin pada instalasi PLTA dapat tetap digerakkan. Dari segi lingkungan, energi yang dihasilkan oleh air lebih ramah lingkungan daripada energi yang dihasilkan oleh diesel, batu bara, atau bahan bakar fosil lainnya. Salah satu contoh adalah Waduk Mrica di Semarang (waduk terbesar di Jawa Tengah); dengan pemanfaatan air untuk pembangkit listrik yang memproduksi listrik sebesar 580 GWH/tahun, PLTA di waduk ini telah menyelamatkan sekitar 290.000 ton minyak setiap tahunnya (Whitten *et al.*, 1999).

KOTAK 6.1

Listrik Jawa-Bali Pun Terancam

Kerusakan hutan di Jawa Barat (Jabar) yang semakin marak dalam tiga tahun terakhir, mulai berdampak pada naik-turunnya debit air waduk-waduk besar di provinsi ini. Salah satu yang paling jelas terkena dampaknya adalah Waduk Saguling. Seiring dengan meningkatnya perusakan hutan selama tiga tahun terakhir, debit air sesaat dan sedimentasi di kawasan hulu waduk tersebut juga semakin tinggi. Dikhawatirkan, fungsi Waduk Saguling sebagai pemasok air bagi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) terbesar di Indonesia ini akan terganggu. Pada gilirannya, produksi listrik dari PLTA yang menjadi bagian dari pemikul beban puncak sistem kelistrikan Jawa-Bali ini pun akan ikut terganggu.

Waduk Saguling, yang merupakan salah satu dari tiga waduk besar di aliran S. Citarum, merupakan waduk yang dikhususkan bagi kegiatan PLTA. PLTA Saguling memiliki kapasitas terpasang pembangkit listrik terbesar dibandingkan dua waduk lainnya, yaitu sebesar 700 MW (megawatt), sementara PLTA Jatiluhur hanya 150 MW, dan PLTA Cirata I dan II masing-masing hanya 500 MW.

PLTA memiliki beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh PLTU atau pembangkit-pembangkit listrik lainnya, yaitu waktu pengoperasiannya yang relatif singkat, biaya produksinya yang relatif lebih rendah, dan sifatnya yang ramah lingkungan karena tanpa melalui proses pembakaran. PLTA menjadi satu-satunya alternatif pembangkit listrik yang dapat diandalkan jika terjadi sesuatu pada PLTU-PLTU di P. Jawa (misalnya pasokan bahan bakar terhambat). Kini, akibat semakin parahny kerusakan hutan di Jawa Barat, maka persediaan listrik di Jawa dan Bali menjadi terancam. Jika kerusakan hutan tidak mendapat perhatian sejak sekarang, kita tidak hanya akan kehilangan cadangan air, kehilangan pemasok oksigen, terancam musibah tanah longsor dan banjir, tetapi juga harus bersiap-siap kehilangan pasokan listrik.

Sumber: Kompas, 23 November 2001

d. Sarana transportasi, rekreasi, dan olahraga

Waduk merupakan salah satu ekosistem lahan basah yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan transportasi, rekreasi, dan olahraga. Alat transportasi yang biasa digunakan di waduk adalah perahu, sampan, dan rakit. Transportasi ini terutama dijumpai pada waduk besar yang menghubungkan beberapa kecamatan.

Kegiatan wisata yang dikembangkan di waduk biasanya bersifat wisata alam (ekowisata). Dari segi atraksi, faktor keindahan alam di sekitar waduk memberikan daya tarik yang sangat memikat. Kegiatan olahraga air yang dapat dilakukan di waduk seperti memancing, ski air, dan mendayung juga merupakan hal-hal yang dapat menarik para wisatawan.

6.2.3 Manfaat Sosial dan Budaya Waduk

Keberadaan waduk sangat mempengaruhi kondisi sosial budaya masyarakat sekitarnya. Kondisi masyarakat di sekitar waduk berkembang sesuai dengan keberadaan ekosistem waduk tersebut. Salah satu contoh adalah perubahan pola hidup masyarakat yang hidup di sekitar waduk, yang pada awalnya merupakan petani/penggarap sawah menjadi nelayan atau petambak ikan akibat lahan sawah garapannya telah ditenggelamkan menjadi waduk.

6.3 Proses Pembuatan Waduk

Waduk dibangun dengan membendung aliran sungai utama sehingga air terkumpul dan membentuk danau besar. Pembangunan waduk umumnya ditujukan untuk mengendalikan banjir, menyuplai air irigasi, menyediakan sumber air baku bagi masyarakat dan industri, serta sebagai pembangkit listrik (PLTA). Konstruksi suatu waduk disesuaikan dengan tujuan pembangunan dan kondisi daerah setempat. Aspek topografi lahan, geologi, dan hidrologi sangat mempengaruhi konstruksi waduk. Dari segi topografi dan geologi, lokasi pembangunan waduk harus disesuaikan agar waduk nantinya dapat menampung air sungai yang dibendung; dan dari segi

hidrologi, debit air sungai harus mencukupi untuk dapat dibendung dalam suatu waduk. Proses pembangunan suatu waduk perlu melibatkan banyak pihak dari berbagai disiplin ilmu, tidak hanya teknik sipil saja tetapi juga dari bidang sosial ekonomi, lingkungan, hidrologi, dan perikanan. Pembangunan suatu waduk (khususnya bendungan) merupakan suatu proyek besar yang akan sangat merubah kondisi (rona) lingkungan setempat, oleh karena itu suatu kajian kelayakan (ANDAL) harus dilakukan sebelum proyek pembangunan waduk disetujui untuk berjalan.

Apabila hasil studi ANDAL menunjukkan bahwa pembangunan waduk layak dilakukan, barulah proses konstruksi bisa dimulai. Sebelum konstruksi waduk dimulai, dilakukan kegiatan pembersihan lahan, untuk itu masyarakat yang daerahnya akan dibangun waduk perlu direlokasi dan diberi ganti rugi (kompensasi) yang sesuai; setelah itu dimulailah proses konstruksi. Material utama pembuatan waduk bisa berupa beton, tanah, batu, atau karet. Bendung Karet, merupakan suatu teknologi baru dalam bidang bangunan air, bendung jenis ini mulai dikembangkan di Indonesia pada tahun 1991.

KOTAK 6.2

Teknologi Bendung Karet Atasi Kesulitan Air

Bendung Karet merupakan salah satu tipe bendung gerak, berfungsi untuk menaikkan muka air dan melepaskannya pada saat banjir. Bendung model ini dapat berisi udara atau air. Kembang kempisnya bendung karet terjadi secara otomatis jika muka air mencapai elevasi yang ditentukan, penentuan elevasi ini diatur dengan mekanisme tertentu. Sedangkan untuk mengembungkannya kembali dibutuhkan kompresor yang digerakkan oleh tenaga listrik.

Pengembangan bendung ini dimulai sejak tahun 1991. Hasil penelitian menyatakan bahwa Bendung Karet cocok untuk kondisi sungai-sungai di Indonesia, karena biayanya murah dan pembangunannya relatif cepat. Meskipun demikian, Bendung Karet ini memiliki beberapa kekurangan antara lain bahan utamanya (karet) masih harus diimpor, pengoperasiannya membutuhkan tenaga terampil, bendung dan peralatannya mudah dirusak orang, pengalirannya bersifat overflow sehingga menimbulkan scouring, dan umur pakainya lebih pendek; bahan karet yang digunakan pada bendung ini juga mudah bocor tertusuk benda-benda tajam seperti bambu/kayu yang terbawa arus.

Sumber: Buletin Pengairan, Juli 1999

Pembendungan massa air sungai oleh waduk menyebabkan perubahan kecepatan aliran air. Pada pembendungan ini aliran air sungai yang deras berubah menjadi lambat dan tergenang dalam bangunan pelimpah. Dalam proses awal pembendungan, daerah daratan yang bervegetasi akan digenangi air sehingga vegetasi-vegetasi tersebut mati, membusuk, dan terkumpul di dasar perairan. Berbagai material dari sungai dan daratan (*run off*) yang terdiri dari bahan organik dan anorganik juga akan mengendap di dasar perairan. Proses dekomposisi yang terjadi akan meningkatkan kandungan unsur hara sehingga memacu peningkatan kesuburan perairan (*eutrofikasi*). Proses *eutrofikasi* ini mengakibatkan meningkatnya populasi ikan-ikan pemakan plankton secara drastis. Setelah proses pembusukan awal ini selesai, populasi plankton akan menurun, dan kemudian diikuti oleh penurunan populasi ikan-ikan pemakan plankton sehingga terjadi kesetimbangan ekologi yang baru.

6.4 Tipe-tipe Waduk

Menurut Ditjen Pengairan – Departemen Pekerjaan Umum, waduk dapat dibedakan menjadi lima tipe berdasarkan bentuk dasarnya, yaitu (Ensiklopedi PU dan Kantor Menteri Negara Pekerjaan Umum, 1995):

6.4.1 Waduk Urugan Tanah

Waduk ini dibangun dengan cara menimbun tanah, pasir, dan kerikil dalam komposisi tertentu untuk membatasi suatu lembah. Dalam potongan melintang, waduk memiliki bentuk dasar segitiga dengan perbandingan kemiringan lereng di sisi hulu dan hilir sama yaitu 18 derajat. Dinding sebelah hulu berfungsi sebagai penahan gelombang sedangkan dinding sebelah hilir harus cukup kuat menahan erosi air hujan dan air bawah waduk.

Waduk Urugan Tanah memiliki beberapa keuntungan antara lain bahan pembuatnya selalu tersedia di sekitar waduk, pengerjaannya membutuhkan biaya kecil dan waktu yang cepat, dan pembangunannya dapat dilakukan pada semua kondisi geologi dan geografi yang ada.

Berdasarkan penempatan dan susunan bahan pembentuk tubuh, Waduk Urugan Tanah dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu: Waduk Urugan Homogen, Waduk Urugan Zonal, dan Waduk Urugan Bersekat. **Waduk Urugan Homogen** dibangun dari bahan bangunan sejenis dengan gradasi butir yang hampir seragam. Waduk ini berfungsi sebagai bangunan penyangga waduk dan penahan rembesan air. **Waduk Urugan Zonal**, dibangun dengan menyusun timbunan bahan bangunan dengan gradasi yang berbeda-beda dalam urutan pelapisan tertentu, terdiri dari dua bagian yaitu bagian lulus air dan bagian kedap air. Sedangkan **Waduk Urugan Bersekat**, dibangun dengan melapiskan sekat kedap air (lembaran baja tahan karat, aspal beton, atau plastik tebal) pada bagian muka sebelah hulu waduk.

Sebagian besar waduk yang dibangun di Indonesia termasuk jenis Waduk Urugan Tanah. Waduk Riam Kanan di Kalimantan Selatan merupakan salah satu jenis Waduk Urugan Tanah terbesar di Indonesia dengan tinggi 57 meter yang dapat menampung 1.200 juta meter kubik air.

6.4.2 Waduk Urugan Batu

Waduk ini dibangun dari urugan batu-batu besar yang ditumpuk di atas pondasi yang cukup kuat. Waduk Urugan Batu biasa dibangun pada lereng yang kemiringannya sekitar 36 derajat. Pembangunan waduk ini menggunakan dua metode yaitu Metode Urugan Gilas dan Metode Urugan Hidraulik. **Metode Urugan Gilas**, dilakukan dengan mesin tumbuk untuk memadatkan bahan-bahan penyusun waduk. Sedangkan **Metode Urugan Hidraulik**, dilakukan dengan melewati material-material penyusun dalam pipa-pipa berkatup yang didorong dengan kekuatan hidraulik.

Di Indonesia terdapat sekitar 15 Waduk Urugan Batu. Yang terbesar adalah Waduk Cirata di Jawa Barat dengan tinggi 125 meter dan mampu menampung 796 juta meter kubik air. Contoh lain adalah Waduk Wadas Lintang di Jawa Tengah dengan tinggi 125 meter dan panjang 650 meter, yang mampu menampung 443 juta meter kubik air. Pembangunan Waduk Wadas Lintang ini membutuhkan batu sebanyak 8.200.000 meter kubik.

6.4.3 Waduk Gravitasi

Waduk Gravitasi dibangun lurus atau hampir lurus permukaan bagian hulunya. Secara keseluruhan waduk gravitasi dibuat dari batuan besar atau beton yang tahan terhadap tekanan air di waduk penyimpanan. Waduk ini pada dasarnya mengandalkan berat konstruksinya untuk melawan tekanan air dari waduk penyimpanan.

Pembangunan waduk ini harus direncanakan sangat matang agar cukup seimbang dan stabil, agar tidak terguling atau bergeser secara horizontal ketika menerima tekanan air yang sangat besar, dapat menahan kekuatan reaksi pondasi, serta dapat menahan tekanan lumpur dan rembesan air di bawah waduk.

Jenis waduk gravitasi di Indonesia adalah Waduk Sigura-gura yang dibangun pada terjunan air setinggi 200 meter. PLTA pada waduk dengan tinggi 47 meter dan panjang 154 meter ini mampu menghasilkan listrik sebesar 284 MW.

6.4.4 Waduk Busur

Permukaan sebelah hulu Waduk Busur dibangun berbentuk kurva dari tepi ke tepi dengan lengkungan ke arah waduk penyimpanan air. Konstruksi lengkung waduk ini mampu meneruskan tekanan air menuju ke dua ujung tepi waduk dan meneruskannya menuju pondasi. Waduk Busur dibuat dari beton sebagai pilihan terbaik untuk lembah berbentuk U dan V. Bentuk Busur memberikan kekuatan dan kestabilan pada waduk sehingga dengan lebar dan tinggi yang sama dengan Waduk Gravitasi, Waduk Busur ini hanya membutuhkan sedikit material.

Waduk Tangga di Asahan (Sumatera Utara) merupakan salah satu contoh Waduk Busur. Waduk yang dibangun pada terjunan air setinggi 150 meter ini memiliki tinggi 73 meter serta panjang 122 meter dengan tebal bagian bawah 8 meter dan bagian atas 4 meter. PLTA pada Waduk Tangga ini mampu menghasilkan listrik sebesar 320 MW.

6.4.5 Waduk Penopang (*Buttress Dam*)

Waduk Penopang dibangun dengan sangga-an sederetan penopang. Struktur utama waduk ini adalah permukaan sebelah hulu yang kedap air dan deretan rangkaian penopang yang menyangga badan waduk. Rangkaian penopang ini menerima tekanan air dan berat struktur untuk diteruskan menuju pondasi. Bagian hulu waduk ini memiliki kemiringan sebesar 45 derajat. Penopang waduk ini terbentuk dari deretan dinding berbentuk segitiga yang berjajar di sepanjang waduk dengan jarak tertentu sesuai dengan kebutuhan.

Konstruksi Waduk Penopang memberikan beberapa keuntungan, salah satunya adalah berat air di atas permukaan miring yang memperbesar kestabilan waduk dan meningkatkan keamanan. Waduk Penopang juga dapat menerima pergerakan kecil pondasi tanpa mengakibatkan kerusakan serius pada tubuh waduk. Waduk Penopang memiliki kekuatan yang terletak pada kekuatan elemen-elemen pembentuk struktur penopangnya.

Selain pembagian tipe waduk di atas, Hardjamulia dan Suwignyo (1998) membedakan waduk menjadi 3 tipe berdasarkan kondisi perairannya, yaitu: 1) **Waduk Lapangan** dengan luas sampai 20 Ha, kedalaman air 5 meter ; 2) **Waduk Irigasi** dengan luas 20 – 500 Ha, kedalaman 5 – 30 meter ; dan 3) **Waduk Serbaguna** dengan luas lebih dari 500 Ha dan kedalaman 100 meter

6.5 Keanekaragaman Hayati Waduk

Waduk merupakan perairan tergenang sehingga ciri-ciri ekologisnya (termasuk keanekaragaman hayatinya) mirip dengan danau. Pada awal penggenangan, ekosistem waduk didominasi oleh jenis-jenis ikan sungai dan ikan pemakan plankton. Hal ini disebabkan oleh perubahan tipe ekosistem dari ekosistem mengalir menjadi tergenang, dan meningkatnya kesuburan perairan pada awal pembendungan yang memicu pertumbuhan plankton.

6.5.1 Flora

Perairan waduk termasuk perairan tergenang sehingga waduk merupakan perairan yang potensial bagi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan air. Tumbuhan air yang ditemukan di ekosistem waduk dapat bersifat mencuat, mengapung, atau melayang. Tanaman air mencuat yang dapat ditemukan antara lain Kangkung (*Ipomoea aquatica*), Pangeor (*Ludwigia ascendens*), Mendong (*Scirpus grossus*), dan Teki (*Cyperus rotundus*). Tanaman air mengapung yang dapat ditemukan antara lain Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), Kiambang (*Salvinia molesta*), Apu-apu (*Pistia stratiotes*), Mata lele (*Azolla pinnata*), dan *Lemna* sp.. Sedangkan Ganggeng (*Hydrilla verticillata*) dan *Ceratophilum demersum* merupakan jenis tanaman air melayang yang biasa ditemukan di waduk (Tjitrosoedirjo dan Widjaja, 1991).

Tabel 6.1 Jenis-jenis tanaman air yang dominan di beberapa waduk

Nama waduk	Lokasi	Jenis yang dominan
Saguling	Jawa Barat	<i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Salvinia molesta</i>
Wlingi	Jawa Timur	<i>Eichhornia crassipes</i>
Bureng	Jawa Timur	<i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Salvinia molesta</i>
Way Rarem	Lampung	<i>Salvinia molesta</i>
Way Jepara	Lampung	<i>Salvinia molesta</i>

Sumber: Tjitrosoedirjo dan Widjaya (1991)

Tumbuhan air memiliki tingkat pertumbuhan yang sangat cepat. Keberadaannya di waduk sangat mempengaruhi mata rantai ekosistem sebagai salah satu unsur yang mendukung kehidupan ikan, antara lain sebagai tempat berlindung, mencari makan, memijah, dan bahkan juga sebagai makanan bagi jenis-jenis ikan tertentu. Namun jika pertumbuhannya berlebihan (sampai populasinya menutupi permukaan waduk), maka keberadaan tanaman air akan sangat merugikan, karena

dapat mengganggu jalur transportasi air, menurunkan produktifitas perairan, serta meningkatkan evaporasi dan sedimentasi. Di banyak waduk keberadaan tumbuhan air telah sangat merugikan karena telah mengganggu fungsi waduk.

Selain tumbuhan air, jenis flora lain yang terdapat di ekosistem waduk adalah berbagai jenis fitoplankton. Fitoplankton merupakan pelaku utama fotosintesis dalam ekosistem perairan. Sifat perairan waduk yang tergenang menyebabkan waduk menjadi habitat yang baik bagi pertumbuhan dan perkembangan berbagai jenis fitoplankton. Kelimpahan dan keragaman fitoplankton dalam suatu perairan sangat dinamis, artinya mudah berubah-ubah menurut kondisi perairannya. Dinamika struktur komunitas fitoplankton ini sangat dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia perairan, khususnya persediaan nutrien. Dominasi suatu jenis fitoplankton ditentukan oleh perbandingan jenis nutrien yang terlarut dalam air. Chloophyceae, Dinophyceae, Bacillariophyceae, dan Cyanophyceae merupakan kelompok-kelompok fitoplankton yang biasa dijumpai dalam ekosistem waduk (Garno, 1999).

6.5.2 Fauna

Ekosistem waduk dihuni oleh berbagai jenis fauna, baik yang bersifat permanen (seluruh siklus hidupnya dihabiskan dalam ekosistem waduk) maupun yang bersifat sementara (hanya sebagian dari siklus hidupnya berada dalam ekosistem waduk, misalnya untuk beristirahat, mencari makan, dan berkembang biak). Ikan, benthos, zooplankton, serangga, dan burung air merupakan kelompok-kelompok fauna yang hidup dalam (atau terkait dengan keberadaan) ekosistem waduk.

Jenis-jenis ikan yang biasanya dijumpai dalam ekosistem waduk adalah jenis-jenis ikan sungai yang telah beradaptasi dengan lingkungan perairan tergenang, beberapa diantaranya juga merupakan jenis-jenis ikan yang sengaja diintroduksi untuk keperluan budidaya. Jenis ikan yang mendominasi perairan waduk umumnya adalah ikan-ikan dari kelompok Cyprinid (misalnya *Puntius*, *Hampala*, dan *Mystacoleucus*), Siluid (misalnya *Macrones*, dan *Ophiocephalus*), serta Chclid (misalnya *Oreochromis mossambicus*) (Kartamihardja, et.al, 1992).

Untuk meningkatkan produksi ikan di waduk, biasanya dilakukan kegiatan penebaran ikan (*restocking*) baik jenis asli (*indigeneus*) maupun bukan asli (*introduksi*). Jenis ikan yang biasa diintroduksi antara lain: ikan Mas (*Cyprinus carpio*), Mujair (*Oreochromis mossambicus*), Nila (*Oreochromis niloticus*), Sepat siam (*Trichogaster pectoralis*), Sepat rawa (*Trichogaster trichopterus*), Tawes (*Puntius javanicus*), Nilem (*Osteochilus haselti*), Gurame (*Osphronemus gouramy*), Lele (*Clarias batrachus*), dan Tambakan (*Helostoma temmincki*). Jenis-jenis ikan yang diintroduksi di waduk ini sebagian berhasil hidup dan berkembang biak, sedangkan sebagian lagi mengalami kegagalan akibat kondisi lingkungan yang tidak cocok dan tingginya populasi ikan pemangsa.

Selain kegiatan penebaran ikan secara lepas ke dalam waduk, produksi ikan dapat ditingkatkan melalui kegiatan budidaya ikan dalam karamba jaring apung (KJA). Jenis-jenis ikan yang biasa dipelihara di KJA adalah Ikan Mas (*Cyprinus carpio*), Nila (*Oreochromis niloticus*), Jambal (*Pangasius pangasius*), dan Gurami (*Osphronemus gouramy*) (Adiwilaga, 1999).

Benthos, sebagai hewan dasar perairan juga banyak ditemukan di ekosistem waduk. Benthos ini umumnya terdiri dari berbagai jenis cacing, udang, kepiting, dan gastropoda. Benthos biasanya banyak ditemukan di tempat-tempat yang relatif tidak terganggu; sebagian dari mereka berperan sebagai hewan pengurai dan sebagian lagi sebagai karnivora. Beberapa jenis benthos juga dapat menjadi sumber makanan bagi manusia, misalnya Udang Galah (*Macrobrachium pilimanus*) dan Siput Godang (*Pila* spp.) (Whitten *et al.*, 1999).

Sebagai ekosistem perairan tergenang, waduk merupakan habitat yang sangat cocok bagi zooplankton. Zooplankton ini umumnya terdiri dari kelompok-kelompok krustasea berukuran kecil, rotifera, dan protozoa (Whitten *et al.*, 1999). *Arcella discoides*, *Brachionus caudatus*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Chaetonotus formosus*, *Coleps hirtus*, *Diffugia lebes*, *Filinia opoliensis*, *Keratella procurva*, *Lecane depressa*, dan *Notholca acuminata* merupakan beberapa jenis zooplankton yang dijumpai pada Waduk Saguling (Jawa Barat) (International Lake Environment Committee Foundation, 2004).

Pada ekosistem waduk juga dapat ditemukan berbagai jenis serangga, walaupun jumlahnya relatif sedikit. Serangga-serangga ini umumnya memanfaatkan ekosistem waduk sebagai tempat untuk berkembang biak, mencari makan, dan beristirahat. Kumbang hitam (Gyrinidae), Kumbang penyelam (Dysticidae), Kumbang air (*Hydrophilus*), nyamuk, dan capung (Odonata) merupakan beberapa jenis serangga yang dapat dijumpai di ekosistem waduk (Whitten *et al.*, 1999).

Burung air merupakan jenis hewan lain yang dapat dijumpai pada ekosistem waduk. Burung air biasanya singgah di waduk untuk mencari makan, beristirahat, dan berbiak. Waduk merupakan habitat yang sangat penting bagi burung air. Hampir 100 situs lahan basah buatan ditetapkan sebagai situs penting bagi kehidupan burung air berdasarkan konvensi Ramsar, dan sebagian besar dari situs lahan basah buatan tersebut merupakan waduk (World Commision on Dams, 2000).

Tabel 6.2 Beberapa jenis burung air yang dapat dijumpai pada ekosistem waduk

Kelompok	Spesies
<i>Grebes</i>	Titihan telaga (<i>Tachybaptus ruficollis</i>), Titihan australia (<i>T. novaehollandiae</i>), Titihan jambul (<i>Podiceps cristatus</i>)
<i>Pelicans</i>	Undan australia (<i>Pelicanus conspicillatus</i>)
<i>Cormorants</i>	Pecuk-padi hitam (<i>Phalacrocorax sulcirostris</i>), Pecuk-padi belang (<i>P. melanoleucos</i>), Pecuk-padi kecil (<i>P. niger</i>)
<i>Darters</i>	Pecuk-ular asia (<i>Anhinga melanogaster</i>)
<i>Hérons</i>	Cangak abu (<i>Ardea cinerea</i>), Cangak merah (<i>A. purpurea</i>), (Kowak-malam abu (<i>Nycticorax nycticorax</i>), Kokokan laut (<i>Butorides striatus</i>)
<i>Egrets</i>	Kuntul besar (<i>Egretta alba</i>), Kuntul kecil (<i>E. garzetta</i>)
<i>Ibises</i>	Ibis rokoroko (<i>Plegadis falcinellus</i>)
<i>Ducks</i>	Itik gunung (<i>Anas superciliosa</i>)
<i>Sandpipers</i>	Trinil rawa (<i>Tringa stagnatilis</i>), Trinil hijau (<i>T. ochropus</i>), Trinil semak (<i>T. glareola</i>), Trinil bedaran (<i>Xenus cinereus</i>), Trinil pantai (<i>Actitis hypoleucos</i>)
<i>Gulls</i>	Camar kepala coklat (<i>Larus brunnicephalus</i>)
<i>Terns</i>	Dara-laut kumis (<i>Chlidonias hybridus</i>), Dara-laut sayap-putih (<i>C. leucoptera</i>), Dara-laut biasa (<i>Sterna hirundo</i>)

Sumber: Sonobe and Usui, 1993

6.6 Penyebaran Waduk di Indonesia

Menurut Ketua Komite Nasional Indonesia untuk Bendungan Besar (KNIBB) jumlah bendungan di Indonesia saat ini adalah sebanyak 240 buah (Kompas, 15 Oktober 2002) (daftar beberapa bendungan dapat dilihat pada Lampiran 5). Waduk-waduk ini sebagian besar (sekitar 50 %) terdapat di P. Jawa. Hal ini antara lain disebabkan oleh luasnya areal pertanian di P. Jawa yang perlu didukung oleh sistem irigasi yang memadai dan sistem pembangunan Indonesia yang pada saat itu masih bersifat sentralistik. Saat ini pembangunan waduk sudah mulai banyak dilakukan di Wilayah Timur Indonesia; hal ini dilakukan sebagai salah satu upaya ekstensifikasi pertanian dan penyediaan air bersih bagi masyarakat.

6.7 Perkembangan Waduk di Indonesia

Sebelum tahun 1942 pembangunan waduk di Indonesia hanya ditujukan sebagai penampung air bagi kegiatan pertanian (*Single-purposed Dam*). Setelah tahun 1950 barulah dibangun waduk-waduk berukuran besar yang ditujukan bagi berbagai keperluan (*Multi-purposed Dam*). Sekarang ini pembangunan waduk terutama bertujuan untuk meningkatkan produksi pangan (terutama beras) melalui irigasi dan untuk merangsang pertumbuhan ekonomi melalui tenaga listrik (PLTA) yang dihasilkannya. Walaupun sebenarnya pembangunan waduk ditujukan bagi kesejahteraan masyarakat, namun ternyata banyak aspek negatif yang timbul berkaitan dengan pembangunan waduk besar, baik dampak sosial maupun lingkungan (*Indonesian National Committee on Large Dams*, 1986; Whitten *et al.*, 1999).

Pada awal pembangunannya, waduk telah menimbulkan dampak sosial yang sangat besar terhadap masyarakat yang tanahnya tergesur. Selain kehilangan rumah, mereka juga kehilangan mata pencaharian karena tanah garapan tempat mereka bertani terendam. Walaupun pemerintah telah menyediakan dana kompensasi dan melakukan kegiatan relokasi (transmigrasi) bagi masyarakat yang tergesur, sering kali hal ini tidak dapat diterima oleh masyarakat karena dana kompensasi dinilai tidak sesuai atau mereka enggan dipindahkan ke daerah lain (terutama jika daerah transmigrasi yang disediakan terletak di luar pulau).

KOTAK 6.3

Waduk Sumber Sengketa: Masalah Baru di Kedungombo, Rakyat versus Rakyat

Beginilah jadinya kalau suatu proyek dibangun dengan paksaan. Masyarakat Kedungombo, Jawa Tengah, yang bergabung dalam Forum Perjuangan Rakyat Kedungombo (FPRK), mengancam akan mengeringkan waduk yang menampung air sebanyak 635 juta meter kubik itu pada Oktober ini bila tuntutan mereka tidak dikabulkan. Para korban proyek ini menuntut ganti rugi yang layak, yakni Rp 50.000 per meter untuk tanah mereka yang tergenang waduk. Selain itu, mereka juga menuntut kerugian nonmaterial, karena selama ini mereka menjadi korban intimidasi pemerintah. Hidup mereka dibiarkan terlunta-lunta, bahkan banyak di antaranya dicap sebagai ekstapol (eks tahanan politik) PKI.

Proyek Kedungombo yang dimulai pada tahun 1976, pembangunannya rampung tahun 1989. Proyek ini dilakukan pada areal 15.000 Ha dan menyedot biaya sebanyak Rp 83,6 triliun. Proses pembangunan inilah yang mendatangkan masalah, salah satunya soal ganti rugi pembebasan tanah. Pemerintah pusat menetapkan harga Rp 3.000/meter, tapi aparat pemda memenggalnya hingga tinggal Rp 700/meter. Sekitar 15.000 keluarga (67.000 jiwa) pun dipaksa bedol desa alias transmigrasi ramai-ramai, namun banyak yang nekad bertahan, dan menempati wilayah sabuk hijau di sekitar genangan; mereka menolak ganti rugi yang merugikan itu.

Ancaman FPRK ini mendapat reaksi balik dari para petani pengguna air Kedungombo yang tersebar di daerah Grobogan, Pati, Demak, Kudus, dan sekitarnya. Teriakan para petani pemakai air waduk ini pun beralasan. Kedungombo, yang mengalir sawah seluas 70.000 hektare di Boyolali, Sragen, dan Grobogan, ini menjadi gantungan hidup bagi 200.000 keluarga atau sekitar 800.000 nyawa. Belum lagi para buruh tani yang selama masa krisis ini jumlahnya membengkak. Kalau waduk dikeringkan, mata pencarian mereka pun musnah. Akankah FPRK nekad mengeringkan waduk itu? Belum tahu. Kalau FPRK tetap melaksanakan ancamannya, mereka tentu akan bertempur melawan sesama rakyat (petani) yang hidup dari waduk itu.

Sumber: Kontan On-Line, 9 Oktober 2000

Dampak pembangunan waduk terhadap lingkungan hidup juga sangatlah besar dan kompleks. Dampak pembangunan waduk dapat diklasifikasikan menjadi 3 tingkatan: (1) perubahan kondisi fisika, kimia, dan geomorfologi lingkungan sebagai konsekuensi pembendungan sungai serta perubahan distribusi dan kecepatan aliran sungai; (2) perubahan produktivitas primer, termasuk ekosistem sungai dan tanaman tepian sungai, serta ekosistem-ekosistem di sebelah hilir waduk (seperti dataran banjir); dan (3) perubahan terhadap fauna (misalnya ikan), sebagai dampak turunan dari dampak tingkat (1) dan dampak tingkat (2), (World Commission on Dams, 2000). Contoh nyata dari dampak negatif pembangunan waduk terhadap lingkungan adalah lenyapnya jenis-jenis ikan asli di Sungai Citarum setelah pembangunan waduk Jatiluhur; dari 20 jenis yang semula ada menjadi tinggal 8 jenis (Whitten *et al.*, 1999).

Walaupun waduk utamanya ditujukan bagi kegiatan irigasi, PLTA, dan sumber air baku; waduk juga dapat dimanfaatkan bagi kegiatan perikanan, pariwisata, dan pengendalian banjir. Dengan demikian, sebetulnya pembangunan waduk bertujuan untuk meningkatkan daya guna sumber daya air. Agar keberadaan waduk tetap mendatangkan kesejahteraan bagi masyarakat, pengelolaannya harus dilaksanakan secara terpadu (multisektor), menyeluruh (meliputi kualitas-kuantitas air, hulu-hilir, dan *instream-offstream*), berkelanjutan (antar generasi), serta berwawasan lingkungan.

Berbagai upaya dilakukan masyarakat untuk mengoptimalkan keberadaan waduk bagi kehidupannya, salah satunya melalui kegiatan budidaya ikan dalam KJA. Apabila kegiatan budidaya menjadi kegiatan tambahan dalam waduk-waduk besar (waduk serbaguna), maka pelaksanaannya harus dikoordinasikan dengan berbagai instansi yang terkait dengan pengelolaan waduk dan harus tetap mengacu pada rencana umum tata ruang waduk agar tidak terjadi tumpang tindih pemanfaatan. Untuk itu diperlukan penetapan zonasi agar berbagai kegiatan pemanfaatan dapat berjalan dengan baik tanpa menurunkan fungsi waduk.

KOTAK 6.4

Limbah di Waduk Cirata Lebih Ambang Batas

Budidaya ikan dalam karamba jaring apung (KJA) di waduk Cirata dengan kepadatan yang tinggi, mengakibatkan waduk itu harus menanggung beban limbah cukup besar. Setiap bulannya, pakan ikan yang ditebar dalam jaring menghasilkan limbah yang mengandung nitrogen (N) sebesar 105,412 ton, fosfor (P) sebesar 39,941 ton, dan belerang (S) sebesar 8,235 ton.

Masuknya beban tersebut telah terjadi selama bertahun-tahun dan mengakibatkan limbah pada air waduk melebihi ambang batas, hal ini antara lain dapat dilihat dari derajat keasaman air (pH) yang diperkirakan mencapai 2-3 (pH normal adalah 7). Kondisi ini jika tidak dikendalikan secepat mungkin, akan menyebabkan kematian ikan secara besar-besaran dan menurunkan produksi ikan. Di sisi lain tingkat keasaman air yang tinggi ini juga mampu mengurangi usia turbin, serta mempercepat kerusakan tembok dan pembangkit listrik dari logam akibat korosivitas air ber-pH rendah.

Sumber: Kompas, 14 April 2000



Gambar 6.1 Kegiatan perikanan dalam KJA di Waduk Cirata
(Foto: KLH)

Kegiatan budidaya ikan di waduk pada awalnya tidak mengganggu fungsi waduk karena masih dilakukan dalam skala yang tidak terlalu besar (masih dalam daya dukung waduk). Namun jumlah KJA yang kemudian bertambah pesat telah menimbulkan masalah lingkungan. Pengoperasian

KJA telah mengakibatkan pencemaran bahan organik dalam perairan waduk melalui sisa makanan (pelet) dan kotoran yang dikeluarkan ikan. Hal ini akhirnya menimbulkan ancaman bagi kelangsungan kegiatan budidaya itu sendiri, meningkatkan proses sedimentasi waduk (yang berakibat pada pengurangan daya tampung waduk), serta mempercepat kerusakan tembok dan material logam pada instalasi pembangkit listrik. Kematian ikan secara massal akibat pencemaran bahan organik dari KJA ini antara lain terjadi di Waduk Saguling, Cirata, dan Jatiluhur. Untuk itu kegiatan budidaya ikan di waduk (dan juga di perairan umum lainnya) harus memperhatikan prinsip-prinsip pelestarian agar tidak menimbulkan pencemaran dan gangguan terhadap lingkungan, antara lain dengan mengatur tingkat kepadatan dan umur keberadaan KJA yang beroperasi dan mengoptimalkan penggunaan pakan.

KOTAK 6.5

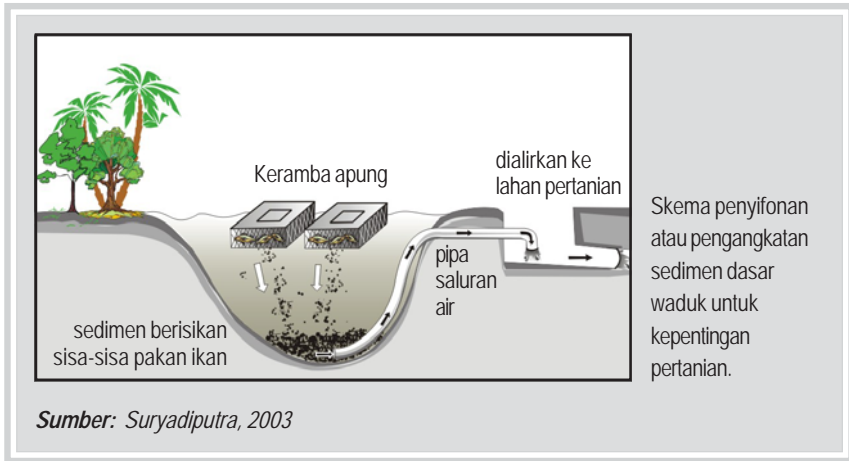
Restorasi Waduk-Waduk di Citarum

Sungguh ironis, keberadaan ketiga waduk di Sungai Citarum (Saguling, Cirata, dan Jatiluhur), yang pada awalnya berfungsi sebagai PLTA, pasokan air baku PDAM, irigasi pertanian, pengendali banjir, pariwisata dan perikanan, kemudian berubah menjadi bak raksasa penampung limbah kegiatan perikanan jaring apung yang terdapat di dalam waduk, dan industri (terutama tekstil) yang berasal dari kota Bandung dan sekitarnya.

Hingga saat ini, belum ada penegakan hukum secara pasti terhadap kegiatan-kegiatan yang menimbulkan pencemaran di Sungai Citarum (termasuk ketiga waduk di dalamnya). Di Philipina, semua industri yang membuang air limbah ke suatu badan air penerima (misalnya ke Laguna de Bay) dikenakan denda/biaya lingkungan atau environmental fee yang besarnya ditetapkan berdasarkan jumlah air limbah dan beban bahan pencemar yang dibuang. Hal demikian mungkin perlu ditiru untuk dapat diterapkan di Sungai Citarum guna menyelamatkan kualitas air ketiga waduk di dalamnya.

Selain penerapan environmental fee, kegiatan restorasi waduk berupa pengangkatan (removal) sedimen dasar atau sejumlah massa air di lapisan bawah waduk (hypolimnetic waters) yang banyak mengandung hara (fosfat dan nitrogen) juga dapat dilakukan. Sedimen atau air di dasar waduk yang kaya hara ini selanjutnya dapat digunakan untuk mengairi (meningkatkan kesuburan) lahan-lahan pertanian di sekitarnya (tapi sebelumnya perlu diwaspadai akan adanya timbunan logam berat di dalamnya). Kegiatan semacam ini juga telah banyak diterapkan di negara-negara Eropa Tengah (seperti Austria), dimana air-air di dekat dasar danau digunakan untuk mengairi ladang pertanian (dengan sistem siphon).

Sumber: Suryadiputra dalam WKLB Vol 11 no. 2, April 2003



Suatu saat mungkin perlu diadakan “moratorium” penghentian bagi kegiatan KJA di waduk-waduk yang telah “mati” untuk memungkinkan badan perairan ini melakukan “pulihan diri” (self purification).

Sumberdaya ikan yang hidup bebas di waduk juga harus dipertahankan stoknya dengan melakukan upaya rehabilitasi sumberdaya ikan dan habitatnya. Rehabilitasi sumberdaya ikan dapat dilakukan dengan penebaran ikan (*restocking*) di perairan waduk. Berbagai kegiatan *restocking* telah dilakukan di beberapa waduk besar seperti di Waduk Gajah Mungkur (Jawa Tengah), Waduk Lahor (Jawa Timur), Waduk Darma (Jawa Barat), dan Waduk Batu Jai (Nusa Tenggara Barat). Sedangkan upaya rehabilitasi habitat dilakukan melalui pengendalian gulma air serta pengendalian pencemaran dan pencegahan erosi melalui pendekatan pengelolaan Daerah Aliran Sungai.

Kegiatan lain yang juga dapat dikembangkan di perairan waduk adalah pariwisata air. Potensi yang dimiliki waduk tidak hanya sumber daya air tetapi juga keindahan alamnya; hal inilah yang dapat diandalkan untuk kegiatan pariwisata. Kegiatan wisata yang dapat dikembangkan di waduk antara lain adalah olahraga air dan ekowisata. Kegiatan olahraga yang dapat dilakukan di waduk antara lain memancing, berperahu, dan ski air; sedangkan kegiatan ekowisata misalnya dengan menampilkan keindahan alam sekitarnya (*sightseeing*). Kegiatan wisata di waduk harus selalu mempertimbangkan kondisi kelestarian lingkungan karena estetika lingkungan merupakan “jantung” dari kegiatan wisata (terutama ekowisata); oleh karena itu kegiatan pariwisata di waduk tidak hanya menghasilkan pendapatan bagi pengelola dan meningkatkan ekonomi masyarakat setempat saja, tetapi juga dapat turut membantu upaya konservasi lingkungan.



BAB 7

SITU DAN EMBUNG

Perairan situ dan embung merupakan salah satu ekosistem perairan tergenang yang umumnya berair tawar dan berukuran relatif kecil. Istilah “situ” biasanya digunakan masyarakat Jawa Barat untuk sebutan “danau kecil”. Di beberapa daerah, situ terkadang disebut juga “embung”. Ukuran situ/embung yang relatif kecil menyebabkan keberadaannya sangat terancam oleh tingginya laju sedimentasi. Aktifitas masyarakat di Daerah Aliran Sungai (DAS) dan wilayah tangkapan air situ/embung sangat berpengaruh pada proses pendangkalan situ/embung.

Perairan situ dan embung antara lain berfungsi untuk menampung air, menjaga keseimbangan alam, dan menopang kehidupan masyarakat. Demikian pentingnya perairan situ dan embung bagi kehidupan sehingga dibutuhkan suatu pengelolaan yang bersifat terpadu dalam menjaga dan melestarikannya.

7.1 Definisi Situ dan Embung

Situ adalah wadah genangan air di atas permukaan tanah yang terbentuk secara alami maupun buatan, sumber airnya berasal dari mata air, air hujan, dan/atau limpasan air permukaan. Sedangkan **embung** secara definitif merupakan kolam berbentuk persegi empat (atau hampir persegi empat) yang menampung air hujan dan air limpasan di lahan sawah tadah hujan yang berdrainase baik. Pada PP No. 77 Tahun 2001 tentang Irigasi, embung disebut juga waduk lapangan dan didefinisikan sebagai tempat/wadah penampung air irigasi pada waktu terjadi surplus air di sungai atau pada saat hujan.

Situ alami dan buatan memiliki perbedaan utama yang terletak pada proses pembentukannya. Situ alami adalah situ yang terbentuk karena proses alam sedangkan situ buatan adalah situ yang terbentuk karena aktivitas manusia (baik disengaja ataupun tidak). Sementara embung pada dasarnya merupakan perairan tergenang yang sengaja dibangun untuk menampung air hujan dan air limpasan, dan terutama dibangun pada daerah yang kekurangan air atau berpotensi besar mengalami kekeringan. Dalam perkembangannya, seringkali masyarakat sudah tidak dapat membedakan antara situ alami, situ buatan, dan embung; karena setelah kurun waktu beberapa tahun kondisi ekologis ketiga macam ekosistem tergenang itu terlihat sama.

7.2 Fungsi dan Manfaat Situ/Embung

Ekosistem situ dan embung memiliki berbagai fungsi dan manfaat bagi berbagai makhluk hidup. Fungsi dan manfaat tersebut antara lain:

7.2.1 Fungsi Ekologis Situ/Embung

a. Habitat bagi berbagai jenis tumbuhan dan hewan

Ekosistem situ dan embung merupakan tempat hidup, mencari makan, dan berkembang biak berbagai jenis tumbuhan dan hewan.

Bahkan beberapa jenis diantaranya merupakan jenis hewan dan tumbuhan yang endemik dan dilindungi. Salah satu contoh adalah Situ Gunung Putri di Bogor, Jawa Barat, yang ditumbuhi sejenis rumput alang-alang yang merupakan habitat hidup sejenis angsa liar berwarna hitam (Database Situ-Situ Jabotabek, WI-IP).

b. Pengatur fungsi hidrologis

Keberadaan situ dan embung sangat erat kaitannya dengan air dan siklus hidrologis di bumi. Secara alami situ dan embung merupakan cekungan yang dapat menampung air tanah dan limpasan air permukaan. Dengan demikian keberadaan situ dan embung dapat mencegah terjadinya bencana banjir pada musim penghujan dan mencegah terjadinya kekeringan pada musim kemarau. Situ dan embung juga dapat mencegah meluasnya intrusi air laut ke daratan karena situ dan embung merupakan pemasok air tanah. Selain pemasok air tanah, situ/embung juga merupakan pemasok air bagi kantong-kantong air lain seperti sungai, rawa, dan sawah. Dengan demikian pembangunan embung dapat menjadi sumber air bagi sumur-sumur pantek atau bor di sekitarnya. Embung yang sudah kering juga dapat dijadikan sumur bor yang menghasilkan air.

c. Menjaga sistem dan proses-proses alami

Keberadaan ekosistem situ dan embung dapat menjaga kelangsungan sistem dan proses-proses ekologi, geomorfologi dan geologi yang terjadi di alam. Sebagai contoh, dataran banjir di sekitar situ banyak dijadikan lahan pertanian karena tanahnya subur; kesuburan ini disebabkan adanya proses penambahan unsur hara dari hasil sedimentasi. Situ dan embung juga secara tidak langsung berperan sebagai penghasil oksigen melalui proses fotosintesa oleh berbagai jenis fitoplankton yang hidup di dalamnya.

7.2.2 Manfaat Ekonomis Situ/Embung

a. Penghasil berbagai jenis sumber daya alam bernilai ekonomis

Ekosistem situ kaya akan berbagai jenis sumber daya alam (hewan ataupun tumbuhan) bernilai ekonomis, baik yang bersifat liar maupun yang dibudidayakan; selain itu situ/embung juga dapat berperan sebagai sumber plasma nutfah. Ikan, udang, dan katak merupakan beberapa jenis hewan bernilai ekonomis yang dapat ditemukan di situ/embung. Berbagai jenis tumbuhan air yang hidup di situ/embung ada yang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman hias dan ada juga yang dapat dijadikan bahan makanan bagi manusia dan ternak. Selain itu tumbuhan kayu yang hidup di sekitar ekosistem situ/embung juga dapat dijadikan bahan bangunan ataupun arang.

KOTAK 7.1

Kalau Untung Dapat Lima Kilo

Situ Cikaret di Cibinong tidak hanya dapat dilihat keindahannya, tetapi juga dapat memberikan penghasilan tambahan bagi masyarakat sekitar. Situ Cikaret kaya akan berbagai jenis komoditas perikanan seperti ikan mas, gabus, dan udang yang ditangkap masyarakat untuk menambah penghasilannya. Kekayaan ikan ini diperkirakan akibat kegiatan penaburan benih ikan yang dilakukan oleh mantan Bupati Bogor.

Setiap hari masyarakat datang ke Situ Cikaret untuk mencari rezeki dengan menangkap ikan. Jika sedang untung, ikan tawar yang ditangkap bisa mencapai ukuran 5 kg. Masyarakat juga biasa menangkap udang liar yang hidup di Situ. Udang biasa ditangkap dengan jebakan yang terbuat dari botol bekas air mineral yang diisi umpan. Dalam setengah hari satu orang pemancing dapat memanen udang hingga 3 kg yang bernilai sekitar 40 ribu rupiah.

Sumber: Harian Radar Bogor, 17 September 2000

b. Penghasil energi

Situ yang memiliki volume air cukup besar juga dapat dimanfaatkan sebagai PLTA. Salah satu contoh situ yang digunakan untuk pembangkit listrik adalah Situ Kolam Tando Kracak di Kecamatan Leuwiliang Bogor, yang dikelola dengan PLN (Bapedalda Kabupaten DT II Bogor, 1999).

c. Sarana wisata dan olah raga

Situ dengan pemandangan alam yang indah menjadi salah satu potensi bagi kegiatan wisata. Selain itu perairan situ atau embung yang relatif luas juga dapat dijadikan areal kegiatan olahraga air seperti memancing, mendayung, dan ski air. Contoh situ yang telah dikembangkan menjadi sarana rekreasi dan olahraga air antara lain adalah Situ Gunung Putri dan Situ Cigudeg di Bogor, Jawa Barat.

d. Sumber air

Embung dan situ yang merupakan penampung air hujan dan limpasan air permukaan dapat dijadikan sumber air bagi masyarakat setempat baik untuk kebutuhan air minum, pengairan sawah (irigasi), maupun peternakan. Keberadaan embung dalam jangka panjang diharapkan dapat menaikkan muka air tanah sehingga pada daerah di sekitarnya dapat dibuat sumur.

7.2.3 Manfaat Sosial Budaya Situ/Embung

Keberadaan situ dan embung dapat sangat mempengaruhi kondisi sosial budaya masyarakat sekitar. Sebagai contoh, kondisi dan sumber daya hayati situ yang dapat dimanfaatkan, baik melalui kegiatan penangkapan maupun kegiatan budidaya, secara langsung akan mempengaruhi mata pencaharian masyarakat setempat. Selain mata pencaharian, kondisi budaya masyarakat sekitar juga dapat sangat dipengaruhi oleh keberadaan situ, salah satu contohnya adalah Situ Babakan di Jakarta Selatan yang dijadikan kawasan cagar budaya karena memiliki nilai sejarah daerah Betawi yang unik (Kompas, 2 Juni 2001).

7.3 Proses Pembuatan Situ dan Embung

Situ/danau alami terbentuk karena proses alam baik akibat bencana alam (tektonik, vulkanik, atau longsor) maupun proses alam yang bertahap (sedimentasi dan erosi) (Hutchinson, 1975). Danau tektonik terbentuk akibat peristiwa geologi, contohnya Danau Poso dan Matano. Danau vulkanik dan kaldera merupakan danau yang terbentuk akibat letusan gunung api seperti Danau Bratan dan Maninjau. Danau banjir terbentuk akibat proses sedimentasi, erosi dan banjir, contohnya Danau Semayang dan Melintang di Kalimantan Timur. Sedangkan danau pelarutan/erosi terbentuk di pulau gamping seperti danau-danau di Pulau Saparua dan Kei.

Situ buatan yang sengaja dibuat manusia umumnya ditujukan sebagai pengendali banjir dan sumber air. Situ dibangun pada sebuah lembah atau lokasi perpotongan antara permukaan bumi dengan paras air tanah yang terbentuk di musim hujan (atau lokasi tempat air merembes keluar dari dalam tanah setelah musim hujan). Situ buatan juga dapat terbentuk secara tidak sengaja, misalnya berupa situ/danau amblesan dan situ/danau bekas galian tambang (kolong).

Danau amblesan dapat terjadi akibat runtuhnya tambang bawah tanah atau karena amblesnya tanah akibat pemompaan air tanah secara berlebihan. Danau amblesan ini antara lain banyak terbentuk di lahan-lahan gambut yang dikonversi menjadi area pertanian (seperti di area *Ex Mega Rice Project*, Kalimantan Tengah). Pembangunan kanal-kanal untuk keperluan irigasi di lahan gambut telah menyebabkan turunnya paras air tanah sehingga terjadi amblesan (*land subsidence*); amblesan ini membentuk cekungan pada permukaan tanah yang kemudian dapat menampung air sehingga akhirnya membentuk danau. Air pada danau amblesan di area *Ex Mega Rice Project* ini umumnya berasal dari luapan sungai. Danau-danau amblesan tersebut memiliki ukuran yang bervariasi dan luasnya bisa mencapai 10 Ha (Waspodo, *kom. pri.*).

Danau bekas galian tambang (kolong) terbentuk dari bekas kegiatan penambangan yang tidak direhabilitasi (tidak diurug kembali). Danau jenis ini antara lain banyak ditemukan di daerah Serpong-Tangerang akibat

penambangan pasir dan di daerah Bangka-Belitung akibat penambangan timah. (Pembahasan mengenai danau bekas galian tambang/kolong dapat dibaca lebih rinci pada Bab 8).

Situ yang terdapat di wilayah Jabotabek (Jakarta, Bogor, Tangerang, dan Bekasi) umumnya merupakan situ buatan yang dibangun untuk *reservoir* (penampung air) dan irigasi. Salah satu contohnya adalah Situ Cipondoh yang dibangun pada zaman pemerintahan Belanda. Situ ini pada awalnya merupakan kawasan hutan yang telah ditebang dan diubah menjadi tempat berkumpulnya air dari segala penjuru. Situ Cipondoh merupakan waduk lapangan yang menampung air hujan dan limpasan air permukaan untuk suplai air irigasi, sehingga sebetulnya Situ Cipondoh ini dapat digolongkan sebagai embung (Gultom, 1995).

Embung umumnya dibangun dengan teknologi yang sangat sederhana namun keberadaannya memberikan manfaat yang besar bagi masyarakat, terutama di daerah kering. Ukuran embung yang dibangun bervariasi tergantung pada luas lahan yang akan diairi, kelebihan curah hujan yang dapat ditampung, dan bentuk topografi lahan. Pembangunan embung harus memperhatikan kondisi tanah; tanah yang baik adalah tanah yang bersifat kedap air agar dapat menampung air. Jika tanah bersifat lulus air maka tanah tersebut harus dicampur dengan jenis tanah lain yang bersifat kedap air (lempung/liat) atau dapat juga dilapisi bahan sejenis plastik. Selain itu pembangunan embung sebaiknya dilakukan pada lahan dengan kemiringan kurang dari 40%, atau lebih baik pada lereng dengan kemiringan sekitar 8-30%.

Ukuran embung yang dibangun umumnya relatif kecil dengan kedalaman (dianjurkan) tidak lebih dari tiga meter. Hal ini bertujuan untuk memudahkan pengambilan air, pemeliharaan, dan perbaikan. Air yang akan ditampung dalam embung sebagian besar berasal dari limpasan air permukaan (*run off*); sehingga untuk menjaga agar embung tidak cepat tertimbun endapan lumpur atau kotoran lainnya, limpasan air permukaan tersebut dialirkan melalui jalan air (*water ways*) ke bangunan pemasukan yang juga berfungsi sebagai penahan endapan.

7.4 Keanekaragaman Hayati Situ Dan Embung

Ekosistem situ/embung pada dasarnya menyerupai ekosistem danau, sehingga keanekaragaman hayati keduanya hampir sama.

7.4.1 Flora

Berdasarkan laporan penelitian yang dilakukan di beberapa situ di wilayah Jabotabek, jenis tumbuhan air yang biasa ditemukan pada ekosistem situ antara lain adalah: Eceng gondok (*Eichornia crassipes*), Kiambang (*Salvinia molesta*), Teratai (*Nymphaea* sp.), Ganggang (*Hydrilla verticillata*), Kayu api (*Pistia stratiotes*), dan Kangkung (*Ipomoea aquatica*) (Database Situ-Situ Jabotabek, WI-IP). Secara ekologis beberapa jenis tumbuhan air berfungsi sebagai tempat memijah dan daerah asuhan bagi beberapa jenis ikan. Namun dalam jumlah yang berlebihan, keberadaan tumbuhan air bisa berubah menjadi gulma. Pertumbuhan gulma air yang pesat memacu terjadinya pendangkalan danau, meningkatkan laju evaporasi, dan mengganggu kegiatan transportasi air.

Selain tumbuhan air, flora akuatik lain yang hidup di ekosistem situ/embung adalah berbagai jenis fitoplankton. Keberadaan fitoplankton sangatlah penting karena fitoplankton merupakan penghasil produktivitas primer utama dalam ekosistem perairan. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Pusat Riset Perikanan Budidaya dan Pusat Riset Perikanan Perikanan Tangkap jenis-jenis fitoplankton yang ditemukan pada beberapa situ di Jawa Barat antara lain adalah: *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Volvox*, *Pediastrum*, *Actinastrum*, *Drapalnadia*, *Peuriosigma*, *Eudorina*, *Oscillatoria*, dan *Closterium* (Suwidah *et al.*, 2002).

Jenis tumbuhan yang tumbuh di sekitar situ/embung antara lain adalah alang-alang dan jenis-jenis pohon berkayu (seperti pohon Meranti, Ramin, dan Kirai). Tumbuhan jenis ini berfungsi sebagai peneduh dan pelindung dari matahari. Beberapa jenis tumbuhan kayu ini dimanfaatkan manusia untuk memenuhi kebutuhan kayu bakar dan bahan bangunan.

7.4.2 Fauna

Jenis fauna yang biasa ditemukan di ekosistem situ/embung antara lain ikan, burung air, reptilia, mamalia, amfibi, moluska, dan berbagai jenis zooplankton. Beberapa jenis ikan, amfibi, dan moluska yang hidup di situ/embung merupakan hewan-hewan bernilai ekonomis.

Jenis ikan yang biasa ditemukan di ekosistem situ/embung antara lain ikan Mas (*Cyprinus carpio*), Tawes (*Puntius javanicus*), Nila (*Oreochromis niloticus*), Lele (*Clarias batrachus*), Gabus (*Ophiocephalus striatus*), Sepat siam (*Trichogaster pectoralis*), Tawes (*Puntius binotatus*), Seribu (*Lebistes spp.*), Betok (*Anabas testudineus*), Sapu-sapu (*Hyposarcus pardalis*), Tambakan (*Helostoma temminckii*), dan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) (Database Situ-Situ Jabotabek, WI-IP). Tingginya populasi dan keanekaragaman jenis ikan dalam ekosistem situ/embung disebabkan oleh introduksi jenis-jenis ikan oleh masyarakat untuk keperluan perikanan tangkap atau budidaya.

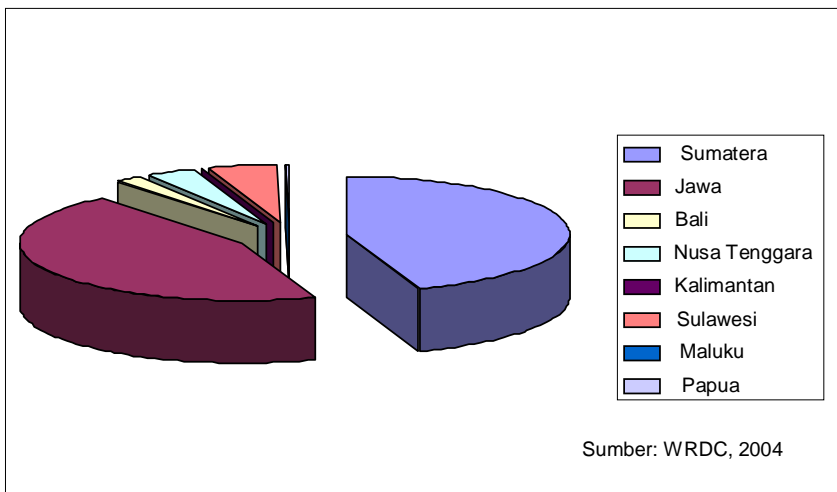
Berbagai jenis burung air juga dapat ditemukan pada ekosistem situ/embung. Burung air biasa datang untuk mencari makan, beristirahat, dan berbiak. Di Situ Cipondoh, beberapa jenis burung yang dapat ditemukan antara lain adalah: Kokoan (*Ixobrychus cinnamomeus*), Tikusan kaki kuning (*Porzana pussila*), Blekok sawah (*Ardeola speciosa*), Cangak merah (*Ardea purpurea*), Mandar batu (*Gallinula chloropus*), Mandar besar (*Porphyrio porphyrio*), dan Pecuk ular (*Anhinga melanogaster*) (Gultom, 1995).

Reptilia yang ditemukan pada ekosistem situ/embung antara lain ular air dan kura-kura. Ular air merupakan predator ikan serta dapat membahayakan manusia. Jenis amfibi yang biasa ditemukan adalah katak. Mamalia yang terkadang dijumpai di situ adalah musang air yang juga merupakan predator ikan. Jenis-jenis moluska yang dapat dijumpai adalah *Pleucera*, *Bellamyia*, *Melanoides*, dan *Lymnaea*. Sedangkan jenis-jenis zooplankton yang dapat ditemukan di ekosistem situ/embung adalah *Cyclops*, *Moina*, *Keratella*, *Rattulustratus*, dan larva udang (Database Situ-Situ Jabotabek, WI-IP; Suwidah *et al.*, 2002).

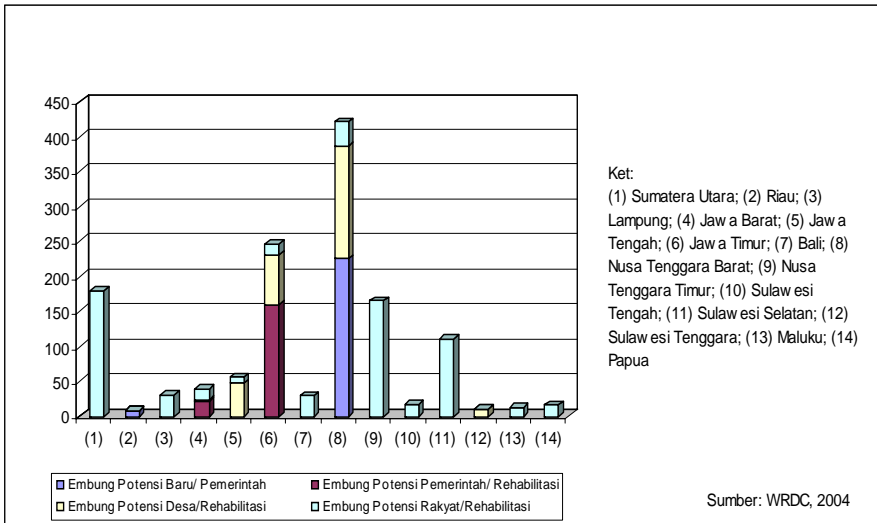
7.5 Penyebaran Situ dan Embung di Indonesia

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah – Direktorat Jenderal Sumber Daya Air – Water Resources Data Center/WRDC (2004b), jumlah situ yang terdata di Indonesia adalah 736 buah sedangkan jumlah embung potensi adalah 1.341 buah (Lampiran 7 dan 8). Sebagian besar situ terdapat di Pulau Sumatera dan Pulau Jawa; sedangkan embung sebagian besar terdapat di Propinsi Nusa Tenggara Barat (Gambar 7.1 dan 7.2).

Daya tampung (kapasitas) total dari seluruh embung yang terdata di Indonesia adalah 248.917.314 m³. Kapasitas terbesar terdapat di Jawa Timur, walaupun sebenarnya jumlah total embung yang terdapat di sana hanya 246 buah (jauh lebih sedikit daripada di NTB); hal ini disebabkan karena ukuran embung yang dibangun di Jawa Timur lebih besar. Di Jawa Timur sebagian besar embung merupakan Embung Potensi Pemerintah/Rehabilitasi, sedangkan di NTB hanya merupakan Embung Potensi Baru/Pemerintah, Embung Potensi Desa/Rehabilitasi, dan Embung Potensi Rakyat/Rehabilitasi. Data mengenai luas daerah tangkapan air, luas badan air, dan volume tampung dari situ-situ di Indonesia sekarang ini belum ada, data yang ada di WRDC merupakan data gabungan antara danau dan situ (Lampiran 7 dan 8).



Gambar 7.1 Penyebaran Situ di Indonesia



Gambar 7.2 Sebaran Embung di Indonesia

7.6 Perkembangan Situ dan Embung di Indonesia

Ekosistem situ sangat terkait dengan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS)-nya, sehingga perubahan yang terjadi di DAS akan sangat mempengaruhi kelestarian situ. Sebagai contoh peningkatan aktivitas pembangunan di bagian hulu DAS seperti pembangunan perumahan, penebangan hutan, dan pertambangan, akan menimbulkan erosi dan pada akhirnya dapat menyebabkan sedimentasi/pendangkalan situ. Perubahan dan kerusakan situ akibat sedimentasi ini akan berdampak pada berkurangnya daya tampung situ sehingga meningkatkan potensi banjir; selain itu sedimentasi juga menurunkan produktivitas perairan yang pada akhirnya akan berdampak pada penurunan produksi perikanan.

KOTAK 7.2

Penyerobotan Kawasan Situ di Depok Terus Berlanjut, Aparat Setempat Diduga Sengaja Tutup Mata

Penyerobotan lahan kawasan situ sebagai daerah resapan air di Kotif Depok masih terus berlangsung. Sebagai contoh Situ Rawa Besar yang semula luasnya mencapai 25 ha, kini hanya tersisa sekitar 18 ha. Situ Rawa Besar ini merupakan situ yang cukup luas di Depok dan berperan penting sebagai kawasan resapan air, namun hingga saat ini kondisinya kurang terawat.

Untuk mengantisipasi penyerobotan kawasan oleh masyarakat sekitar, Pemda Kotif Depok pernah melakukan normalisasi dengan melakukan pembersihan, pengerukan, dan penurapan tebing. Sebelah Barat situ ditutup beton dan tebing sebelah Timur ditutup bambo untuk mencegah penyerobotan. Ternyata, kini penyerobotan kembali terjadi karena kurangnya pemeliharaan dan kepedulian masyarakat sekitar; sebelah Utara situ dipagar menggunakan seng dan diurug dengan sampah agar lahan tersebut mengeras dan dapat dijadikan untuk membangun rumah.

Sumber: *Harian Radar Bogor, 5 Januari 1999*

Aktivitas masyarakat di sekitar DAS juga mempengaruhi kondisi perairan situ. Masukan limbah domestik, industri, maupun pertanian menjadi salah satu penyebab penurunan kualitas perairan situ yang diikuti dengan pertumbuhan gulma air. Tumbuhan air merupakan salah satu bagian penting yang mendukung kehidupan ikan, namun jika pertumbuhannya sangat pesat hingga menutupi seluruh permukaan air, tumbuhan air malah akan menghambat dan menurunkan produktivitas perairan serta menyebabkan pendangkalan.

KOTAK 7.3

Resapan Air di Bekasi Jadi Perumahan dan Industri

Fungsi lahan pertanian dan daerah resapan air di Bekasi telah berubah. Sebagian lahan itu telah berubah menjadi kawasan perumahan dan industri. Pembangunan perumahan dan pemukiman telah menggeser kawasan pertanian yang umumnya sawah teknis. Dari data Dinas Pertanian Kabupaten Bekasi, tercatat lahan sawah seluas 91.875 ha (1985) menjadi 56.227 ha (1999). Sebaliknya luas kawasan pemukiman dan industri terus meningkat setiap tahunnya. Tercatat luas kawasan pemukiman yang pada tahun 1993 sebesar 20.306 Ha meningkat menjadi 29.455 Ha pada tahun 1996 atau naik 45.06%. Demikian juga halnya dengan lahan situ yang berfungsi sebagai daerah resapan air telah banyak berubah menjadi tanah matang yang diurug menjadi kawasan perumahan dan industri.

Dari 17 situ yang ada di Bekasi, empat diantaranya telah hilang. Situ Cibeureum di Kec. Tambun seluas 40 ha sebagian besar telah menjadi Perumahan Kota Legenda, Situ Been di Desa Danau Indah Cibitung telah berubah menjadi kawasan industri MM2100, Situ Taman seluas 16 ha di Desa Cikarageman telah menjadi kawasan perumahan PT Dwi Gema Tama Rintis Prima, dan Situ Gede seluas 7,8 ha di Desa Bojongmenteng Bekasi Timur telah menjadi pul kendaraan dinas kebersihan.

Sumber: *Suara Pembaruan, 9 April 2001*

Akibat utama dari sedimentasi dan pendangkalan adalah terbentuknya daratan baru yang merupakan lahan potensial untuk pertanian dan pemukiman. Keadaan tersebut diperparah dengan rendahnya kesadaran masyarakat dalam mengelola dan melestarikan situ. Sehingga areal situ yang telah mengalami sedimentasi/pendangkalan sebagian besar dijadikan lahan perkebunan/persawahan, perumahan, ataupun fasilitas umum lainnya, bahkan sebagian lahan tersebut telah memiliki surat-surat kepemilikan perorangan/desa. Kepemilikan areal situ oleh perorangan diduga disebabkan oleh ketidakjelasan status lahan serta ketidaktegasan aparat hukum. Di kawasan Jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi) saja, penyusutan luasan situ telah mencapai lebih dari 1.000 Ha (dari 2.331,53 Ha menjadi 1.300,15 Ha) (Republika, 19 Agustus 2004). Informasi lebih mendalam mengenai permasalahan utama dari situ-situ di kawasan Jakarta dan Bogor dapat dilihat di Lampiran 9.

Dengan melihat permasalahan-permasalahan di atas, dibutuhkan suatu sistem pengelolaan situ yang terpadu, melalui metode pendekatan ekosistem dan sosial ekonomi. Hal ini disebabkan karena situ merupakan sub sistem dari ekosistem DAS yang kompleks dan terdiri dari berbagai komponen, antara lain: air, tanah, hutan, keanekaragaman hayati, dan masyarakat. Konsep pengelolaan dengan pendekatan ekosistem dan sosial-ekonomi ini mempertimbangkan korelasi dan peranan masing-masing komponen dalam ekosistem tersebut.

Kegiatan rehabilitasi situ perlu dilakukan untuk mengembalikan situ ke fungsi utamanya, sebagai sumber air dan pengendali banjir. Tahap awal proses rehabilitasi dilakukan dengan mengeruk dan membuang lumpur hasil sedimentasi di dasar perairan serta menghilangkan tumbuhan air, rumput, dan alang-alang di perairan dan di daerah sekitar situ. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan daya tampung situ agar fungsinya menjadi lebih optimal. Tahap berikutnya adalah pembangunan tanggul dan batas

areal situ agar tidak terjadi penyerobotan lahan oleh masyarakat sekitar. Selain itu juga dapat dilakukan peningkatan fungsi situ dengan mengintroduksi beberapa jenis ikan, baik untuk keperluan kegiatan penangkapan maupun budidaya. Hal lain yang harus diperhatikan dalam pengelolaan situ adalah peningkatan kepedulian masyarakat (terutama masyarakat setempat) dalam menjaga keseimbangan ekosistem situ secara lestari.

Contoh beberapa situ yang telah direhabilitasi dan dikelola secara terpadu adalah Situ Cipondoh di Tangerang serta Situ Gede, Situ Gunung Putri, dan Situ Salabenda di Bogor, Jawa Barat. Rehabilitasi situ-situ tersebut selain berhasil mengembalikan fungsi utama situ sebagai penampung air juga mampu meningkatkan pendapatan masyarakat sekitar melalui kegiatan perikanan, pariwisata, dan olahraga air.

Pembangunan embung banyak dilakukan di daerah-daerah pertanian yang rawan kekeringan. Pada mulanya embung dibangun untuk menampung cadangan air bagi musim kemarau. Namun dalam perkembangannya, embung juga berfungsi sebagai tempat pemeliharaan aneka jenis ikan. Embung awalnya dibangun oleh masyarakat secara swadaya dengan teknologi sederhana, namun kini pembangunannya banyak dilakukan dengan teknologi yang lebih tinggi; dan juga banyak dilakukan oleh pemerintah bekerjasama dengan masyarakat sekitar ataupun dengan bantuan modal asing. Dalam perencanaan pembangunan embung disarankan untuk mengadopsi metode hidrologi yang mampu mengefisiensikan air hujan. Selain itu jika di suatu kawasan terdapat banyak petani yang memiliki lahan dengan luas di atas 0,5 Ha maka sangat disarankan membangun embung kecil yang permanen untuk menyimpan cadangan air bagi musim kemarau; sedangkan jika di suatu kawasan lebih banyak petani yang memiliki lahan dibawah 0,5 ha, maka lebih ideal dibangun embung yang tidak permanen.

Ancaman yang sering terjadi terhadap embung adalah sedimentasi. Hal ini disebabkan karena sumber air embung sebagian besar berasal dari limpasan air permukaan yang sering membawa lumpur, selain itu tingkat kedalaman embung yang umumnya rendah juga meningkatkan potensi terancamnya embung. Sedimentasi dapat dicegah dengan membangun saluran yang mengalirkan air ke dalam embung; saluran ini selain berfungsi sebagai penyalur air juga berfungsi sebagai pengendap lumpur. Sedangkan kegiatan rehabilitasi dapat dilakukan dengan mengeruk lumpur yang terdapat di dasar embung. Kegiatan pemeliharaan dan rehabilitasi embung harus selalu dilakukan karena keberadaan embung sangatlah penting, terutama bagi masyarakat yang tinggal di daerah rawan kekeringan.



Situ Telaga Gading di Tangerang yang merupakan genangan air bekas galian pasir. (Foto: Puslit Limnologi, LIPI)

BAB 8

KOLONG BEKAS GALIAN TAMBANG

Penambangan adalah kegiatan yang dilakukan baik manual maupun mekanis untuk mendapatkan bahan galian (SK Mentamben No. 1211.K/008/M.PE/1995). Kegiatan penambangan dapat dilakukan di atas permukaan bumi (tambang terbuka) maupun di bawah tanah (tambang dalam). Kegiatan penambangan ini antara lain meliputi kegiatan penggalian, pengerukan, dan penyedotan.

Bahan-bahan galian di Indonesia berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 27 tahun 1980 digolongkan menjadi tiga, yaitu: **Golongan A** untuk bahan galian strategis, **Golongan B** untuk bahan galian vital, dan **Golongan C** untuk bahan galian yang tidak termasuk dalam Golongan A dan B. Yang termasuk bahan galian Golongan A antara lain adalah minyak bumi, gas bumi, batubara, nikel, dan aspal. Yang termasuk bahan galian Golongan B antara lain adalah

pasir besi, bauksit, tembaga, emas, dan perak. Sedangkan yang termasuk bahan galian Golongan C antara lain adalah asbes, grafit, batu permata, pasir kwarsa, marmer, tanah liat, dan batu kapur.

Kegiatan penambangan merupakan kegiatan yang mampu memberikan keuntungan secara ekonomi. Hal ini memacu dibukanya areal pertambangan secara luas, baik secara legal maupun ilegal. Pertambangan legal kegiatannya mendapat ijin dari pihak pemerintah terkait dan kegiatan operasinya terpantau/terawasi. Sedangkan pertambangan ilegal kegiatannya tidak mendapatkan ijin sehingga kegiatan ini berjalan tanpa pengawasan pemerintah dan kerusakan lingkungan yang ditimbulkannya sulit dipantau. Kegiatan penambangan ilegal ini disebut juga tambang inkonvensional (TI) dan banyak dilakukan oleh masyarakat umum.

Kegiatan penambangan akan menghasilkan lubang, yang jika tidak diurug atau direklamasi akan diisi oleh air (dari hujan, luapan sungai, atau laut) sehingga akhirnya menyerupai danau atau kolam besar. Keberadaan lubang bekas penambangan merusak lingkungan alam di sekitarnya, terutama bentang alam.

8.1 Definisi Kolong

Kolam/danau bekas penambangan (dikenal dengan sebutan kolong) adalah perairan/badan air yang terbentuk dari lahan bekas penambangan bahan galian (Wardoyo dan Ismail, 1998). Lahan bekas pertambangan di daratan berbentuk lubang/cekungan-cekungan di permukaan tanah yang kemudian diisi limpasan air permukaan (air hujan, sungai, laut) sehingga menyerupai kolam atau danau besar. Sedangkan lahan bekas pertambangan di dasar laut akan meninggalkan lubang berupa palung yang dalam di dasar laut.

8.2 Fungsi dan Manfaat Kolong

Air di dalam kolong pada awalnya belum dapat digunakan karena masih mengandung bahan pencemar yang tinggi. Seiring usia kolong yang

semakin tua, kondisi biolimnologisnya semakin menyerupai habitat alami seperti danau sehingga airnya dapat digunakan, baik oleh masyarakat untuk keperluan sehari-hari maupun sebagai media hidup organisme akuatik.

8.2.1 Fungsi Ekologis Kolong

a. Penampung air

Bekas galian tambang yang meninggalkan cekungan di permukaan tanah akan diisi oleh air hujan, air sungai, ataupun air laut. Lubang bekas pertambangan ini dapat menampung limpasan air permukaan sehingga dapat mencegah banjir. Air tampungan di kolong berusia tua dapat digunakan sebagai sumber air bagi masyarakat untuk mandi, mencuci, ataupun minum. Bahkan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di Belitung, dalam kondisi tertentu menggunakan air kolong untuk konsumsi warga (Kompas, 5 Juni 2001). Di beberapa daerah di Pulau Bangka, air di kolong timah berusia tua juga dimanfaatkan sebagai sumber air bagi pabrik es (Wardoyo dan Ismail, 1998). Selain itu air tampungan ini juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber air irigasi bagi lahan persawahan.

b. Habitat berbagai jenis hewan dan tumbuhan air

Kolong yang berhubungan dengan ekosistem alami seperti sungai atau laut akan cepat mengalami kematangan biolimnologis, sehingga kolong ini akan lebih cepat berubah menyerupai danau atau kolam tua dibandingkan kolong yang sumber airnya hanya berasal dari hujan atau mata air. Ekosistem alami yang berhubungan dengan kolong akan memperkaya keanekaragaman hayati pada kolong.

Kolong dapat menjadi habitat bagi berbagai jenis hewan dan tumbuhan air. Semakin tua usia kolong semakin tinggi tingkat keanekaragaman hayatinya. Hewan-hewan air seperti ikan biasanya berasal dari sungai atau laut; hewan-hewan ini masuk kedalam kolong terbawa aliran air. Kolong yang berusia tua juga dapat dimanfaatkan bagi kegiatan budidaya dengan mengintroduksi jenis-jenis ikan atau hewan air lainnya.

8.2.2 Manfaat Ekonomis Kolong

a. Penghasil berbagai sumber daya alam bernilai ekonomis

Kolong berusia tua merupakan habitat hidup bagi berbagai hewan dan tumbuhan air, beberapa diantaranya merupakan hewan dan tumbuhan yang bernilai ekonomis. Budidaya ikan atau udang dalam kolong merupakan salah satu upaya pemberdayaan kolong yang cukup menjanjikan secara ekonomis.

b. Sarana rekreasi

Kolong berusia tua dapat dimanfaatkan sebagai tempat kegiatan wisata alam, baik untuk memancing, menangkap ikan, maupun menikmati keindahan alam. *Phak Kak Liang* di daerah Belinyu, Bangka merupakan salah satu kawasan wisata yang dibangun di daerah bekas tambang timah. Pada kawasan ini terdapat tempat peristirahatan yang bangunannya berarsitektur Cina, di kawasan ini pengunjung juga dapat menyaksikan ikan-ikan air tawar yang bermunculan di permukaan air dan memberi makan ikan-ikan tersebut (Infobangka.com, 2004). Sekarang ini Pemerintah Kabupaten Karimun juga sedang mencoba mengembangkan kolong timah sebagai obyek wisata keluarga (Riau On-Line, 27 Maret 2004).

8.3 Proses Pembuatan Kolong

Kegiatan penambangan yang dilakukan di permukaan tanah maupun di dasar laut akan menimbulkan cekungan atau lubang besar. Lubang ini jika tidak diurug atau direklamasi akan diisi oleh air hujan, air sungai, atau air laut. Keberadaan lubang bekas penambangan ini akan sangat mempengaruhi kondisi lingkungan di sekitarnya, baik kondisi bentang alamnya maupun kondisi ekologisnya.

Kegiatan penambangan dapat dilakukan dengan cara semprot (*hydraulic mining*) ataupun cara keruk (*dredging*). Kegiatan ini akan meninggalkan kolong-kolong yang berbeda bentuk, kedalaman, dan kecepatan reklamasi – terutama dalam hal regenerasi biota. Kolong-kolong peninggalan tambang semprot umumnya berbentuk tidak beraturan dengan kedalaman relatif dangkal, sedangkan tambang keruk akan meninggalkan kolong-kolong berbentuk teratur seperti bulat, persegi, dan relatif lebih dalam. Kolong-kolong yang terbentuk dari tambang semprot lebih cepat mengalami proses reklamasi, terutama dalam hal regenerasi biota dibandingkan tambang keruk. Kolong-kolong yang terbentuk akibat kegiatan penambangan umumnya berlereng curam dan memiliki dasar relief yang tidak beraturan sehingga sangat peka terhadap erosi/longsor.

Kegiatan penambangan di laut atau di lepas pantai akan meninggalkan lubang besar di dasar laut yang menyerupai palung yang dalam. Palung yang terbentuk ini akan tertutup secara alami dengan cara menarik lapisan tanah atau pasir pantai. Kejadian alam ini akan menimbulkan abrasi pantai serta kerusakan habitat terumbu karang akibat penumpukan lumpur. Abrasi pantai dan kerusakan terumbu karang akibat penambangan banyak ditemukan di Pulau Bangka bagian Barat.

Kolong yang terbentuk dari lubang bekas galian tambang memiliki ukuran dan kedalaman yang berbeda tergantung jenis galiannya. Kedalaman kolong bervariasi mulai dari 1 hingga 21 m, namun umumnya kedalaman kolong di atas 5 m. Lubang bekas galian timah di Pulau Bangka dan Belitung umumnya berukuran 0,25 - 4,0 Ha dengan kedalaman 2 - 6 m. Galian tambang nikel di Bahomatefe, Sulawesi Tenggara menghasilkan lubang berukuran 50 x 50 m dengan kedalaman sekitar 20 m. Sementara penambangan emas ilegal yang dilakukan di wilayah Salamantan, Kalimantan Barat meninggalkan lubang berukuran kecil yang cukup dalam.

Kolong-kolong yang berhubungan dengan sungai atau laut akan lebih cepat mengalami proses regenerasi daripada kolong terpisah yang hanya menerima air dari hujan dan mata air. Proses regenerasi kolong juga dapat dipercepat oleh intervensi manusia, misalnya dengan pemberian batu kapur untuk meningkatkan pH tanah dan air, serta pemupukan.

Kolong secara teknis memiliki tingkat kematangan yang berbeda tergantung jenis, umur, serta letak. Letak kolong terhadap ekosistem alami seperti sungai, danau, atau laut akan berpengaruh pada kecepatan tingkat kematangan kolong. Ditinjau dari segi umur, semakin matang usia kolong, kondisi biolimnologisnya semakin mendekati danau alami atau kolam tua. Secara biologis, kematangan usia kolong ditandai oleh tingginya keanekaragaman jenis jasad renik, plankton, ikan, dan organisme perairan lainnya yang ditemukan di kolong tersebut (Krismono *et al.*, 1998; Wardoyo dan Ismail, 1998; Samuel dan Aida, 1999).

8.4 Tipe-tipe Kolong

Kolong di Indonesia secara teknis digolongkan menjadi tiga tipe berdasarkan tingkat kematangan biogeofisiknya, yaitu (PT Timah Pangkal Pinang *dalam* Wardoyo dan Ismail, 1998) :

i. Kolam/danau bekas galian mentah (kolong usia muda)

Yaitu kolong yang berumur kurang dari 5 tahun. Seluruh kandungan unsur hara pada kolong ini sudah hilang/rusak. Kehidupan biologis di kolong ini hampir tidak ada karena seluruh unsur hara/mineralnya sudah hilang/rusak, sehingga dibutuhkan waktu yang panjang untuk suksesi lingkungan. Kegiatan perbaikan lingkungan atau reklamasi dapat dilakukan, namun diperlukan biaya yang besar dan jangka waktu yang panjang.

ii. Kolam/danau bekas galian setengah matang (kolong usia sedang)

Yaitu kolong yang berumur antara 5 sampai 20 tahun. Di kolong ini mulai terdapat kehidupan biologis namun jenis spesies dan populasinya masih terbatas, karena air dalam kolong masih cukup banyak mengandung bahan pencemar.

iii. Kolam/danau bekas galian matang (kolong usia tua)

Yaitu kolong yang berumur lebih dari 20 tahun. Kondisi biogeofisik kolong ini sudah semakin normal seperti layaknya sebuah danau atau kolam tua. Keanekaragaman hayati kolong ini (plankton, ikan, dan organisme akuatik lainnya) sudah menyerupai perairan tergenang alami. Air di kolong ini sudah dapat dimanfaatkan masyarakat bagi kehidupan sehari-hari. Walau begitu bukan berarti kolong ini telah bebas dari masalah, karena lapisan lumpur di dasar perairan diduga masih banyak mengandung bahan pencemar.

8.5 Keanekaragaman Hayati Kolong

Keanekaragaman hayati kolong sangat tergantung pada umur kolong dan ekosistem sekitar yang berhubungan dengannya. Kolong berusia tua memiliki keanekaragaman hayati lebih tinggi dibandingkan kolong berusia muda. Jenis organisme yang ditemukan di kolong juga sangat dipengaruhi oleh ekosistem sekitar; kolong yang terletak di pantai akan dihuni oleh jenis-jenis flora fauna payau, sedangkan kolong yang terletak lebih ke darat (berair tawar) akan dihuni jenis-jenis flora fauna perairan tawar.

8.5.1 Flora

Flora yang hidup di kolong sangat tergantung pada umur dan kedalaman kolong, serta kondisi ekosistem disekitarnya. Semakin tua umur kolong maka semakin tinggi tingkat keanekaragamannya dan semakin banyak jumlah populasinya, hal ini karena adanya peningkatan nutrisi (unsur hara) dan turunnya kandungan bahan pencemar di perairan. Kolong yang dangkal biasanya banyak ditumbuhi jenis-jenis tumbuhan tingkat tinggi yang bersifat tenggelam (*submerge*), mencuat (*emerge*), dan mengapung (*floating*).

Tabel 8.1 Beberapa jenis tumbuhan yang dapat ditemukan di dalam dan di sekitar kolong

No	Jenis Galian	Jenis tumbuhan	Nama Lokal
1.	Galian timah (P. Bangka)	<i>Lepironia</i> <i>Callicarpa longifolia</i> <i>Pandanus</i> sp. <i>Dillenia</i> spp. <i>Kyllingia</i> spp. <i>Metroxylon</i> <i>Salvinia</i> sp. <i>Celosia</i> sp. <i>Nepenthes</i> spp. <i>Susum</i> sp. <i>Hydrilla verticillata</i> <i>Melaleuca</i> spp. <i>Pistia stratiotes</i> <i>Azolla pinnata</i> <i>Ceratophyllum</i> <i>Utricularia</i> <i>Cyperus</i> <i>Eleocharis</i> <i>Scirpus</i> <i>Myriophyllum</i> sp. <i>Nymphaea</i> sp. <i>Nymphoides</i> sp.	Purun Nasi Pandan Simpur Teki air Rumbia Kiambang Boroco Kantong semar Bakung Ganggeng Gelam Selada air Kiambang Ganggeng Ganggeng Rumput-rumputan Rumput-rumputan Rumput-rumputan Kiparas Teratai Teratai
2.	Galian Pasir (Jawa Barat)	<i>Ceraptopteris thalictroides</i> <i>Eichornia crassipes</i> <i>Hydrilla verticillata</i> <i>Ipomoea aquatica</i> <i>Jussiaea</i> sp. <i>Nymphaea</i> sp. <i>Ophioglossum reticulatum</i> <i>Pteris ensiformis</i> <i>Salvinia natans</i> <i>Scoparia dulcis</i>	Paku cai, paku tespong Eceng gondok Ganggeng Kangkung Tapak dara Teratai Jukut siraru Paku tanah Kiambang Jaka tuwa

Sumber: Wardoyo dan Ismail (1998); Krismono et al. (1998)

Keberadaan tumbuhan air pada tingkat tertentu sangat berguna bagi ikan, yaitu sebagai tempat bereproduksi dan berlindung maupun sebagai bahan makanan. Berdasarkan penelitian di kolong bekas galian pasir, tanaman air yang hidup di tepi perairan digunakan sebagai daerah asuhan larva ikan serta tempat menempelnya telur ikan. Namun pertumbuhan tanaman air yang terlalu pesat dapat menghambat pertumbuhan fitoplankton, meningkatkan laju evaporasi, serta mempercepat laju pendangkalan perairan. Kondisi seperti ini dapat dilihat di perairan kolong Sukadami (Bekasi) dan Kosambi (Tangerang) yang permukaan airnya ditutupi tumbuhan air sekitar 30% (Krismono *et al.*, 1998).

Selain tumbuhan air tingkat tinggi, seperti halnya ekosistem perairan lainnya, fitoplankton juga dapat ditemukan pada perairan kolong. Jenis fitoplankton yang banyak ditemukan di kolong timah dan galian pasir antara lain adalah fitoplankton dari kelompok Cyanophyta, Chlorophyta, Chrysophyta, Protozoa, Rotifera, Copepoda dan Cladocera.

8.5.2 Fauna

Jenis fauna yang dijumpai di kolong hampir menyerupai jenis-jenis fauna yang hidup di sumber air yang berhubungan dengan kolong tersebut. Sebagai contoh jenis-jenis ikan pada kolong yang sumber airnya utamanya berasal dari sungai akan didominasi oleh ikan-ikan sungai (ikan-ikan perairan tawar), sedangkan pada kolong yang sumber air utamanya berasal dari laut akan didominasi oleh ikan-ikan payau atau laut.

Keanekaragaman fauna di kolong yang berusia tua lebih tinggi dibandingkan kolong muda. Hal ini karena kehidupan biologis di kolong tua lebih stabil dibandingkan kolong muda.

Tabel 8.2 Jenis-jenis ikan yang dapat ditemukan pada kolong

Jenis Galian	Habitat	Jenis ikan	Nama Inggris	Nama lokal
Galian timah	Air Payau	<i>Mugil</i> sp. <i>Setipinna melanochir</i> <i>Otolithes argenteus</i> <i>Pseudo sciania</i> Lates calcarifer <i>Chanos chanos</i>	<i>Sea mullets</i> <i>Dusky hairfin anchovy</i> <i>Croaker</i> - <i>Giant seaperch</i> <i>Milk fish</i>	Belanak Pirang Gelama Tiga wajah Kakap Bandeng
	Air tawar	<i>Pancax pancax</i> <i>Puntius binotatus</i> <i>Rasbora</i> sp. <i>Notopterus</i> sp. <i>Osphronemus gouramy</i> <i>Anabas testudineus</i> <i>Oxyeleotris marmorata</i> <i>Ophiocephalus micropeltes</i> <i>Trichogaster pectoralis</i> <i>Macrones</i> sp. <i>Lebistes acticulatus</i> <i>Clarias batrachus</i> <i>Chana striatus</i> <i>Pristolepis fasciatus</i> <i>Megalops cyprinoides</i> <i>Oreochromis mossambicus</i> <i>Cyprinus carpio</i> <i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Tin head</i> <i>Common barb</i> <i>Rasbora</i> <i>Featherback</i> <i>Giant gouramy</i> <i>Climbing perch</i> <i>Marbled goby</i> <i>Giant snakehead</i> <i>Snakeskin gouramy</i> <i>River catfish</i> <i>Livebearer</i> <i>Cat fish</i> <i>Stripe snakehead</i> <i>Banded leaf fish</i> <i>Oxeye herring</i> <i>Common tilapia</i> <i>Common carp</i> <i>Nile tilapia</i>	Kepala timah Tanah Seluang Belida Gurami Betok Betutu Toman Sepat siam Baung Seribu Lele Gabus Sepatung Bulan Mujair Mas Nila
Galian pasir	Air tawar	<i>Oreochomis mossambicus</i> <i>Clarias batrachus</i> <i>Osteochillus hasselti</i> <i>Trichogaster</i> sp. <i>Puntius gonionotus</i> Chana striatus <i>Oxyeleotris marmorata</i> <i>Osphronemus gourami</i>	<i>Common tilapia</i> <i>Cat fish</i> <i>Carp</i> <i>Snake skin gouramy</i> <i>Barb</i> <i>Striped snake head</i> <i>Marbled goby</i> <i>Giant gouramy</i>	Mujair Lele Nilem Sepat Tawes Gabus Betutu Gurami

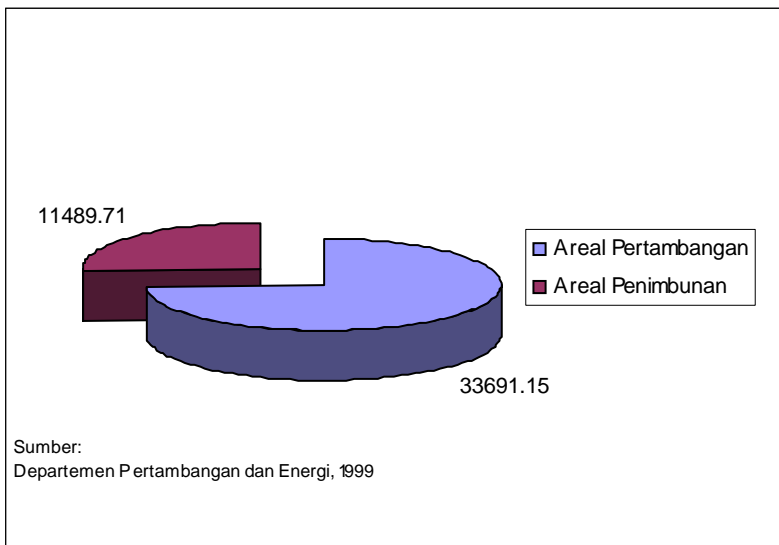
Sumber: Krismono et al. (1998); Wardoyo dan Ismail (1998); Samuel dan Aida. (1999)

Dari jenis crustacea, Udang Galah (*Macrobrachium rosenbergii*) dan Udang Putih (*Penaeus merguensis*) juga dapat ditemukan pada kolong berair payau, demikian juga dengan Kepiting Bakau (*Scilla serrata*). Sedangkan pada kolong berair tawar dapat ditemukan jenis udang-udangan air tawar (*Mysis*). Pada bekas tambang timah berair tawar di Bangka juga dapat ditemukan Labi-labi (*Tryonix* spp.) dan kura-kura (Wardoyo dan Ismail, 1998).

Berdasarkan penelitian Krismono *et al.* (1998), jenis bentos yang ditemukan di kolong penambangan pasir di Jawa Barat antara lain berasal dari kelompok Moluska (*Bithynia*, *Corbicula*, *Lymnaea*, *Pomacea*, *Terebia*, *Pteurocera*, *Campeloma*, *Marisa*, *Nassa*), Diptera (*Chironomous* dan *Tabanus*), dan Nematelminthes (*Diplogasteroides* dan *Monhystra*).

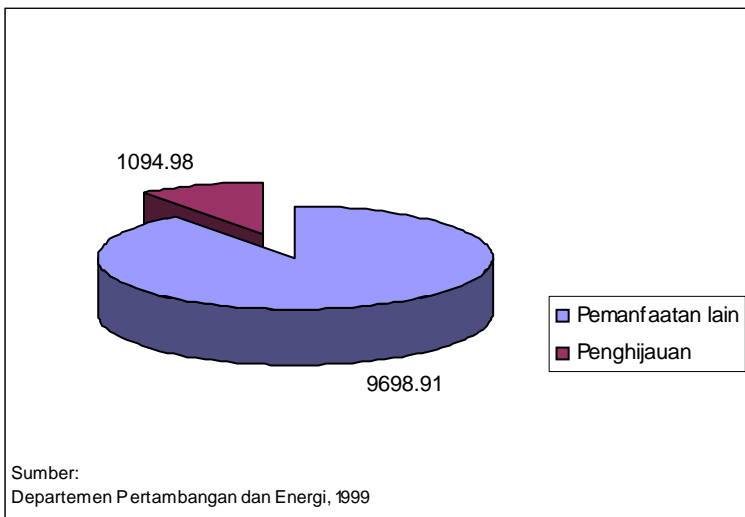
8.6 Penyebaran Kolong di Indonesia

Luas kolong total di Indonesia hingga saat ini tidak diketahui secara pasti. Hal ini antara lain disebabkan oleh tingginya jumlah penambangan liar yang dilakukan masyarakat, lokasi penambangan yang terpencil serta perubahan penampakan kolong menjadi danau alami. Di Bangka-Belitung saja, menurut pendataan Universitas Sriwijaya pada tahun 1999 terdapat 887 buah kolong dengan luas keseluruhan 1.712,65 Ha (Kompas, 25 Juni 2001).



Gambar 8.1 Grafik Luas Lahan yang Dibuka untuk Pertambangan Gol. A dan B di Indonesia hingga Januari 1999 (Ha)

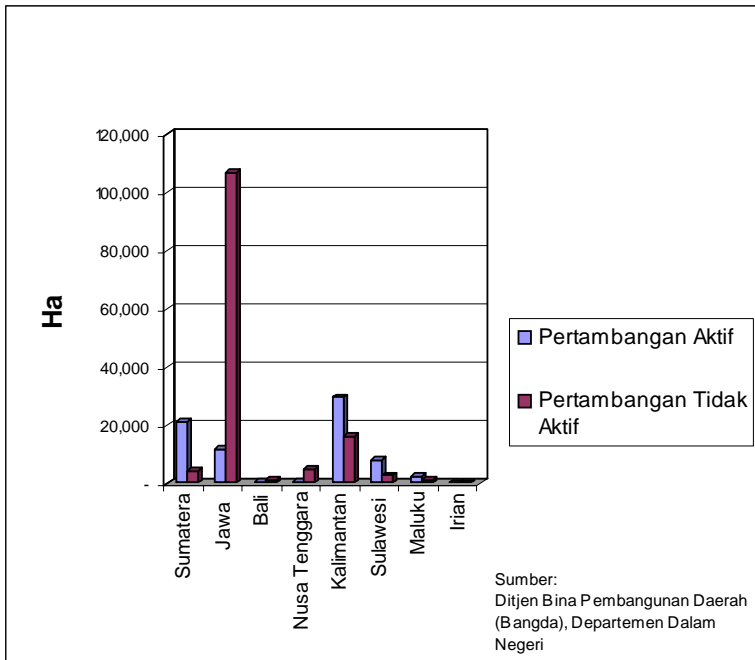
Berdasarkan data dari Departemen Pertambangan dan Energi (1999), luas lahan total di Indonesia yang dibuka untuk kegiatan pertambangan Golongan A dan B adalah 45.180,86 Ha. Dari luas lahan tersebut 75%-nya dijadikan areal penambangan (33.691,15 Ha) dan sisanya 11.489,71 Ha dijadikan areal penimbunan (Gambar 8.1). Areal lahan pertambangan ini dikelola oleh berbagai perusahaan yang mempunyai izin eksplorasi dan eksploitasi di seluruh Indonesia yang pelaksanaannya digolongkan menjadi sistem kontrak karya, kuasa pertambangan, dan sistem perjanjian kerjasama perusahaan pertambangan batubara.



Gambar 8.2 Grafik Luas Areal Bekas Pertambangan di Indonesia yang telah Direklamasi hingga Januari 1999 (Ha)

Luas lahan pertambangan Indonesia yang sudah direklamasi hingga Januari 1999 adalah 10.793,89 Ha (Departemen Pertambangan dan Energi, 1999). Kegiatan reklamasi yang umum dilakukan pihak penambang adalah kegiatan penghijauan dengan luas total mencapai 9.698,91 Ha (90%). Sedangkan sisanya seluas 1.094,98 Ha banyak dimanfaatkan masyarakat sekitar untuk berbagai kebutuhan, antara lain sebagai sumber air baku dan kolam budidaya perikanan; selain itu ada juga areal bekas pertambangan yang dirurug dan dijadikan areal pemukiman oleh

masyarakat (Gambar 8.2). Pemanfaatan lahan bekas pertambangan ini harus dilakukan secara hati-hati, terutama pada lahan bekas pertambangan yang masih muda karena kandungan bahan pencemarnya masih tinggi.



Gambar 8.3 Grafik Penyebaran Galian Golongan C pada Tahun 1998

Luas areal pertambangan Golongan C di Indonesia pada tahun 1998 adalah 271.878,8 Ha (Ditjen Bangda, Departemen Dalam Negeri). Sebagian besar dari kegiatan pertambangan ini, yaitu seluas 199.105,75 Ha (73%), berada dalam kondisi tidak aktif dan sebagian besar terdapat di Jawa. Sedangkan sisanya sebesar 72.733,5 Ha masih aktif beroperasi dan sebagian besar terdapat di Kalimantan dan Sumatera (Gambar 8.3; Lampiran 10). Kegiatan penambangan yang sudah tidak aktif disebabkan oleh kontrak kegiatan pertambangan yang sudah selesai atau habisnya sumberdaya galian tambang setempat.

8.7 Perkembangan Kolong di Indonesia

Kegiatan pertambangan dilakukan di banyak tempat di Indonesia dan telah dilakukan sejak beratus tahun yang lalu. Lubang-lubang yang terbentuk dari kegiatan pertambangan tersebut sebagian besar ditinggalkan begitu saja oleh para penambangnya, bahkan sebagian ditinggalkan sejak zaman penjajahan Belanda kira-kira 200 tahun yang lalu (Wardoyo dan Ismail, 1998). Lubang-lubang tersebut ditinggalkan para penambangnya begitu saja karena kegiatan pengurangan dan reklamasi membutuhkan waktu, tenaga, dan biaya yang tidak sedikit.

Lemahnya kebijakan pemerintah di sektor pertambangan umum mengenai penutupan tambang merupakan salah satu penyebab terlantarnya lubang-lubang bekas penambangan setelah kegiatan penambangan berakhir. Lemahnya pengawasan pemerintah dalam hal penutupan tambang ini dapat dilihat dari semua kontrak pertambangan yang ada, dimana tidak ada satu klausul pun yang mengatur masalah program penutupan tambang secara detail. Untuk itu, sekarang ini pemerintah berupaya membuat Undang-Undang Pertambangan Umum yang didalamnya antara lain mengatur hal-hal yang terkait dengan program penutupan tambang, dimana sebelumnya dalam UU No. 11/1967 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pertambangan tidak diatur. Peraturan penutupan tambang ini tertuang dalam Bab VIII Pasal 31 dan Pasal 33 draft Undang-Undang Pertambangan Umum. Salah satu ayat dalam draft undang-undang itu berisi bahwa “dalam melaksanakan usaha pertambangan, pemegang Izin Usaha Pertambangan (IUP) dan Pemegang Usaha Pertambangan (PUP) wajib melaksanakan ketentuan keselamatan dan kesehatan kerja, pengelolaan dan pemantauan lingkungan pertambangan, termasuk kegiatan reklamasi, upaya konservasi, pengelolaan sisa suatu kegiatan atau proses dalam bentuk padatan, cairan atau gas yang keluar dari proses penambangan dan pengolahan/pemurnian bahan galian” (Bisnis Indonesia, 6 November 2002).

Lubang bekas penambangan yang tidak terlalu dalam secara teknis lebih mudah diurug/direklamasi dibandingkan lubang yang dalam. Lubang biasanya diurug dengan bebatuan di lapisan bawah dan tanah di lapisan atas. Hasil urugan ini dapat dimanfaatkan sebagai lahan untuk pemukiman dan pertanian. Dalam pemanfaatan lahan reklamasi tambang untuk pertanian, lahan harus diolah terlebih dahulu agar tanah cukup

subur untuk ditanami. Salah satu contoh kegiatan pengurugan lubang bekas pertambangan dilakukan di Kalimantan Tengah oleh PT. Indo Muro Kencana (perusahaan tambang emas); dari 5 lubang tambang yang ada 4 telah mereka reklamasi, lubang-lubang sedalam 100-200 m dengan luas hampir seukuran lapangan bola itu rencananya akan ditanami pohon karet, kopi, durian, dan rumput liar (Jaringan Advokasi Tambang, 2002).

Pengurugan lubang bekas penambangan juga tidak luput dari masalah, terutama bila tanah yang digunakan untuk mengurug diambil dalam jumlah besar dari daerah lain sehingga menimbulkan masalah lingkungan di daerah lain; dengan demikian kegiatan pengurugan yang dilakukan hanyalah menimbulkan masalah baru. Banyak diantara lubang bekas galian tambang juga sudah terlanjur terisi air sehingga membentuk danau/kolam (kolong) sehingga pemanfaatan lubang sebagai wadah penampung air dan kolam budidaya ikan dianggap lebih baik dan efektif dibanding pengurugan. Air yang tertampung dalam kolong berusia tua merupakan air yang aman digunakan bagi kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari; sedangkan air yang tertampung dalam kolong berusia muda, terutama kolong yang terbentuk dari bekas galian bahan-bahan logam, harus diteliti terlebih dahulu karena kemungkinan besar masih mengandung bahan-bahan beracun.

KOTAK 8.1

Bekas Galian Pasir dan Batu di Jabodetabek Diusulkan jadi Situ

Luasan situ di Jabodetabek yang semula 2.331,53 Ha kini tersisa 1.300,15 Ha. Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane (PIPWSCC) Depkimpraswil merekomendasikan proyek bekas galian pasir dan batu (sirtu) di Jabodetabek tidak direklamasi. Bekas-bekas galian tersebut diusulkan dijadikan sebagai situ. Alasannya, jumlah situ maupun luasanya di Jabodetabek sudah mengalami penyusutan.

Menurut Pimpinan Proyek (Pimpro) Pengelolaan dan Pengembangan Sumber Air (PPSA) PIPWSCC, Suwardi, penyusutan jumlah situ yang terjadi di wilayah Jabodetabek disebabkan pesatnya pembangunan. Dengan alasan keterbatasan, areal situ diuruk untuk dijadikan perumahan, gedung bertingkat dan keperluan komersial lainnya.

Menurut catatan pihaknya, penyusutan luasan situ selama ini mencapai lebih dari 1.000 hektare. Mengutip data, Suwardi menjelaskan, luasan situ di wilayah Jabodetabek hingga tahun 2000 mencapai 1.300,15 hektare. Padahal, luasan situ sebelumnya mencapai 2.331,53 hektar.

Sumber: *Republika, 19 Agustus 2004*

Pemanfaatan kolong untuk kegiatan perikanan terutama banyak dilakukan sejak akhir tahun 1990-an. Kolong yang potensial untuk pengembangan budidaya ikan adalah kolong dengan fluktuasi kedalaman air stabil (2,5 – 4,0 m), tidak terlalu luas, dan berusia tua/matang. Kegiatan budidaya ikan dapat dilakukan dengan sistem tebar benih atau keramba jaring apung, tergantung pada kedalaman perairan dan usia kolong.

Kolong bekas galian pasir di Sukasari dan Cihuni, Jawa Barat merupakan contoh kolong yang potensial untuk kegiatan perikanan dan reservat (penampungan air). Sistem budidaya ikan yang dikembangkan di wilayah ini adalah sistem budidaya dalam kolam (tebar benih). Ikan yang dibudidayakan adalah Gurame (*Osphronemus gouramy*) dengan padat tebar 6 ekor/m² atau bobot per ekor 70 gram. Pakan yang diberikan berupa pelet terapung sebesar 2% dari bobot ikan (Jangkaru et. al dalam Krismono et al., 1998).

Perairan bekas penambangan timah di Bangka dan Belitung yang berusia tua maupun sedang, umumnya memiliki tingkat kesuburan rendah namun masih layak untuk kehidupan ikan. Sehingga ikan hanya dapat hidup tapi sulit untuk tumbuh dan berkembang biak. Untuk kondisi perairan seperti ini, ada dua alternatif pemecahan masalah yaitu: (1) pemupukan dan pengapuran air sesuai dengan unsur hara yang dibutuhkan, baru kemudian melakukan penebaran ikan; (2) penerapan budidaya ikan dalam ruang gerak terbatas dengan memberikan perlakuan (contoh: sistem keramba jaring apung). Kegiatan budidaya dengan sistem yang kedua memberikan beberapa keuntungan, yaitu penambahan unsur hara perairan dari sisa pakan ikan dan memperkecil kemungkinan tercemarnya ikan oleh kandungan logam berat yang masih tinggi di dasar perairan kolong (Samuel dan Aida, 1998; Wardoyo dan Ismail, 1998).

Yang harus diperhatikan dari kegiatan budidaya ikan di kolong adalah kandungan bahan pencemar dalam perairan yang terserap oleh ikan dan organisme akuatik lainnya. Kandungan bahan pencemar ini pada kadar tertentu akan mempengaruhi kondisi fisiologis makhluk hidup dan bahkan dapat menjadi penyebab kematian. Selain itu proses biomagnifikasi bahan pencemar ketika ikan yang mengandung bahan pencemar tersebut dikonsumsi oleh manusia juga harus diwaspadai.

Oleh karena itu perlu dilakukan monitoring kualitas air secara berkala serta melakukan beberapa pengujian terhadap biota yang hidup di perairan kolong tersebut, misalnya melalui analisis kandungan logam berat dalam daging ikan dan tumbuhan air.

Selain pemanfaatan bagi kegiatan perikanan dan reservat, kolong (terutama yang berusia tua) juga berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai daerah wisata. Kegiatan olahraga air seperti memancing, mendayung, dan ski air serta kegiatan menikmati pemandangan (*sightseeing*) merupakan beberapa objek wisata yang dapat dinikmati di kolong. *Phak khak liang* di daerah Belinyu, Bangka merupakan salah satu kawasan wisata yang dibangun di daerah bekas galian tambang. Pada kawasan wisata tersebut kolong dimanfaatkan sebagai tempat pemeliharaan ikan dimana pengunjung yang datang kesitu bisa melihat ikan-ikan yang muncul di permukaan air dan melemparkan makanan ikan ke dalam kolong (Infobangka.com, 2004).





(Foto: buku *Tanah Air: Indonesia's Biodiversity*, 1994)

BAB 9

LADANG GARAM

Garam merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat. Garam tidak hanya bermanfaat sebagai bahan penyedap makanan namun juga berguna sebagai bahan baku industri, bahan pengawet, nutrisi bagi tubuh, pupuk, dan pelunak air sadah (Salt Institute, 2004). Garam antara lain dihasilkan oleh ladang garam di daerah pesisir yang juga merupakan lahan basah buatan.

Indonesia merupakan negara maritim dengan garis pantai sepanjang 81.000 km, sehingga ketersediaan air laut sebagai bahan baku ladang garam sangatlah berlimpah. Namun swasembada garam di Indonesia diyakini merupakan suatu hal yang sulit; hal ini antara lain disebabkan oleh tidak adanya hamparan lahan luas di kawasan pesisir pantai untuk

dijadikan ladang garam berskala besar, musim kemarau pada sebagian wilayah Indonesia yang sangat pendek, dan kurangnya minat investor untuk menanamkan modal dalam usaha produksi garam. Pada tahun 2003, Indonesia hanya memiliki ladang garam seluas 25.383 Ha dengan total produksi 1,7 juta ton; sementara kebutuhan nasional garam pada tahun 2002 mencapai 2,8 juta ton dengan pertumbuhan kebutuhan total sebesar 8,4% (Kompas, 19 Maret 2003).



Gambar 8.1 Proses pemungutan garam dari meja kristalisasi di ladang garam milik PT. Garam (Persero) di Madura (Foto: <http://members.bumn-ri.com/garam/graphics.html>)

9.1 Definisi Ladang Garam

Ladang garam adalah kolam buatan yang dibangun di daerah pesisir untuk memproduksi garam. Ladang garam biasa dibangun pada hamparan lahan yang cukup luas di kawasan pesisir pantai. Ukuran ladang garam bervariasi, mulai dari 1 Ha hingga ribuan hektar; untuk produksi garam skala besar dibutuhkan hamparan kawasan pesisir seluas minimal 10.000 Ha (Kompas, 19 Maret 2003).

9.2 Fungsi dan Manfaat Ladang Garam

9.2.1 Fungsi Ekologis Ladang Garam

Fungsi utama ladang garam adalah untuk memproduksi garam bagi kebutuhan masyarakat, namun ladang garam juga sebetulnya memiliki secara ekologis. Sayangnya penelitian mengenai manfaat ladang garam secara ekologis di Indonesia sangatlah kurang.

Pada ladang garam hidup berbagai jenis mikroorganisme; keberadaan mikroorganisme, ini mempengaruhi warna ladang garam. Selain mikroorganisme, pada ladang garam juga dapat dijumpai beberapa jenis burung (antara lain dari kelompok *Pelicans*, *Cormorants*, *Herons*, dan *Egrets*) dan tumbuhan-tumbuhan halofil (seperti *Salicornia*) (Sonobe and Usui, 1993; University of The Aegean, 2003; Cargill Salt, 2003).

9.2.2 Manfaat Ekonomis Ladang Garam

Garam sebagaimana telah diutarakan di atas merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat. Industri garam di Indonesia telah ada sejak jaman dahulu. Berawal dari kegiatan pertanian di ladang-ladang garam secara tradisional, industri garam Indonesia terus berkembang hingga menjadi salah satu bidang industri yang memberi kehidupan bagi banyak masyarakat (Industri Garam Indonesia, 2004). Bahkan banyak diantara para petani tambak di Desa Sawojajar, Pantai Utara Jawa mengubah tambak-tambak bandengnya menjadi ladang garam karena usaha ladang garam dianggap lebih menguntungkan. Tambak bandeng di daerah ini hanya menghasilkan Rp. 1,4 juta/Ha dalam enam bulan (satu musim panen) sedangkan ladang garam dapat menghasilkan Rp. 1 juta/Ha dalam satu minggu (Suara Merdeka, 15 Agustus 2001).

9.3 Proses Pembuatan Ladang Garam

Ladang garam dibangun di daerah pesisir pantai atau di sekitar hutan mangrove. Daerah yang digunakan untuk pembangunan ladang garam

harus memiliki persyaratan tertentu, antara lain: (1) memiliki bahan baku air laut bersalinitas tinggi yang cukup, (2) memiliki musim kemarau yang relatif panjang atau tidak mengalami gangguan hujan selama berturut-turut empat hingga lima bulan (curah hujan kurang dari 1.000 mm/tahun), (3) memiliki tingkat evaporasi tinggi, dan (4) memiliki hamparan kawasan pesisir dataran rendah yang luas dengan permeabilitas (kebocoran) tanah rendah. Jika kondisi alam mendukung, dalam setahun petani dapat menggarap lahannya selama 180 hari (6 bulan) (Salt Institute, 2004 dan Kompas, 19 Maret 2003).

Sebagian besar lahan penggaraman di Indonesia dikelola oleh masyarakat secara tradisional, yaitu dengan menggunakan sistem kristalisasi total. Sistem ini menghasilkan garam berkualitas rendah; hal ini disebabkan oleh kualitas air laut yang tercemar, struktur tanah yang kurang memadai, dan waktu panen yang terlalu cepat. Metode penggaraman tradisional dilakukan dengan menguapkan air laut (evaporasi) menggunakan sinar matahari. Lahan penggaraman umumnya terletak tidak jauh dari garis pantai dengan posisi yang tidak beraturan untuk memudahkan pengangkutan air laut. Sebagian besar petani masih menerapkan sistem pengairan alami melalui tanah yang penuh kotoran. Air laut diangkut dari saluran air ke areal penggaraman menggunakan pompa atau ebor (semacam ember yang terbuat dari anyaman bambu). Untuk memadatkan (menggilas) garam digunakan alat sederhana yang terbuat dari batang pohon kelapa/aren atau semen cor. Metode penggaraman tradisional ini menghasilkan garam dengan butiran kasar, berwarna kusam, dan banyak mengandung lumpur; garam jenis ini disebut garam krosok atau garam rakyat. Garam krosok ini umumnya digunakan untuk keperluan industri seperti pengawetan ikan, pengeboran minyak lepas pantai, dan penyamakan kulit. Untuk menghasilkan garam berkualitas baik, garam krosok tersebut harus diolah lebih lanjut, yaitu dengan pencucian, penirisan, dan penambahan yodium (Industri Garam Indonesia, 2004).

Di beberapa daerah seperti di Pantai Utara Jawa, ladang garam terbentuk dari tambak udang atau bandeng yang sudah tidak memproduksi lagi (akibat terserang penyakit/virus) atau tidak memiliki modal untuk beroperasi. Tak jarang juga pada musim kemarau, tambak-tambak udang diubah menjadi ladang garam akibat tingginya salinitas air laut. Ladang garam dianggap lebih menguntungkan bagi sebagian masyarakat karena usaha ladang

garam tidak membutuhkan modal besar seperti tambak udang. Ladang garam hanya dibangun dengan membuat petak-petak baru yang kemudian dialiri air laut. Selama sebulan air laut dibiarkan mengalir sehingga terbentuk bibit garam pada lahan bekas tambak tersebut dan pada bulan kedua ladang garam tersebut dapat dipanen dengan hasil sekitar 4 ton garam per hari (Suara Merdeka, 15 Agustus 2001).

9.4 Keanekaragaman Hayati Ladang Garam

Sekilas ladang garam hanya merupakan hamparan petak-petak tanah di daerah pesisir yang berfungsi untuk memproduksi garam; namun sebetulnya jika kita amati lebih mendalam, kita dapat mengetahui bahwa sebetulnya pada ladang garam hidup berbagai jenis makhluk hidup, baik flora maupun fauna. Flora fauna ini ada yang hidup di dalam petak ladang garam itu sendiri dan ada juga yang hidup di sekitar ladang garam.

9.4.1 Flora

Jika dilihat dari atas terlihat bahwa petak ladang garam memiliki warna yang bervariasi, mulai dari hijau hingga merah. Warna yang bervariasi ini disebabkan oleh jenis mikroorganisme yang mendominasi petak ladang garam. Pada ladang garam bersalinitas rendah hingga sedang, ladang garam didominasi oleh alga hijau *proliferate* sehingga air garam (*brine water*) berwarna hijau. Dengan meningkatnya salinitas (akibat evaporasi), mikroorganisme yang mendominasi air garam kemudian digantikan oleh *Dunaliella* sehingga warna ladang garam berubah menjadi hijau terang. Konsentrasi garam yang tinggi pada ladang garam bersalinitas sedang hingga tinggi menyebabkan *Dunaliella* memproduksi pigmen merah sehingga ladang garam berwarna merah. Selain *Dunaliella*, bakteri halofil seperti *Stichococcus* juga berkontribusi menimbulkan warna merah pada air garam bersalinitas tinggi. Mikroorganisme ladang garam yang menyebabkan air garam berwarna terang ini meningkatkan absorpsi panas air garam sehingga temperatur air meningkat dan proses evaporasi berlangsung lebih cepat; dengan demikian keberadaan mikroorganisme ini membantu proses kristalisasi garam (Cargill Salt, 2003).

Selain mikroorganisme (mikroalga), jenis-jenis tumbuhan berukuran besar juga dapat dijumpai di sekitar ladang garam. Tumbuhan yang hidup di sekitar ladang garam merupakan tumbuhan yang unik (khas). Tumbuhan-tumbuhan ini harus merupakan tumbuhan yang sangat toleran terhadap salinitas air tinggi dan juga toleran terhadap fluktuasi temperatur dan fluktuasi paras air. *Salicornia* merupakan tumbuhan halofil yang paling umum dijumpai di ladang garam (University of The Aegean, 2003).

9.4.2 Fauna

Ladang garam selain berfungsi sebagai penghasil garam juga dapat berperan sebagai ekosistem buatan yang penting bagi keanekaragaman hayati, baik flora maupun fauna. Ladang garam terutama dikenal oleh kekayaan burungnya. Ladang garam merupakan tempat yang baik bagi burung untuk berlindung dari predator, mencari makan, dan berbiak. *Ducks, Stilts, Avocets, Plovers, Sandpipers, Gulls, Terns, Pelicans, Cormorants, Herons, Egrets, Storks*, dan *Ibises* merupakan kelompok burung yang umum dijumpai di ladang garam (University of The Aegean, 2003; Sonobe and Usui, 1993). Selain burung, fauna lain yang dapat dijumpai di ladang garam adalah krustasea. Pada ladang garam, jutaan udang berukuran kecil (*Artemia franciscana*) menyebabkan air garam berwarna oranye (Cargill Salt, 2003).

9.5 Penyebaran Ladang Garam di Indonesia

Hingga saat ini data lengkap mengenai sebaran ladang garam dan jumlah petani garam di Indonesia masih sangat terbatas; hal ini antara lain disebabkan oleh banyaknya ladang garam yang bersifat musiman (tidak permanen) dan sifat usahanya yang sebagian besar masih tradisional.

Menurut Ketua Asosiasi Petani Garam Rakyat Jawa Tengah (Tugas Zubaidi) di Jawa Tengah ada 5 kabupaten penghasil garam rakyat dengan total area 5.255 Ha. Ladang garam di Jawa Tengah ini dimiliki oleh 10.373 orang petani pemilik ladang garam dan digarap oleh 20.746 orang petani penggarap (Buletin Kesehatan, 5 Oktober 2000). Sedangkan di Jawa

Barat menurut Ketua Asosiasi Produsen Garam Jawa Barat (Cucu Sutara) terdapat sekitar 2.500 Ha ladang garam dan luasnya cenderung meningkat setiap tahun (Sinar Harapan, 23 Agustus 2003). Sementara itu luas ladang garam total di Indonesia menurut Direktur Kelembagaan dan Dunia Usaha Departemen Kelautan dan Perikanan (Sunato) adalah 25.383 Ha dengan total produksi 1,7 juta ton (Kompas, 19 Maret 2003).

9.6 Perkembangan Ladang Garam di Indonesia

Industri garam Indonesia tersebar hampir di seluruh wilayah dan telah ada sejak zaman dahulu. Dahulu perladangan garam di Indonesia dilakukan dalam skala kecil, karena kebutuhan dan jumlah konsumennya pun masih sedikit. Berawal dari pertanian di ladang-ladang garam secara tradisional, industri garam Indonesia terus berkembang hingga menjadi salah satu bidang industri yang memberi penghidupan bagi banyak masyarakat di seluruh Indonesia, hal ini disebabkan oleh semakin meningkatnya kebutuhan garam.

Dari material awal berupa garam kasar (krosok), industri garam di Indonesia memproduksi berbagai jenis garam untuk memenuhi berbagai keperluan; baik untuk kebutuhan rumah tangga, maupun kebutuhan industri, peternakan, dan pertanian. Namun demikian, industri garam di Indonesia bukan berarti berjalan mulus tanpa kendala. Kualitas garam yang belum maksimal, ketidakstabilan harga garam, proses produksi yang masih bersifat tradisional, dan membanjirnya komoditi garam dari luar negeri merupakan sedikit dari sekian banyak masalah industri garam di Indonesia (Industri Garam Indonesia, 2004).

Pada tahun 2003, Indonesia memiliki ladang garam seluas 25.383 Ha dengan total produksi 1,7 juta ton. Sementara kebutuhan garam nasional pada tahun 2002 mencapai 2,8 juta ton, dengan total pertumbuhan kebutuhan 8,4 persen; dengan demikian Indonesia masih harus mengimpor garam sebesar 1,1 juta ton garam/tahun. Menurut Direktur Kelembagaan dan Dunia Usaha Departemen Kelautan dan Perikanan, Indonesia diyakini akan sulit mencapai swasembada garam. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya hamparan lahan luas di kawasan pesisir pantai yang dapat

dijadikan ladang garam berskala besar, pendeknya musim kemarau pada sebagian wilayah Indonesia (umumnya hanya 4 sampai 6 bulan), rendahnya minat investor yang mau menanamkan modal dalam usaha produksi garam, dan rendahnya harga garam (Kompas, 19 Maret 2003).

Hingga saat produksi garam terbesar di Indonesia dihasilkan oleh PT. Garam (Persero). Perusahaan milik pemerintah (BUMN) yang berada di bawah naungan Departemen Perindustrian dan Perdagangan ini mulai beroperasi sejak tahun 1921. Perusahaan ini merupakan satu-satunya BUMN yang bergerak di bidang industri garam. Lahan produksi PT. Garam (Persero) terletak di Madura dengan luas lahan produksi total sebesar 5.340 Ha, sedangkan pabrik pengolahan garamnya terletak di Sampang, Gresik, dan Cirebon. Pada tahun 2003 total produksi bahan baku (garam kasar) PT. Garam (Persero) ini mencapai 266.006 ton, atau 15,6% dari total produksi nasional (Industri Garam Indonesia, 2004 ; PT. Garam (Persero), 2004.).

Untuk meningkatkan produksi garam nasional, saat ini pemerintah sedang mengkaji kemungkinan pemberian stimulus investasi di bidang produksi garam. Stimulus tersebut antara lain berupa keringanan kredit dan pajak, penerapan bea masuk impor garam, serta pemberlakuan harga dasar garam. Pada tahun 2003, harga garam rakyat adalah sebesar Rp. 250 sampai Rp. 500 per kilogram, sementara bea masuk impor garam tidak pernah diberlakukan sehingga harga garam impor lebih murah daripada harga garam lokal, akibatnya para pengusaha lebih memilih menjadi pengimpor garam daripada produsen garam. Dengan stimulus investasi yang akan diberikan oleh pemerintah ini diharapkan industri garam Indonesia dapat terus berkembang. Selain itu pemerintah kini juga sedang menjajaki pengembangan industri garam di kawasan pesisir Nusa Tenggara Timur dan Sulawesi Selatan karena pada dua propinsi ini masih terdapat lahan yang cukup luas di daerah pesisir dengan musim kemarau yang panjang (Kompas, 19 Oktober 2003).



*Kolam Prapanca, salah satu kolam stabilisasi limbah di Jakarta
(Foto: Endang M.Z. - Puslit Limnologi LIPI)*

BAB 10

KOLAM STABILISASI LIMBAH

Area pengolahan air limbah, meliputi saluran pembuangan air limbah dan kolam-kolam pengolahan air limbah, dalam sistem klasifikasi Ramsar tergolong sebagai salah satu habitat lahan basah buatan. Berbeda dengan kolam air tawar yang telah diuraikan pada Bab 4, dimana fungsinya ditujukan bagi kegiatan budidaya perikanan, maka fungsi kolam limbah ditujukan sebagai wadah untuk memperbaiki kualitas air limbah agar mutu hasil olahannya memenuhi baku mutu air yang telah ditetapkan dan tidak mencemari badan air penerima.

Kolam limbah dapat mengolah berbagai jenis limbah, baik limbah pemukiman, perkotaan, industri, maupun pertanian. Kandungan bahan pencemar yang terdapat dalam air limbah (jenis dan konsentrasi bahan pencemar) akan sangat menentukan tingkat teknologi pengolahan yang

harus diterapkan pada kolam limbah. Air limbah yang dihasilkan oleh industri umumnya memerlukan pengolahan yang lebih rumit dibandingkan air limbah yang dihasilkan oleh pemukiman, perkotaan, dan pertanian. Oleh sebab itu pada kolam-kolam limbah yang digunakan untuk mengolah air limbah industri biasanya dilengkapi berbagai peralatan penunjang seperti: pengatur debit air, *screener* (penyaring bahan padat), dan aerator dengan desain tertentu; selain itu pengolahan air limbah industri juga biasanya memerlukan tambahan bahan-bahan kimia (seperti koagulan dan flokulan) untuk membantu proses pengolahan. Pada buku ini pembahasan hanya dibatasi pada kolam limbah sederhana yang biasa digunakan untuk mengolah air limbah pemukiman, perkotaan, dan pertanian; kolam limbah seperti ini disebut juga **kolam stabilisasi limbah** (Daur: Informasi Lingkungan Kota dan Industri, Vol.2 No.1 Agustus 2001).

10.1 Definisi Kolam Stabilisasi Limbah

Kolam stabilisasi limbah adalah kolam yang digunakan untuk memperbaiki kualitas air limbah. Kolam ini mengandalkan proses-proses alamiah untuk mengolah air limbah; yaitu dengan memanfaatkan keberadaan bakteri, alga, dan zooplankton untuk mereduksi bahan pencemar organik yang terkandung dalam air limbah. Selain mereduksi kandungan bahan organik, kolam stabilisasi limbah juga mampu mengurangi kandungan berbagai jenis mikroorganisme penyebab penyakit (*microorganism causing disease*). Kolam stabilisasi limbah umumnya terdiri dari tiga jenis kolam, yaitu kolam anaerobik, fakultatif, dan maturasi (aerobik) (Weblife, 2004; Harrison, 2004).

Dalam istilah teknis pengolahan air limbah, selain kolam stabilisasi limbah dikenal juga istilah **laguna limbah**. Yang membedakan keduanya adalah keberadaan aerator; pada laguna limbah aerator digunakan untuk membantu aerasi kolam sedangkan pada kolam tidak. Yang menjadi ciri khas kolam dan laguna limbah adalah dasarnya yang berupa tanah, ukurannya yang luas, kedalamannya yang relatif dangkal, dan waktu retensi air limbahnya yang relatif lama (Suryadiputra, 1994; Ramadan and Ponce, 2004).

10.2 Fungsi dan Manfaat Kolam Stabilisasi Limbah

Kolam stabilisasi limbah (dan juga laguna limbah) pada dasarnya berfungsi untuk memperbaiki kualitas air limbah agar mutu hasil olahannya memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan dan tidak mencemari badan air penerima. Kolam stabilisasi limbah sampai saat ini diyakini sebagai cara paling ekonomis untuk mengolah air limbah. Kolam stabilisasi limbah ini sangat cocok diterapkan pada negara berkembang (terutama daerah tropis yang iklimnya hangat), karena pengoperasian kolam ini tidak membutuhkan biaya investasi dan biaya pengoperasian yang tinggi, serta tidak memerlukan tenaga operator khusus untuk mengoperasikannya. Selain itu ketersediaan tanah yang relatif luas dan harga tanah yang tidak terlalu mahal di negara-negara berkembang (dibandingkan dengan harga instalasi pengolahan limbah modern) juga menyebabkan kolam ini cocok dikembangkan di negara berkembang.

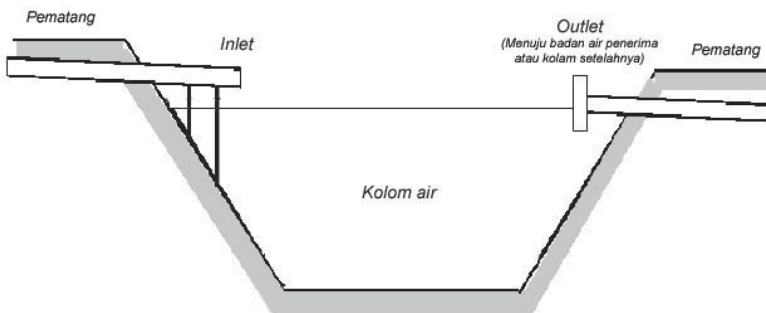
Air olahan dari kolam stabilisasi limbah ini pada tahap selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk mengairi lahan pertanian. Air olahan ini sangat baik bagi keperluan irigasi karena didalamnya terkandung nitrogen, fosfor, dan natrium yang bermanfaat sebagai nutrisi bagi tanaman. Endapan tanah organik yang terkumpul di bagian dasar kolam juga dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki kualitas tanah pertanian. Selain itu biogas yang dihasilkan pada kolam anaerobik juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi (Varón, 2003; Ramadan and Ponce, 2004; Harrison, 2004).

10.3 Proses Pembuatan Kolam Stabilisasi Limbah

Hal pertama yang harus dilakukan dalam pembangunan kolam stabilisasi limbah adalah pemilihan lokasi. Pembangunan kolam stabilisasi limbah harus dilakukan pada daerah yang paras air tanahnya dalam dan jenis tanahnya *impermeable* (porositas tanah rendah). Lempung dan liat merupakan jenis tanah ideal bagi pembangunan kolam. Tanah berpasir, berkerikil dan atau berbatu merupakan jenis tanah yang harus dihindari karena pada jenis tanah tersebut air limbah dapat merembes keluar sehingga mencemari air tanah di sekitarnya.

Kolam stabilisasi limbah juga sebaiknya dibangun jauh dari kawasan perumahan dan fasilitas umum lainnya, agar masyarakat tidak merasa terganggu oleh keberadaan kolam ini, mengingat air dalam kolam ini dapat menghasilkan bau yang cukup menyengat. Selain itu kolam stabilisasi limbah juga sebaiknya dibangun di daerah yang terlindung dari banjir, memiliki elevasi tanah yang melandai ke arah badan air penerima (untuk mempermudah pengaliran air), jauh dari jaringan PDAM, tidak berdekatan dengan landasan udara (minimal 2 km dari landasan udara, karena burung-burung yang tertarik pada keberadaan kolam ini dapat mengganggu navigasi), dan berada di daerah terbuka (tidak terhalang pepohonan) agar kolam dapat terpapar langsung oleh sinar matahari dan angin.

Setelah ditemukan daerah yang cocok, tahap selanjutnya adalah konstruksi kolam. Konstruksi kolam stabilisasi limbah dimulai dengan menggali tanah dan membangun pematang kolam. Pematang kolam harus dibangun dengan baik agar tidak dapat dirembesi air dan tidak mudah tererosi. Bagian dalam pematang umumnya dibangun dengan kemiringan 1 : 3 (tinggi : lebar dasar), sedangkan bagian luar pematang dibangun dengan kemiringan 1 : 1,5-2. Stabilitas kemiringan pematang ini harus sesuai dengan prosedur standar mekanika tanah bagi pembangunan bendung tanah. Bagian dalam pematang harus dilindungi dari erosi dengan memasang pecahan lempeng batu di atas paras air (Ramadan and Ponce, 2004).



**Gambar 10.1 Penampang melintang kolam stabilisasi limbah
(dari Ramadan and Ponce, 2004)**

Luas kolam yang akan dibangun harus disesuaikan dengan volume air limbah yang akan ditampung dan harus juga disesuaikan dengan ketersediaan tanah. Daerah pemukiman yang terdiri dari 200 individu memerlukan kolam stabilisasi limbah seluas 1 acre (= 0,4 Ha) (Weblife, 2004). Kedalaman kolam stabilisasi limbah umumnya dangkal; kedalaman kolam disesuaikan dengan tipe kolam stabilisasi limbah yang akan dibangun (tipe anaerobik, fakultatif, atau fakultatif; hal ini akan dibahas lebih lanjut pada sub bab berikutnya). Bentuk kolam sebaiknya persegi panjang, hal ini untuk menghindari terbentuknya endapan lumpur pada bagian inlet. Inlet dan outlet sebaiknya hanya satu dan jangan pernah menaruh lubang inlet di bagian tengah kolam karena hal tersebut akan menimbulkan aliran air singkat (*hydraulic short circuiting*). Inlet dan outlet sebaiknya diletakkan pada sudut kolam dengan posisi saling berlawanan secara diagonal. Ukuran diameter pipa PVC yang disarankan untuk mengalirkan effluent adalah sebesar 100 mm (Shilton and Harrison, 2003; Ramadan and Ponce, 2004). Setelah konstruksi kolam selesai, tahap pengoperasian kolam dapat dimulai; namun sebelumnya beberapa langkah persiapan harus dilakukan agar proses pengolahan nantinya dapat berjalan dengan baik. Tiap tipe kolam stabilisasi limbah memerlukan cara pengoperasian yang sedikit berbeda satu sama lain, pembahasan lebih lanjut mengenai hal ini akan disampaikan pada sub bab berikutnya.

10.4 Tipe-tipe Kolam Stabilisasi Limbah

Berdasarkan proses biologis dominan yang berlangsung di dalamnya, kolam stabilisasi limbah dapat dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu: kolam anaerobik, fakultatif, dan maturasi (aerobik). Dalam satu sistem pengolahan air limbah, tiga macam kolam tersebut disusun secara seri dengan urutan anaerobik-fakultatif-maturasi. Suatu sistem pengolahan dapat terdiri dari satu seri kolam pengolahan atau dapat juga terdiri dari beberapa seri kolam pengolahan yang disusun secara paralel.

Pada dasarnya kolam anaerobik dan fakultatif didesain untuk mengurangi kandungan BOD sedangkan kolam maturasi didesain untuk mengurangi kandungan mikroorganisme patogen. Walau demikian, proses reduksi BOD juga sebetulnya terjadi pada kolam maturasi dan proses reduksi

mikroorganisme juga terjadi pada kolam anaerobik dan kolam fakultatif, namun proses-proses tersebut tidaklah dominan. Pada kondisi tertentu, kolam maturasi terkadang tidak dibutuhkan. Kolam maturasi hanya dibutuhkan jika air limbah yang akan diolah memiliki kadar BOD tinggi (> 150 mg/l), atau jika air hasil olahan ditujukan bagi keperluan irigasi. Agar diperoleh hasil olahan yang baik, air limbah yang akan masuk ke dalam kolam anaerobik harus disaring terlebih dahulu untuk menghilangkan kandungan pasir, kerikil, dan padatan berukuran besar lainnya (Ramadan and Ponce, 2004).

10.4.1 Kolam Anaerobik

Kolam anaerobik umumnya memiliki kedalaman 2-5 m. Pada kolam inilah air limbah mulai diolah dibawah kondisi anaerobik oleh berbagai jenis mikroorganisme anaerobik. Mikroorganisme anaerobik mengubah senyawa organik dalam air limbah menjadi gas CO_2 , H_2S , dan CH_4 yang akan menguap ke udara; sementara berbagai padatan dalam air limbah akan mengalami sedimentasi dan terkumpul di dasar kolam sebagai lumpur (Daur: Informasi Lingkungan Kota dan Industri, Vol.2 No.1 Agustus 2001; Varón,2003; Ramadan and Ponce, 2004).

Kolam anaerobik menerima masukan beban organik dalam jumlah yang sangat besar (biasanya > 300 mg/l BOD atau setara dengan 3.000 kg/Ha/hari untuk kolam berkedalam 3 m). Tingginya masukan beban organik dibandingkan dengan jumlah kandungan oksigen yang ada menyebabkan kolam ini selalu berada dalam kondisi anaerobik. Pada kolam ini tidak dapat ditemukan alga, walau terkadang lapisan film tipis yang terdiri dari *Chlamidomonas* dapat dijumpai di permukaan kolam. Kolam anaerobik ini bekerja sangat baik pada kondisi iklim hangat (degradasi BOD bisa mencapai 60-85%). Waktu retensi kolam ini sangatlah pendek; air limbah dengan kadar BOD 300 mg/l dapat terolah dalam waktu retensi 1 hari pada kondisi suhu udara > 20 °C (Varón,2003; Ramadan and Ponce, 2004).

Kolam anaerobik merupakan salah satu cara paling ekonomis untuk mengolah limbah organik. Umumnya satu kolam anaerobik sudah cukup memadai untuk mengolah air limbah yang kandungan BOD-nya kurang

dari 1.000 mg/l. Namun jika kolam ini digunakan untuk mengolah air limbah industri berdaya cemar tinggi, maka dibutuhkan tiga buah kolam anaerobik yang disusun secara seri agar proses degradasi dapat berlangsung dengan optimal (Ramadan and Ponce, 2004).

Masalah yang sering timbul dalam pengoperasian kolam anaerobik adalah munculnya bau yang menyengat. Munculnya bau ini sangat terkait dengan kandungan sulfat (SO_4) dalam air limbah. Pada kondisi anaerob SO_4 akan berubah menjadi gas H_2S yang memiliki bau sangat menyengat; selain H_2S , beberapa senyawa lain yang terbentuk dari dekomposisi anorganik karbohidrat dan protein juga dapat menimbulkan bau yang menyengat. Untuk menghindari masalah bau ini, maka kandungan SO_4 dalam air limbah harus dikontrol. Menurut Gloyna and Espino (1969) dalam Ramadan and Ponce (2004), bau menyengat tidak akan muncul jika kandungan SO_4 dalam air limbah kurang dari 300 mg/l. Sesungguhnya keberadaan sulfida dalam jumlah sedikit memberikan keuntungan dalam proses pengolahan air limbah, karena sulfida akan bereaksi dengan logam-logam berat membentuk logam sulfida tidak larut yang akhirnya akan mengalami presipitasi (pengendapan).

Sebelum kolam anaerobik dioperasikan, dasar kolam harus diberi lumpur aktif (lumpur yang mengandung berbagai jenis mikroorganisme pengurai) yang dapat diambil dari kolam anaerobik lain yang telah "jadi". Selanjutnya kolam dapat dialiri air limbah dengan tingkat beban yang meningkat secara gradual; periode pemberian beban secara gradual ini dapat berlangsung selama satu hingga empat minggu. Hal tersebut penting dilakukan untuk menjaga nilai pH air tetap di atas 7 agar bakteri methanogenik dapat tumbuh. Pada bulan pertama pengoperasian, terkadang diperlukan penambahan kapur untuk menghindari proses asidifikasi (Varón, 2003).

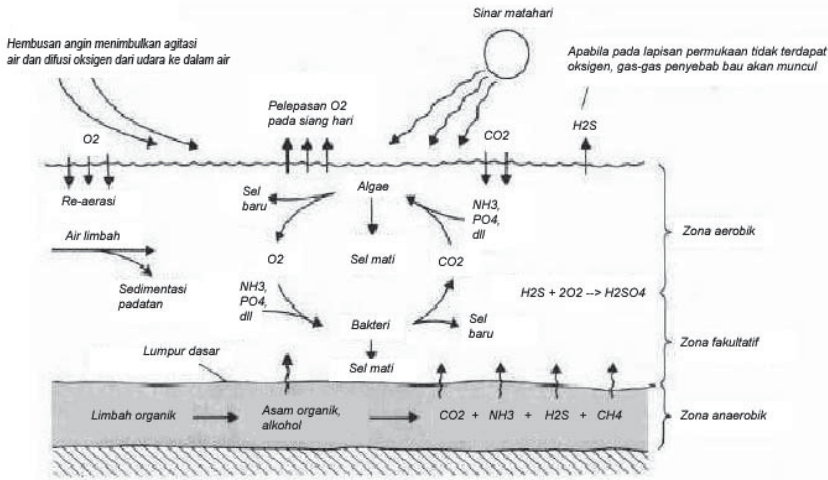
10.4.2 Kolam Fakultatif

Kolam fakultatif memiliki kedalaman 1-2 meter. Pada kolam ini proses pengolahan air limbah dilakukan oleh kerjasama mikroorganisme aerobik, fakultatif, dan anaerobik, serta alga. Ada dua macam kolam fakultatif, yaitu: (1) Kolam fakultatif primer yang menerima dan mengolah air limbah dari sumber pencemarannya dan (2) Kolam fakultatif sekunder yang

menerima dan mengolah air limbah yang telah diolah dalam kolam anaerobik. Proses-proses yang berlangsung pada dua macam kolam fakultatif ini sama. Kolam fakultatif primer biasa dibangun jika beban limbah yang akan diolah tidak terlalu besar atau jika lokasi pembangunan kolam terlalu dekat dengan fasilitas umum sehingga pembangunan kolam anaerobik yang umumnya mengeluarkan bau menyengat akan sangat mengganggu masyarakat sekitar (Daur: Informasi Lingkungan Kota dan Industri, Vol. 2 No. 1 Agustus 2001; Varón,2003; Ramadan and Ponce, 2004).

Kolam fakultatif didesain untuk mendegradasi air limbah yang bebannya tidak terlalu tinggi (100-400 kg BOD/Ha/hari pada suhu udara antara 20-25 °C), hal ini dilakukan agar jumlah populasi alga dalam perairan tetap terjaga, mengingat sumber oksigen terbesar kolam (yang sangat diperlukan oleh bakteri aerob untuk mendegradasi bahan organik) berasal dari fotosintesis alga. Karena keberadaan alga inilah kolam fakultatif terlihat berwarna hijau; walau terkadang kolam dapat terlihat berwarna sedikit merah jika beban organik yang masuk terlalu tinggi, hal ini disebabkan oleh munculnya bakteri *sulphide-oxidizing photosynthetic* yang berwarna ungu. Warna air ini dapat menjadi indikator untuk menilai apakah kolam fakultatif berada dalam kondisi baik atau tidak. Jenis-jenis alga yang dapat ditemukan di kolam fakultatif antara lain adalah: *Chlamydomonas*, *Pyrobotrys*, *Euglena*, dan *Chlorella*. Kelimpahan alga dalam kolam fakultatif bergantung pada jumlah beban organik dan temperatur, namun umumnya kelimpahan alga berkisar antara 500-2.000 µg Klorofil-a per liter (Varón,2003; Ramadan and Ponce, 2004).

Pada kolam fakultatif, bahan organik diubah menjadi CO₂, H₂O, serta sel bakteri dan alga baru; hal tersebut dilakukan dalam suasana aerobik. Oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis alga dimanfaatkan oleh bakteri aerobik untuk mendegradasi limbah organik lebih lanjut. Karena proses fotosintesis hanya dapat berlangsung pada kolom air yang masih menerima penetrasi cahaya matahari, maka pada kolom air bagian dasar tercipta kondisi anaerobik. Pada lapisan anaerobik ini bahan organik didegradasi oleh bakteri-bakteri anaerobik. Selain mendegradasi bahan organik, pada kolam fakultatif juga terjadi degradasi berbagai jenis mikroorganisme penyebab penyakit.



Gambar 10.2 Proses perombakan limbah organik pada kolam fakultatif (Tchobanoglous and Schroeder, 1987 dalam Ramadan and Ponce, 2004)

Terkadang para teknisi lingkungan lebih memilih untuk membangun dua buah kolam berukuran kecil daripada satu buah kolam berukuran besar; hal ini dilakukan untuk mempermudah proses pengerukan lumpur dasar. Pembangunan dua kolam berukuran kecil yang disusun secara paralel ini juga biasa dilakukan jika ukuran panjang tanah yang tersedia tidak memadai. Dalam operasionalnya, kolam fakultatif harus selalu terisi air, hal ini dilakukan untuk menghindari munculnya bau menyengat yang akan timbul bila air limbah dari kolam anaerobik memasuki kolam fakultatif kosong (Varón, 2003; Ramadan and Ponce, 2004).

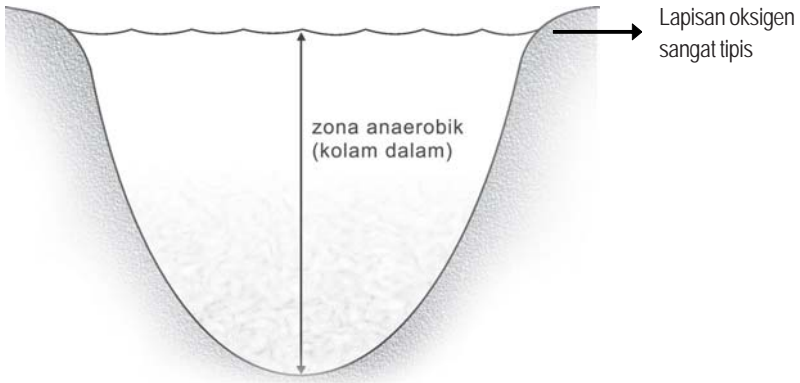
10.4.3 Kolam Maturasi (aerobik)

Kolam maturasi merupakan kolam sangat dangkal (kedalaman 1-1,5 m) yang didesain untuk mendegradasi kandungan mikroorganisme patogen dan nutrisi. Degradasi mikroorganisme patogen dan *faecal coliform* dalam kolam maturasi dilakukan oleh sinar matahari, yaitu melalui proses *exogenous photosensitization* yang dimediasi oleh oksigen. Jumlah dan ukuran kolam maturasi yang dibangun sangat bergantung pada kualitas

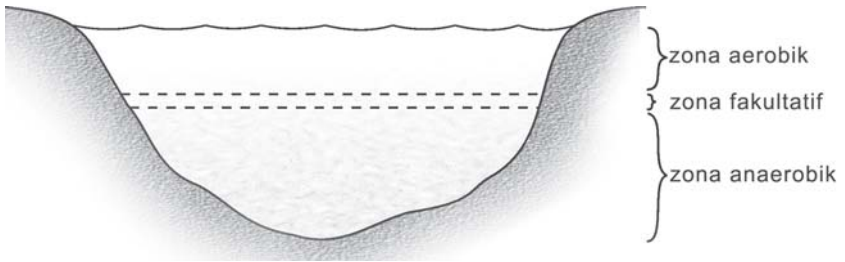
bakteriologi air olahan yang ingin dicapai. Kondisi kolam yang dangkal menyebabkan kolam ini hampir tidak memiliki stratifikasi secara vertikal dan oksigen terlarut terdapat pada keseluruhan kolom air. Keanekaragaman jenis alga pada kolam maturasi jauh lebih tinggi daripada kolam fakultatif (Curtis *et al.*, 1994, Varón, 2003).

Kolam maturasi umumnya hanya merupakan kolam tambahan yang dibangun jika pengelola pengolahan air limbah menginginkan kualitas air olahan yang jauh lebih baik (terutama dari sudut bakteriologi), karena sebetulnya air olahan dari kolam anaerobik dan kolam fakultatif telah cukup memadai bagi keperluan irigasi. Kolam maturasi juga dapat berfungsi sebagai penyangga (*buffer*) jika kolam fakultatif tidak bekerja seperti yang diharapkan (Ramadan and Ponce, 2004). Selain itu kolam maturasi juga berguna untuk mereduksi kandungan nutrisi, menurut Varón (2003) proses reduksi nitrogen dan fosfor pada kolam maturasi sangat signifikan, bahkan proses reduksi nutrisi pada kolam maturasi ini merupakan yang terbesar dari keseluruhan unit kolam stabilisasi limbah.

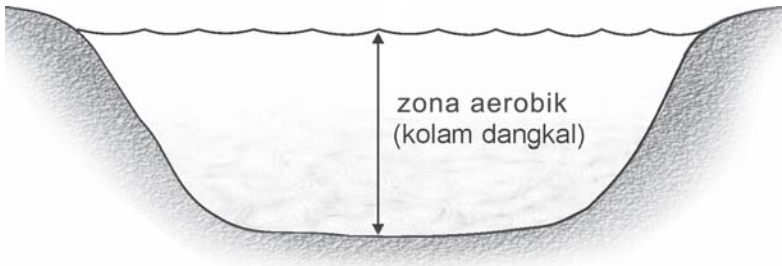
a.1 Kolam Anaerobik



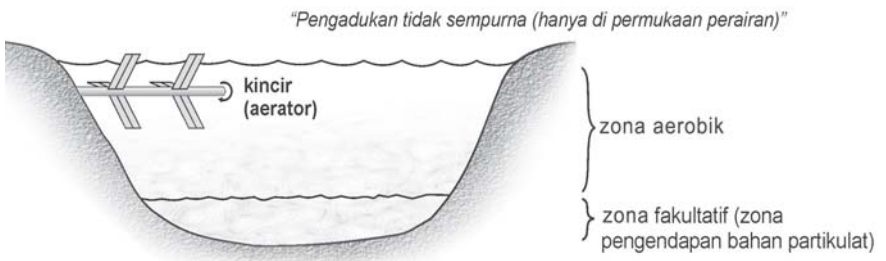
a.2 Kolam Fakultatif



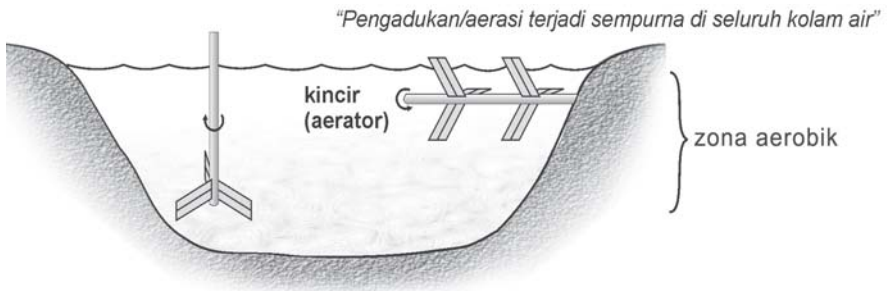
a.3 Kolam Maturasi (Aerobik)



b.1 Laguna Fakultatif



b.2 Laguna Aerobik



Gambar 10.3 Skema dari masing-masing tipe kolam dan laguna limbah. Dapat dilihat dalam gambar bahwa hal mendasar yang membedakan kolam dan laguna adalah keberadaan aerator, oleh karena itu pada laguna tidak terdapat tipe Laguna Anaerobik (dari Suryadiputra, 1994)

10.5 Perkembangan Kolam Stabilisasi Limbah di Indonesia

Pemanfaatan kolam untuk mengolah air limbah sebetulnya sudah banyak dilakukan di Indonesia sejak jaman dahulu, namun pembangunan kolam stabilisasi limbah yang baik menurut syarat-syarat teknis masih sangatlah kurang. Kolam-kolam ikan di perkampungan yang di atasnya terdapat fasilitas MCK (mandi-cuci-kakus) dapat dianggap sebagai salah satu bentuk kolam limbah sederhana; namun masyarakat umumnya tidak sadar bahwa sebetulnya kolam ikan (empang) tersebut juga berfungsi sebagai kolam limbah.

Sistem pembuangan air limbah modern di Indonesia pertama kali dibangun oleh pemerintah kolonial Belanda di beberapa kota besar (Bandung, Surakarta, Cirebon, dan Yogyakarta) selama pertengahan awal abad 20. Sistem pembuangan air limbah ini mengalirkan air limbah dari rumah-rumah ke suatu unit pengolahan air limbah berupa kolam-kolam stabilisasi. Dalam dua dekade terakhir pemerintah, dengan bantuan dari lembaga-

lembaga donor, mengembangkan sistem pembuangan air limbah yang telah ada tersebut dan membangun sistem pembuangan air limbah di beberapa kota lain seperti di Jakarta, Medan, dan Tangerang. Sistem pembuangan air limbah kota ini biasanya dikelola oleh PDAM atau oleh PD-PAL (Perusahaan Daerah-Pengolahan Air Limbah) (Sukarma and Pollard, 2001).

Tabel 10.1 Sistem pengolahan air limbah di beberapa kota di Indonesia (Sukarma and Pollard, 2001)

	Bandung	Cirebon	Jakarta	Medan	Surakarta	Tangerang	Yogyakarta
Tipe pengolahan	Oksidasi/ Kolam stabilisasi	Oksidasi/ Kolam stabilisasi	Laguna limbah	UASB, kolam fakultatif	Laguna limbah	Kolam anaerobik	Laguna limbah
Kapasitas pengolahan rata-rata (m ³ /hari)	81.000	16.000	21.600	20.000	3.750	5.500	15.500

Keterangan: UASB = Up-flow Anaerobik Sludge Blankets

Walaupun beberapa daerah di kota-kota besar sudah memiliki infrastruktur pengolahan air limbah, namun masyarakat umumnya lebih memilih membangun *septic tank* sendiri untuk pembuangan limbah MCK-nya daripada mengalirkannya ke sistem pembuangan air limbah kota; bahkan banyak masyarakat justru tidak mengetahui keberadaan fasilitas sistem pembuangan air limbah tersebut di daerah tempat tinggalnya. Di lain pihak beberapa masyarakat yang memanfaatkan fasilitas sistem pembuangan air limbah kota terkadang merasa kurang puas terhadap pelayanan yang mereka dapatkan, hal ini terutama disebabkan terhambatnya aliran air limbah karena adanya penyumbatan pipa oleh lumpur yang mengendap serta rusaknya pompa. Sementara itu pada daerah-daerah kumuh dimana kesadaran masyarakat akan sanitasi sangatlah rendah dan tingkat ekonomi masyarakat sangat rendah, hampir seluruh masyarakat tidak memiliki *septic tank*; mereka umumnya membangun MCK di pinggir sungai dan menggelontorkan air kotor dari kegiatannya sehari-hari langsung ke sungai.

Pada beberapa kompleks perumahan modern, pihak pengembang membangun infrastruktur pengolahan air limbah yang meliputi pipa-pipa penyaluran dan kolam-kolam stabilisasi. Biaya pembangunan infrastruktur pengolahan air limbah ini biasanya dibebankan pada harga jual rumah dan biaya operasinya dibebankan pada tiap rumah dalam bentuk iuran bulanan. Selain kompleks perumahan modern, ada juga daerah pemukiman biasa yang atas kesadarannya sendiri membangun fasilitas pengolahan air limbah; contohnya di Tlogomas, Malang. Di daerah tersebut masyarakat secara swadaya membangun fasilitas sanitasi berupa *septic tank*, saluran, dan kolam oksidasi air limbah; hal tersebut dilakukan setelah terjadi wabah diare pada tahun 1985 yang menelan korban 5 orang anak kecil; fasilitas pengolahan air limbah yang dibangun masyarakat ini cukup efektif mengurangi masukan limbah ke Sungai Brantas (Sukarna and Pollard, 2001).



(Foto: Yus Rusila Noor/Dok. WI-IP)

BAB 11

PARIT DAN SALURAN

Parit dan saluran (kanal) merupakan lahan basah buatan berupa perairan mengalir. Tujuan pembangunan parit dan saluran dapat bermacam-macam, mulai dari jalur transportasi, pengendali banjir, sampai irigasi pertanian. Walaupun pada dasarnya pembangunan parit dan saluran ditujukan bagi kepentingan manusia, namun tidak jarang pada perkembangannya keberadaan parit dan saluran malah mendatangkan masalah. Masalah yang muncul dari pembangunan parit dan saluran dapat sangat beragam, mulai dari hilangnya habitat bagi organisme tertentu, terganggunya sistem hidrologis, sampai berkembangbiaknya berbagai jenis hewan pembawa penyakit (vektor). Oleh karena itu pembangunan dan pengelolaan suatu parit dan saluran selain mempertimbangkan aspek teknis dan sosial-ekonomis juga harus selalu mempertimbangkan aspek ekologis.

11.1 Definisi Parit dan Saluran

Seperti telah disebutkan di atas, parit dan saluran adalah lahan basah buatan berupa perairan mengalir. Istilah **parit** biasa digunakan untuk menyebut perairan mengalir buatan berukuran kecil (sempit), sedangkan istilah **saluran** biasa digunakan untuk menyebut perairan mengalir buatan berukuran besar (lebar). Selain istilah parit, istilah selokan juga kadang digunakan untuk menyebut perairan mengalir buatan berukuran kecil.

11.2 Fungsi Dan Manfaat Parit dan Saluran

Parit dan saluran dibangun manusia untuk berbagai keperluan, dan terkadang daya guna parit dan saluran dapat melebihi dari apa yang direncanakan. Misalnya saluran yang tadinya hanya ditujukan bagi keperluan irigasi pertanian; pada perkembangannya dapat digunakan juga bagi keperluan perikanan, baik perikanan tangkap maupun perikanan budidaya. Pada lokasi hutan rawa gambut di Sumatera dan Kalimantan, saluran bahkan digunakan untuk sarana transportasi kayu tebangannya dari dalam hutan.

11.2.1 Fungsi Ekologis Parit dan Saluran

a. Mencegah bencana banjir

Pada beberapa daerah, saluran (kanal) dibangun untuk mengurangi bencana banjir yang biasa terjadi ketika air sungai meluap. Saluran ini dibangun dengan menyodet aliran sungai dan mengalihkan alirannya ke daerah lain. Banjir Kanal Barat (BKB) di Jakarta adalah salah satu contoh saluran yang dibangun untuk mengatasi masalah banjir. Kanal yang selesai dibangun pada tahun 1920 oleh Pemerintah Kolonial Belanda ini mengalir ke arah barat, membusur ke arah utara, dan mencurahkan airnya ke Teluk Jakarta (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004).

b. Mengalirkan kotoran

Saluran dan (terutama) parit juga dibangun untuk mengalirkan kotoran ke badan air yang lebih besar (sungai/kanal besar, danau, kolam pengolah limbah, atau laut). Pada kota yang telah tertata dengan baik, limbah dari perumahan dialirkan melalui parit-parit ke unit kolam-kolam pengolahan air limbah. Bandung, Surakarta, Cirebon, Jakarta, dan Yogyakarta adalah kota-kota yang sebetulnya sudah memiliki infrastruktur saluran-saluran air limbah dan kolam-kolam pengolahan air limbah, namun infrastruktur tersebut amat kurang difungsikan (baca juga *sub bab 10.5 Perkembangan Kolam Stabilisasi Limbah di Indonesia*). Sekarang ini di sebagian besar daerah di Indonesia, parit-parit yang menampung air kotor dari perumahan dan perkotaan umumnya langsung mengalir ke sungai.

Parit, saluran, dan perairan apapun sebetulnya tidak boleh menerima limbah padat. Namun karena rendahnya tingkat kesadaran masyarakat, pemandangan tersumbatnya parit-parit dan terhambatnya aliran saluran/sungai oleh berbagai jenis bahan padat menjadi hal yang sangat umum di Indonesia. Perilaku buruk ini pada akhirnya menimbulkan bencana banjir yang amat parah di banyak daerah di Indonesia.

c. Mengairi areal pertanian/mendukung kegiatan pertanian

Salah satu fungsi utama parit dan saluran adalah untuk mengairi areal pertanian (irigasi), dan terkadang air irigasi ini juga digunakan untuk mengairi kolam-kolam budidaya ikan air tawar (baca juga *sub bab 3.4.2 Tipe Sawah Berdasarkan Sumber Air dan Pengelolaannya* dan *sub bab 4.4.1 Tipe Kolam Berdasarkan Sumber Air*). Keberadaan saluran irigasi ini sangat penting dalam peningkatan hasil pertanian (terutama padi). Pembangunan dan pengembangan saluran irigasi sebagai salah satu bagian dari program intensifikasi pertanian terbukti telah mampu membuat Indonesia mencapai swasembada beras pada tahun 1970-an (Whitten *et al.*, 1999). Total areal yang dilayani oleh jaringan irigasi di Indonesia sekarang ini mencapai 6.771.016 Ha (Direktorat Pembinaan Teknis, Ditjen Pengairan, 1999 dan Bappenas, 2002 *dalam* Departemen Pertanian – Direktorat Jenderal Bina Sarana Pertanian, 2004).

Pada beberapa areal pertanian di lahan gambut (seperti di Sumatera dan Kalimantan), parit dan saluran justru dibangun untuk mengurangi kandungan air dan menghindari bencana banjir di lahan pertanian. Salah satu daerah yang melakukan hal ini adalah Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi. Pada daerah ini pemerintah (atas permintaan masyarakat) membuat parit dan saluran di lahan pertanian, tujuannya adalah untuk mengurangi banjir; namun ternyata proyek yang dilakukan secara tergesa-gesa tanpa memperhitungkan dampak lingkungan ini malah menimbulkan berbagai macam masalah. Parit dan saluran yang dibangun di lahan gambut ini telah menyebabkan tanah gambut menjadi kering karena air dalam tanah mengalir menuju parit dan saluran; hal ini selanjutnya menyebabkan lahan gambut menjadi rawan kebakaran pada musim kemarau. Sebaliknya pada musim hujan, keberadaan parit dan saluran ini malah menyebabkan bencana banjir yang lebih parah dari sebelumnya, hal ini karena permukaan air di sungai utama (Batang Berbak) lebih tinggi dari lahan pertanian, sehingga dengan adanya parit dan saluran – air semakin mudah masuk ke lahan pertanian (Arinal, 2003).

d. Habitat berbagai jenis hewan dan tumbuhan

Dalam parit dan saluran dapat ditemukan berbagai jenis hewan dan tumbuhan, baik yang bersifat menguntungkan ataupun merugikan, mulai dari yang berukuran besar (makro) sampai yang berukuran renik (mikro). Jenis-jenis hewan dan tumbuhan yang hidup di parit dan saluran sangat dipengaruhi oleh asal sumber air, tingkat kesuburan air, dan besarnya arus air. Jenis-jenis hewan dan tumbuhan yang hidup di parit dan saluran akan dibahas lebih lanjut pada *sub bab keanekaragaman hayati*.

11.2.2 Manfaat Ekonomis Parit dan Saluran

a. Jalur transportasi

Sejak jaman dahulu manusia menggunakan sungai dan danau besar sebagai jalur transportasi. Tingginya tingkat kebutuhan akan jalur

transportasi air menyebabkan masyarakat membuat saluran/kanal-kanal; hal ini terutama dilakukan pada daerah yang sulit dijangkau melalui jalan darat. Di hutan rawa gambut di Kalimantan dan Sumatera banyak dijumpai parit/saluran berukuran kecil (lebar 60-120 cm, dalam 70-100 cm, dan panjang 2-5 km) yang dibuat oleh para penebang kayu (baik legal maupun ilegal) untuk mengangkut kayu hasil tebangannya (Waspodo et al., 2004). Pada daerah bekas Pembukaan Lahan Gambut (PLG) Sejuta Hektar di Kalimantan Tengah, parit/saluran telantar yang tadinya dibangun untuk keperluan pertanian juga banyak digunakan untuk mengangkut kayu gelondongan.

b. Sarana parawisata/rekreasi

Pemanfaatan saluran/kanal untuk keperluan parawisata di Indonesia memang sangat kurang dilakukan, karena umumnya saluran/kanal (dan juga sungai) di Indonesia berada dalam kondisi kumuh; namun sebetulnya potensi pengembangan wisata saluran/kanal itu masih ada. Di berbagai kota besar di dunia, seperti di London, Amsterdam, Chicago, bahkan Singapura sungai dan kanal dibanggakan sebagai obyek wisata dan selalu tampil cantik dalam materi promosi wisata, namun di Indonesia - sungai dan kanal hampir selalu dijadikan tempat sampah, bahkan ada yang menyebut sungai dan kanal Indonesia sebagai “WC terpanjang di dunia” (Winarno, 2002).

Sekarang ini pemerintah sedang berupaya membangun Banjir Kanal Timur (BKT) yang rencananya akan rampung pada tahun 2010. Kanal Timur ini selain dirancang sebagai pengendali banjir juga dirancang sebagai sarana konservasi air (untuk pengisian air tanah), sarana pelabuhan dan lalu lintas, serta sarana rekreasi. BKT ini disiapkan untuk menjadi motor pengembangan wilayah Timur dan Utara Jakarta; prinsip pembangunan dan pengelolaannya adalah *waterfront city* (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004). Keberhasilan proyek pembangunan saluran/kanal ini tidak hanya tergantung pada lancarnya kucuran dana tetapi juga pada kesadaran dan kemauan masyarakat untuk memelihara lingkungan saluran/kanal dan sungai sebagai “halaman depan” (*waterfront*).

11.2.3 Manfaat Sosial dan Budaya Parit dan Saluran

Fungsi saluran/kanal sebagai jalur transportasi secara tidak langsung berkaitan dengan kondisi sosial-budaya masyarakat. Keberadaan saluran/kanal yang menghubungkan satu daerah dengan daerah lain memungkinkan masyarakat yang hidup di daerah tersebut berhubungan/berinteraksi satu sama lain, hal ini pada tahap selanjutnya akan berpengaruh pada kondisi sosial-budaya masyarakat. Keberadaan kanal juga berpengaruh pada mata pencaharian masyarakat setempat; contohnya banyak diantara masyarakat pinggir kanal yang kemudian berprofesi menjadi nelayan karena adanya potensi perikanan yang dapat diandalkan dari kanal.

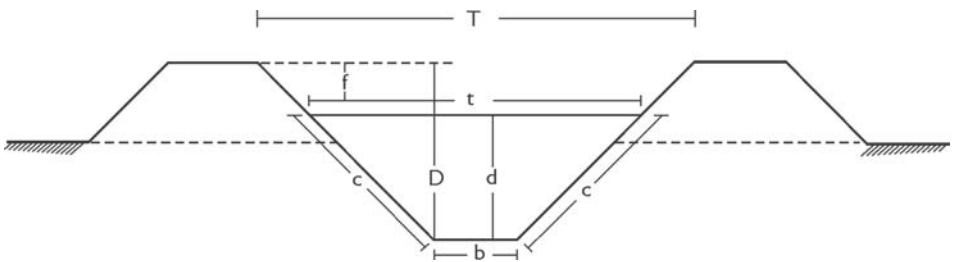
11.3 Proses Pembuatan Parit dan Saluran

Parit dan saluran dibuat dengan menggali tanah secara memanjang dengan posisi memotong suatu badan perairan (memotong sungai, danau, atau waduk). Hal utama yang harus diperhatikan dalam membuat parit dan saluran adalah topografi lahan, karena topografi akan menentukan arah aliran air. Selain itu, pembangunan parit dan saluran juga harus mempertimbangkan kondisi lingkungan dan tata guna lahan. Kondisi lingkungan yang harus diperhatikan tidak hanya lingkungan yang akan dilalui parit dan saluran tetapi juga lingkungan bagian hilir sungai yang menerima dampak dari dialihkannya aliran air.

Salah satu dampak lingkungan yang dapat muncul dari dialihkannya aliran air dari sungai ke parit dan saluran adalah turunnya produksi perikanan di sungai. Pengalihan aliran sungai telah menyebabkan turunnya kedalaman air dan kecepatan aliran air di bagian hilir sungai sehingga ruang hidup ikan semakin sempit dan akibatnya produksi ikan pun menurun. Selain itu pengalihan air sungai juga dapat mengubah siklus banjir di suatu dataran banjir; padahal siklus banjir pada suatu dataran banjir sangat terkait dengan produksi perikanan, Welcomme (1979) *dalam* Redding and Midlen (1991) menyebutkan bahwa produksi perikanan maksimum suatu dataran banjir terjadi setelah puncak banjir. Besarnya dampak lingkungan yang muncul dari pembangunan suatu saluran/kanal

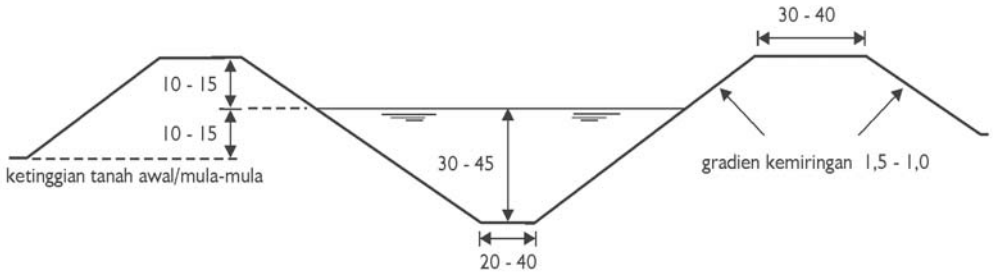
(khususnya kanal beskala besar) menyebabkan dibutuhkankannya suatu kajian mengenai dampak lingkungan (AMDAL) sebelum pembangunan saluran/kanal dimulai.

Secara teknis ada dua macam parit/saluran, yaitu parit/saluran yang pematang dan dasarnya dilapisi (*lined canals*) dan parit/saluran yang pematang dan dasarnya tidak dilapisi atau hanya berupa tanah (*unlined canals*). Bahan yang digunakan untuk melapisi parit/saluran umumnya bata atau batu; namun sekarang berkembang juga pemakaian plastik *polyethylene*, semen, dan *sealants* (bahan kimia berupa lilin pelapis) untuk pelapisan parit/saluran. Pelapisan pematang dan dasar parit/saluran dilakukan untuk mencegah rembesan air dan erosi. *Unlined canals* merupakan parit/saluran yang paling banyak dibuat di negara berkembang; saluran-saluran yang berukuran besar juga biasanya dibuat *unlined* atau *semi-unlined* (hanya pematang bagian atasnya saja yang dilapisi/ditembok). Parit dan saluran yang dibangun untuk keperluan irigasi (terutama yang dibangun oleh pemerintah) umumnya dibuat *lined*, hal ini dilakukan untuk menjamin kelangsungan umur parit dan saluran.

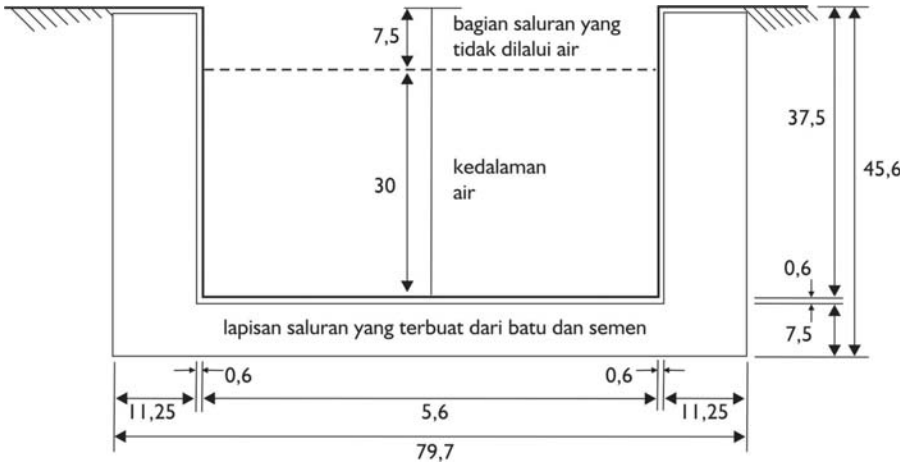


- Keterangan: T = lebar atas saluran
 t = lebar saluran pada ketinggian f
 D = kedalaman maximum saluran
 d = kedalaman saluran yang dilalui air
 c = pematang saluran yang dilalui air
 b = lebar dasar saluran/parit
 f = bagian pematang yang tidak dilalui air

Gambar 11.1a Penampang melintang parit dan saluran yang umum dibangun (dari Redding and Midlen, 1991)



Gambar 11.1b Penampang melintang unlined canal yang umum dibangun (dari Redding and Midlen, 1991)



Gambar 11.1c Penampang melintang lined canal yang umum dibangun (dari Redding and Midlen, 1991)

Parit dan saluran didisain untuk mengalirkan air tanpa kandungan material erosi. Penampang melintang *unlined canals* biasanya berbentuk trapesium untuk mengurangi potensi erosi; sedangkan penampang melintang *lined canals* biasanya berbentuk segiempat, hal ini dilakukan untuk menghemat pemakaian lahan. Pada *unlined canals*, pematang umumnya dibangun dengan gradien 1:1,5; namun untuk tanah berpasir gradien pematang dapat meningkat menjadi 1:2 dan untuk tanah lempung

gradien pematang dapat menurun menjadi 1:1. Gradien dasar parit/saluran sangat tergantung pada topografi lahan, namun umumnya gradien dasar parit/saluran adalah sekitar 0,1%. Gradien dasar parit/saluran kurang dari 0,05% dapat memperlambat aliran air sehingga meningkatkan potensi sedimentasi (Redding and Midlen, 1997).

11.4 Tipe-tipe Parit dan Saluran

Parit dan saluran dapat dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan konstruksi dan posisi/tingkatannya pada suatu jaringan irigasi. Pada sistem pengairan pertanian di lahan rawa juga dikenal beberapa sistem jaringan tata air yang merupakan modifikasi dari sistem jaringan irigasi konvensional yang umum dikenal.

Lined canals dan *unlined canals* yang telah dijelaskan diatas merupakan salah satu cara pembagian tipe parit dan saluran yang didasarkan pada tipe konstruksinya (atau lebih tepatnya berdasarkan ada tidaknya material pelapis parit dan saluran). Di bawah ini akan dijelaskan lebih lanjut tipe-tipe parit dan saluran yang lain.

11.4.1 Tipe Parit/Saluran Berdasarkan Keberadaan Alat Pengukur dan Pengatur Debit Air

Ada tidaknya alat pengukur dan pengatur debit air pada parit/saluran berkaitan dengan fungsi parit/saluran sebagai sarana irigasi. Alat pengukur dan pengatur debit air ini digunakan untuk mengontrol pembagian air ke petak-petak sawah (Departemen Pertanian - Direktorat Perluasan Areal Pertanian, 1982).

a. Saluran Irigasi Teknis

Saluran irigasi teknis adalah saluran irigasi yang jaringannya memungkinkan untuk mengukur dan mengatur debit air.

b. Saluran Irigasi Setengah Teknis

Saluran irigasi setengah teknis adalah saluran irigasi yang jaringannya memungkinkan untuk mengatur debit air tapi tidak dapat mengukur debit air.

c. Saluran Irigasi Non Teknis

Saluran irigasi non teknis adalah saluran irigasi yang jaringannya tidak memungkinkan untuk mengatur dan mengukur debit air.

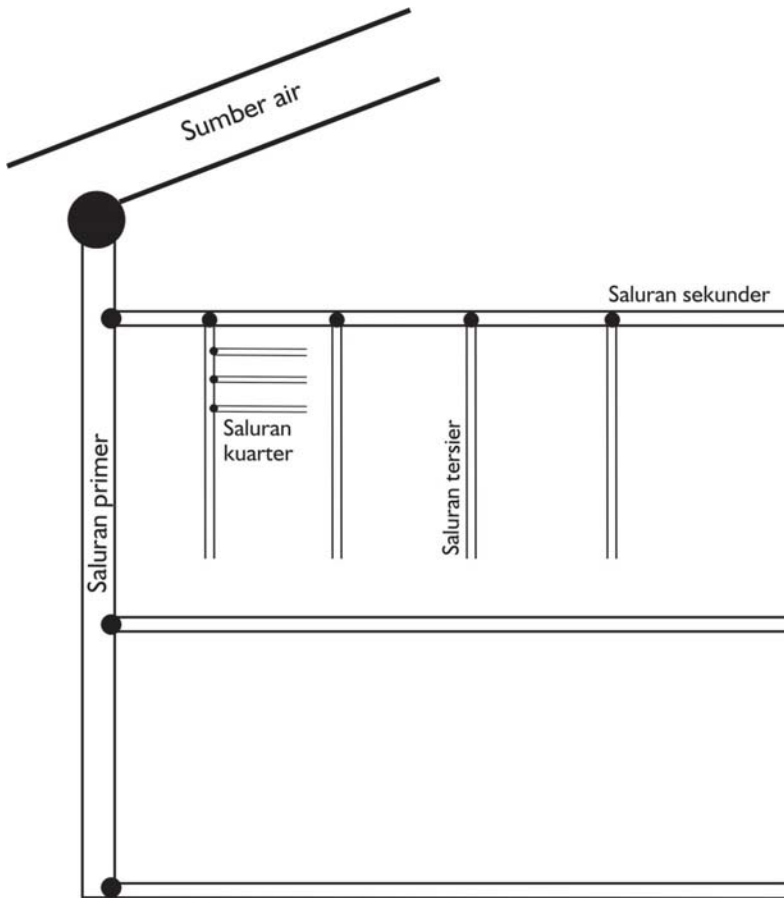
11.4.2 Tipe Parit/Saluran Berdasarkan Posisi/Tingkatannya pada Jaringan Irigasi

Posisi/tingkatan parit/saluran pada jaringan irigasi ini berkaitan dengan jalur distribusi air mulai dari sumber air sampai petak-petak sawah. Berdasarkan tingkatan ini parit/saluran dibedakan menjadi parit/saluran primer, sekunder, tersier, kuartier, dan seterusnya. Banyaknya tingkatan parit/sekunder ini tergantung pada skema sistem distribusi yang ada. Semakin tinggi tingkatan saluran semakin besar ukurannya – karena saluran ini harus membagi airnya ke saluran-saluran di tingkat bawahnya; jadi saluran primer berukuran lebih besar daripada saluran sekunder dan demikian seterusnya. Semakin rendah tingkatan saluran semakin kecil ukurannya, sehingga ia lebih umum disebut parit daripada saluran.

Tabel 11.1 Dimensi dan kecepatan aliran air pada tiap tipe parit/saluran berdasarkan tingkatannya

Tipe Kanal	Lebar Dasar (m)	Panjang (km)	Gradien Pematang (slope)	Kedalaman (m)	Kecepatan aliran air (l/dtk)
Primer	5 – 6	2,5	1,5 – 2	1 – 1,2	800
Sekunder	2 – 3	10	1,5 – 2	0,5 – 0,7	20 – 400
Tersier	0,01 – 0,1	100	1,0	0,1	0 – 20

Sumber: Redding and Midlen, 1997



Gambar 11.2 Layout skema irigasi (dari Redding and Midlen, 1997)

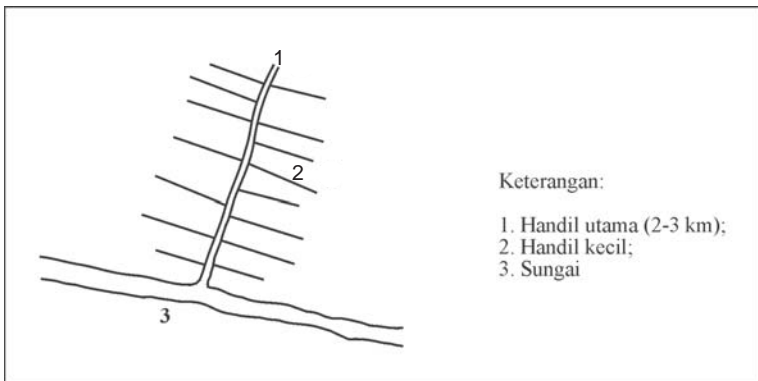
11.4.3 Tipe/Sistem Jaringan Tata Air Pertanian pada Lahan Rawa

Pada sistem jaringan tata air pertanian di lahan rawa dikenal beberapa tipe sistem jaringan, yaitu Sistem Handil, Anjir, Garpu, dan Sisir. Pengembangan sistem jaringan tata air di lahan rawa ini pada dasarnya bertujuan untuk mengendalikan air agar mutu fisik lahan (baik fisika, kimia, dan biologi tanah dan air) dapat sesuai bagi keperluan budi daya intensif (Noor, 2001).

a. **Sistem Handil**

Sistem Handil merupakan sistem tata air tradisional yang rancangannya berupa saluran sangat sederhana yang menjorok masuk dari muara sungai. Handil dalam masyarakat Suku Banjar diartikan sebagai suatu luasan lahan atau areal yang dibuka dengan sekaligus pembuatan saluran yang menjorok masuk ke pedalaman dari pinggiran sungai besar. Di Sumatera, Handil dikenal dengan istilah **Parit Kongs**.

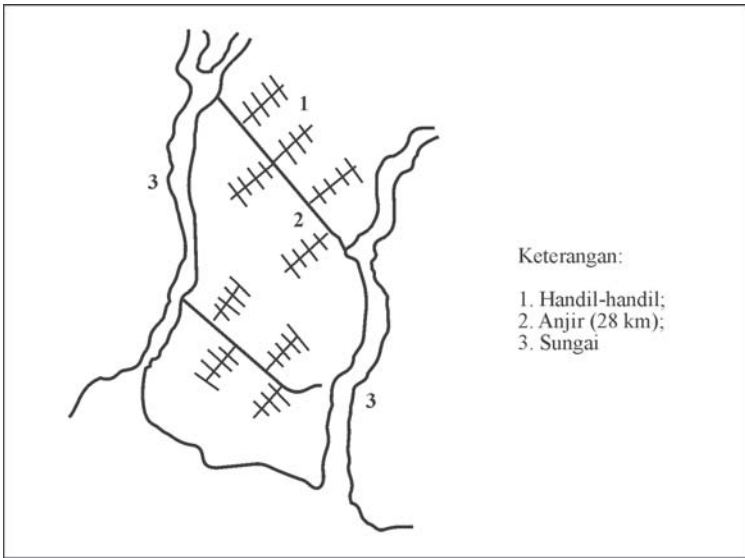
Saluran Handil berukuran lebar 2-3 m, dalam 0,5-1,0 m, dan panjang masuk dari muara sungai 2-3 km. Jarak antara Handil satu dengan lainnya berkisar antara 200-300 m. Ada kalanya, panjang Handil ditambah atau diperluas sehingga luas daerah pertanian keseluruhan dapat mencapai 20-60 Ha.



Gambar 11.3 Tipe sistem handil

b. **Sistem Anjir**

Sistem Anjir disebut juga Sistem Kanal, yaitu sistem tata air makro dengan pembuatan saluran besar yang menghubungkan dua sungai besar. Saluran yang dibuat dimaksudkan untuk dapat mengalirkan dan membagikan air yang masuk dari sungai bagi pengairan jika terjadi pasang dan sekaligus menampung air limpaan (pengatusan) jika terjadi surut. Pengairan dan pengatusan dilakukan melalui Handil-Handil yang dibuat sepanjang Anjir; dengan demikian – air sungai dapat dimanfaatkan untuk pertanaman secara lebih luas dan leluasa.



Gambar 11.4 Tipe/sistem anjir

Tabel 11.2 Wilayah jaringan Sistem Anjir di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah.

Nama Jaringan	Tahun Dibuat	Wilayah Kanal	Panjang (km)	Luas Areal (Ha) ^a
Anjir Serapat ^b	1880 – 1935	S. Barito – S. Kapuas Murung	28,5	28.500
Anjir Tamban ^b	1936	S. Barito – S. Kapuas Murung	25,3	25.300
Anjir Talaran	1969	S. Barito – S. Kapuas Murung	26,0	26.000
Anjir Basarang ^b	1982	S. Kapuas Murung – S. Kahayan	24,5	24.500
Anjir Kelampan	1980	S. Kapuas – S. Kahayan	20,0	20.000

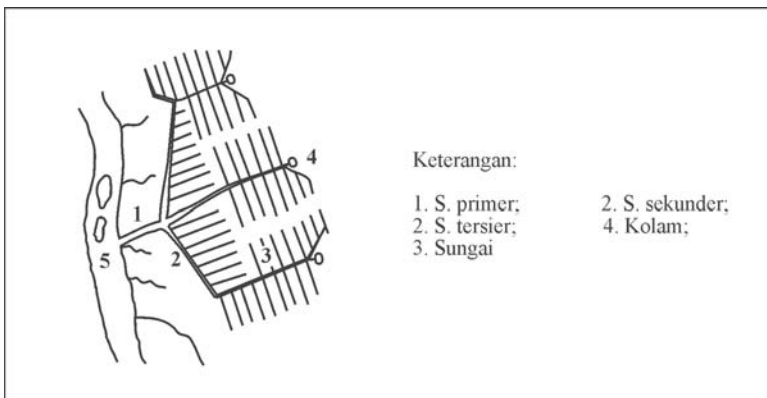
Keterangan: a : dari anggapan yang mampu dikembangkan masyarakat tradisional pedalaman menjorok masuk sekitar 2 km dari kanal/saluran anjir
 b : termasuk kawasan gambut

Sumber: Noor, 2001

c. Sistem Garpu

Sistem Garpu adalah sistem tata air yang dirancang dengan saluran-saluran yang dibuat dari pinggir sungai masuk menjorok ke pedalaman berupa saluran navigasi dan saluran primer, kemudian disusul dengan saluran sekunder yang dapat terdiri atas dua saluran bercabang sehingga jaringan berbentuk menyerupai garpu. Ukuran lebar saluran primer antara 10-20 m dan dalam batas di bawah batas pasang minimal. Ukuran lebar saluran sekunder antara 5-10 m (Notohadiprawiro, 1996 dalam Noor, 2001). Kisaran dimensi ukuran saluran primer, sekunder, dan tersier yang dirancang pada Sistem Garpu disajikan pada Tabel 11.3. Pada setiap ujung saluran sekunder Sistem Garpu dibuat kolam yang berukuran luas sekitar 90.000 m² (300 m x 300 m) sampai 200.000 m² (400 m x 500 m) dengan kedalaman antara 2,5-3,0 m.

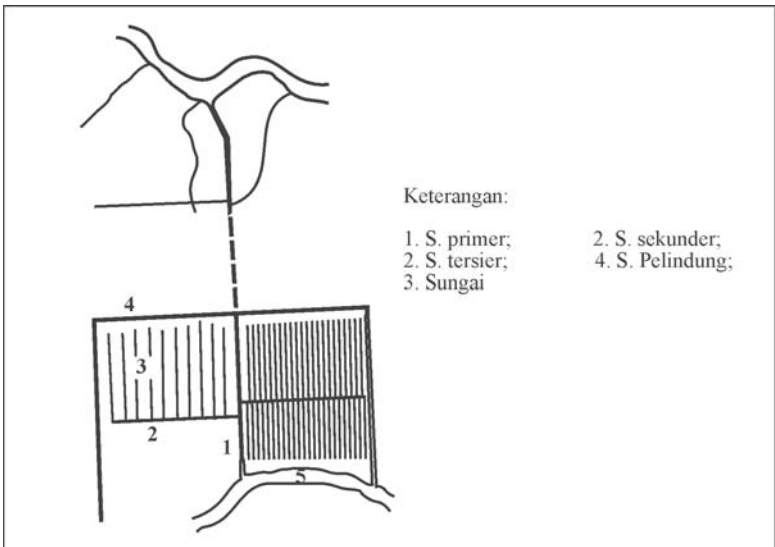
Kolam berfungsi untuk menampung sementara unsur dan senyawa beracun pada saat pasang, yang kemudian diharapkan akan keluar mengikuti surutnya air. Pada setiap jarak 200 -300 m sepanjang saluran sekunder dibuat saluran tersier. Sistem Garpu ini telah diterapkan di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah, luasan wilayah yang direklamasi untuk keperluan pertanian dengan sistem pengairan ini mencapai 150 ribu hektar.



Gambar 11.5 Tipe sistem garpu

d. **Sistem Sisir**

Sistem Sisir merupakan pengembangan Sistem Anjir yang dialihkan menjadi satu saluran utama atau dua saluran primer yang membentuk sejajar sungai. Pada Sistem Sisir ini panjang saluran sekunder dapat mencapai 10 km, sedangkan pada Sistem Garpu hanya 1-2 km (Notohadiprawiro, 1996 dalam Noor, 2001). Perbedaan lain, pada Sistem Sisir ini tidak dibuat kolam-kolam penampung di ujung-ujung saluran sekunder sebagaimana pada Sistem Garpu. Sistem saluran dipisahkan antara saluran pemberi air dan pengatusan. Pada setiap saluran tersier dipasang pintu air yang bersifat otomatis (*aeroflapegate*). Pintu bekerja secara otomatis – mengatur jeluk paras air sesuai dengan pasang dan surut. Kisaran dimensi dimensi ukuran saluran primer, sekunder, dan tersier yang dirancang pada Sistem Sisir disajikan pada Tabel 11.3.



Gambar 11.6 Tipe sistem sisir

Tabel 11.3 Dimensi ukuran saluran primer, sekunder, dan tersier pada Sistem Garpu dan Sistem Sisir pada areal lahan rawa gambut.

Jenis Saluran	Lebar (m)	Panjang (m)	Dalam (m)	Jumlah	Kemiringan
Sistem Garpu					
1. Primer	40 – 60	1.000 – 2.000	3,0 – 4,0	1	1 : 1
2. Sekunder	20 – 25	7.000 – 10.000	2,0 – 3,0	2 – 3	1 : 1
3. Tersier	1,0 – 1,5	1.000 – 2.000	1,0 – 1,5	50 – 70	2 : 1
Sistem Sisir					
1. Primer	20 – 40	1.000 – 4.000	3,0 – 4,0	1	1 : 1
2. Sekunder	15 – 25	3.000 – 10.000	2,0 – 1,0	2 – 3	1 : 1
3. Tersier	1,0 – 1,5	1.000 – 2.000	1,0 – 1,5	30 – 85	2 : 1

Sumber: Noor, 2001

11.5 Keanekaragaman Hayati Parit dan Saluran

Parit dan saluran memiliki keanekaragaman hayati yang cukup beragam, baik flora maupun fauna. Keanekaragaman hayati pada parit/saluran sangat terkait dengan tingkat kesuburan perairan parit/saluran dan tingkat keanekaragaman hayati pada perairan yang menjadi sumber air parit/saluran. Flora dan fauna yang terdapat pada parit/saluran umumnya berasal dari perairan yang menjadi sumber air parit/saluran, namun flora-fauna ini juga dapat berasal dari daerah-daerah yang dilewati oleh parit/saluran dan juga dari kegiatan introduksi (umumnya yang diintroduksi adalah ikan).

Tingkat keanekaragaman hayati pada parit/saluran umumnya lebih rendah daripada tingkat keanekaragaman hayati pada perairan yang menjadi sumber air parit/saluran. Selain itu pembangunan saluran (kanalisasi) juga biasanya menyebabkan berkurangnya populasi atau bahkan berkurangnya tingkat keanekaragaman hayati pada perairan yang

dikanalisasi; Tarplee *et al.* (1971) dalam Redding and Midlen (1991) menemukan fakta bahwa biomassa ikan pada sungai yang dikanalisasi 31% lebih rendah daripada sungai yang tidak dikanalisasi, selain itu ia juga menemukan bahwa terjadi penurunan biomassa makro invertebrata sebesar 78% pada sungai yang dikanalisasi.

11.5.1 Flora

Jenis-jenis flora yang hidup di parit/saluran, seperti telah disinggung diatas, kurang lebih akan mirip dengan jenis-jenis flora yang hidup di sungai yang dikanalisasi. Namun jika air parit/saluran berasal dari waduk atau perairan tergenang lainnya, jenis-jenis flora yang hidup di parit/saluran akan cukup berbeda dibandingkan jenis-jenis flora yang hidup di perairan tergenang yang menjadi sumber air parit/saluran tersebut, hal ini karena adanya perubahan tipe perairan dari tergenang menjadi mengalir; perairan tergenang umumnya memiliki keanekaragaman hayati yang lebih tinggi daripada perairan mengalir.

Jenis-jenis flora yang hidup di parit/saluran sangat terkait dengan kecepatan arus air. Bagian parit/saluran yang arusnya lebih lambat akan memiliki tingkat keanekaragaman flora lebih tinggi daripada bagian parit/saluran yang arusnya cepat. Selain itu jenis-jenis flora yang hidup di parit/saluran juga sangat terkait dengan ukuran parit/saluran dan tingkat kesuburan parit/saluran. Pada tabel 11.4 di bawah ini disajikan jenis-jenis tumbuhan air yang umum dijumpai di parit/saluran. Selain tumbuhan air berukuran besar, pada parit/saluran juga dapat dijumpai berbagai jenis fitoplankton. Jenis-jenis fitoplankton yang biasa ditemukan di parit/saluran umumnya sama dengan jenis-jenis yang biasa ditemukan di sungai, yaitu jenis-jenis fitoplankton dari kelompok Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae, Crysophyceae, dan Euglenophyceae (Suryadiputra *et al.*, 1999)

Tabel 11.4 Jenis-jenis tumbuhan air yang umum dijumpai di kanal

Tumbuhan air melayang (<i>submergent</i>)	Tumbuhan air terapung (<i>floating</i>)	Tumbuhan air mencuat (<i>emergent</i>)
<i>Algae</i> sp.	<i>Lemna</i>	<i>Typha</i>
<i>Myriophyllum</i>	<i>Azzola</i>	<i>Phragmites</i>
<i>Ceratophyllum</i>	<i>Hydrocharis</i>	<i>Carex</i>
<i>Naja</i>	<i>Salvinia</i>	<i>Scirpus</i>
<i>Hydrilla</i>	<i>Riccia</i>	<i>Cyperus</i>
<i>Elodea</i>	<i>Pistia</i>	<i>Acorus</i>
<i>Brasenia</i>	<i>Eichhornia</i>	<i>Eleocharis</i>
<i>Vallisneria</i>		<i>Limnocharis</i>
<i>Limnophyla</i>		<i>Glyceria</i>
<i>Utricularia</i>		<i>Sagittaria</i>
<i>Potamogeton</i>		<i>Pontederia</i>
<i>Ranunculus</i>		<i>Ludwigia</i>
<i>Polygonum</i>		<i>Persicaria</i>
<i>Spagnum</i>		<i>Nympaea</i>
		<i>Marsilia</i>
		<i>Jussiaea</i>
		<i>Ipomoea</i>
		<i>Nasturtium</i>

Sumber: Redding and Midlen, 1991

Keberadaan tumbuhan air pada parit/saluran irigasi umumnya dihindari karena tumbuhan air dapat menghambat arus air sehingga menghambat distribusi air ke petak-petak sawah; selain itu tumbuhan air juga menyebabkan tingginya tingkat evaporasi air. Tumbuhan air (gulma) dapat dihilangkan dengan metode mekanis, kimia, atau biologi. Metode mekanis dilakukan dengan mengeruk/mengangkat gulma dari perairan; metode kimia dilakukan dengan menggunakan herbisida, sedangkan metode biologi dilakukan dengan pemanfaatan ikan-ikan herbivora. Metode biologi

dianggap sebagai metode paling baik dalam mengatasi gulma; karena selain mengatasi gulma, dengan metode ini – masyarakat juga mendapat keuntungan tambahan dari produksi perikanan yang dihasilkannya.

11.5.2 Fauna

Ikan, zooplankton, bakteri, serangga, katak, dan moluska adalah kelompok fauna yang umum dijumpai di perairan parit/saluran (MacKinnon *et al.*, 2000). Jenis-jenis fauna yang hidup di parit/saluran ini ada yang bersifat menguntungkan dan ada yang bersifat merugikan. Ikan merupakan salah satu jenis fauna parit/saluran yang bermanfaat bagi manusia, karena selain menjadi sumber protein – ikan juga bermanfaat dalam menghilangkan gulma air.

Ikan Koan (*Ctenopharyngodon idella*) merupakan jenis ikan utama yang digunakan untuk mengatasi gulma air. Ikan Koan sangat efektif dalam mengatasi gulma air karena ia memiliki tingkat konversi makan yang amat rendah; Ikan Koan perlu memakan vegetasi sebanyak 48 gram untuk menaikkan berat badannya sebesar 1 gram, akibatnya ikan ini menjadi sangat rakus dalam memakan gulma air. Ikan Koan dapat mengkonsumsi sekitar 170 jenis tumbuhan air, dan beberapa diantaranya adalah tumbuhan air yang menjadi habitat spesies-spesies keong (*Bulinus* spp. dan *Biomphalaria* spp.) pembawa penyakit *bilharzia*. Selain Koan; Ikan Mas (*Cyprinus carpio*), Mujair (*Oreochromis mossambicus*), Nila (*O. niloticus*), dan Tawes (*Puntius javanicus*) juga memiliki kemampuan untuk mengontrol pertumbuhan gulma (Redding and Midlen, 1991).

Ikan-ikan yang hidup di parit/saluran selain berasal dari sungai (perairan yang dikanalisasi) juga dapat berasal dari kegiatan *restocking* dan kegiatan budidaya. Jenis-jenis ikan yang hidup di parit/saluran akan sangat dipengaruhi oleh jenis-jenis ikan yang hidup di perairan alami yang berhubungan dengannya.

Tabel 11.5 Jenis-jenis ikan yang ditemui di Saluran Primer Induk (SPI) 1 – Desa Mentangai – Kabupaten Kapuas – Kalimantan Selatan

Jenis Ikan	Status Kelimpahan
Haruan, Gabus, Toman, Kerandang (<i>Salarias, Channa</i>)	Sedang
Sepat rawa (<i>Trichogaster trichopterus</i>)	Sedang
Seluang (<i>Chela, Rasbora, Tylognathus</i>)	Banyak sekali
Kapar/Kakapar (<i>Sparus</i>)	Banyak sekali
Tambakan (<i>Helostoma temminckii</i>)	Banyak
Lele (<i>Clarias</i>)	Sedikit
Julung-julung (<i>Hemirhamphodon</i>)	Sedang
Lais, Tapah (<i>Silurichis, Pterocryptis, Ompok, Belodontichthys, Wallago, Kryptopterus, Ceratoglanis, Hemisilurus</i>)	Sedang
Belida (<i>Chitala, Notopterus</i>)	*
Baung (<i>Pelteobagrus, Mystus, Leiocassis, Bagroides, Bagrichthys</i>)	*
Puyaw (<i>Osteochillus, Cyclocheilichthys, Puntius</i>)	*
Lindung (<i>Monopterus albus</i>)	*

Keterangan: * : menurut informasi masyarakat

Sumber: Hasil survey Tim Wetlands International – Indonesia Programme (Juni, 2004)

Budidaya ikan di parit/saluran dapat dilakukan dengan Sistem Pagar (*pen culture*) dan Sistem KJA (Karamba Jaring Apung); di Indonesia sistem yang umum diterapkan adalah Sistem KJA. Kegiatan budidaya ikan dengan Sistem KJA ini antara lain dapat dijumpai di Bandung dan Cianjur; ikan yang umum dibudidayakan adalah Ikan Mas. Budidaya ikan dalam KJA ini tidak hanya dilakukan di parit/saluran irigasi, tapi juga di parit/saluran yang mengalirkan air kotor dari perumahan dan perkotaan (*sewage*). KJA-KJA yang digunakan di parit-parit Cianjur – menurut studi yang dilakukan Costa-Pierce and Effendi (1988) – umumnya berukuran 3 x 4 meter. Kepadatan sebaran pada KJA-KJA tersebut biasanya sebesar 1 kg/m³ dan ikan yang disebarakan umumnya berukuran 8-10 ikan/kg; dalam enam bulan ikan-ikan ini bisa mencapai ukuran 1 kg.

Di beberapa dusun di wilayah Sungai Puning, Kab. Barito Selatan – Kalimantan Tengah, banyak parit/saluran disekat sehingga airnya tertahan dan membentuk kolam; kolam ini biasa disebut **kolam beje** dan dimanfaatkan masyarakat untuk menjadi perangkap ikan-ikan alami yang masuk ke dalam beje ketika sungai di sekitarnya meluap. Jenis-jenis ikan yang terperangkap ini diantaranya ikan Gabus (*Channa striata*), Lele (*Clarias batrachus*), Betok (*Anabas testudineus*), Sepat (*Trichogaster* sp.), dan Tambakan (*Helostoma teminckii*) (Waspodo *et al.*, 2004).

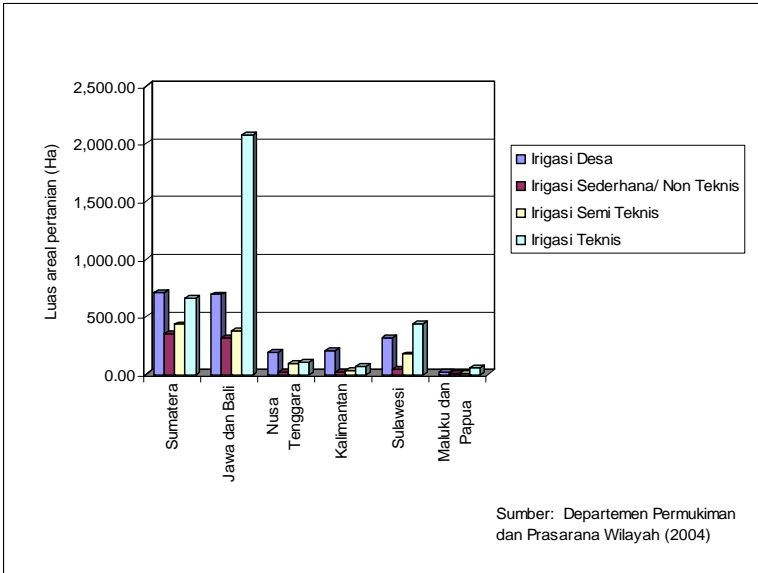
Jenis-jenis zooplankton yang hidup di parit/saluran kurang lebih mirip dengan jenis-jenis yang biasa ditemukan di sungai, yaitu jenis-jenis yang mampu beradaptasi dengan perairan mengalir, misalnya jenis-jenis dari kelompok Rhizopoda, Ciliata, dan Rotatoria (Suryadiputra *et al.*, 1999). Beberapa jenis zooplankton ini bermanfaat sebagai makanan alami ikan. Pada bagian parit/saluran yang airnya sedikit tergenang juga dapat dijumpai larva nyamuk, oleh karena itu terkadang keberadaan parit/saluran sangat terkait dengan penyebaran penyakit malaria. Perkembangbiakan larva nyamuk ini dapat dikontrol oleh keberadaan ikan; di Kalimantan, ikan Kepala timah (*Aplocheilichthys panchax*), Gupi (*Poecilia reticulata*), dan Padi (*Oryzias javanicus*) dimanfaatkan untuk mengendalikan perkembangan larva nyamuk di parit-parit (MacKinnon *et al.*, 2000).

Selain nyamuk, hewan pembawa penyakit lain yang dapat dijumpai di parit/saluran adalah cacing *Wuchereria bancrofti*, yaitu cacing yang menyebabkan penyakit filariasis/kaki gajah (MacKinnon *et al.*, 2000). Pada parit/saluran juga dapat dijumpai bakteri *E. coli*, dan bakteri-bakteri patogen seperti: *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, dan *Staphylococcus* (Sunoko *et al.*, 1994).

11.6 Penyebaran Parit dan Saluran di Indonesia

Parit dan saluran dapat dipastikan tersebar di seluruh wilayah Indonesia, mulai dari pelosok daerah sampai kota-kota besar. Sedemikian luasnya penyebaran parit dan saluran di Indonesia, menyebabkan pengumpulan data yang lengkap dan akurat mengenai keseluruhan sebaran parit dan saluran di Indonesia sangatlah sulit. Data sebaran parit/saluran yang ada sekarang ini hanya terbatas pada parit/saluran yang digunakan untuk

keperluan irigasi. Pada Gambar 11.7 dapat dilihat luas areal pertanian yang dilayani oleh tiap tipe jaringan irigasi untuk tiap-tiap pulau di Indonesia; sedangkan data yang lebih lengkap mengenai luas areal pertanian yang dilayani oleh tiap tipe jaringan irigasi per propinsi dapat dilihat pada Lampiran 11.



Gambar 11.7 Grafik sebaran jaringan irigasi Indonesia per pulau

11.7 Perkembangan Parit dan Saluran di Indonesia

Parit dan saluran telah dibangun di Indonesia sejak jaman dahulu. Dulu pembangunan parit dan saluran masih dilakukan secara sederhana tanpa mempertimbangkan aspek-aspek teknis. Seiring dengan berjalannya waktu, pembangunan parit/saluran di Indonesia semakin berkembang dan semakin mempertimbangkan aspek-aspek teknis.

Salah satu saluran/kanal tua modern yang dibangun di Indonesia adalah Banjir Kanal Barat (BKB) di Jakarta. Banjir Kanal Barat ini selesai dibangun oleh pemerintah Hindia Belanda pada tahun 1920; pembangunan saluran/kanal ini tidak hanya ditujukan bagi pengendalian banjir tetapi juga bagi

pengadaan air untuk keperluan pembersihan kota di musim kemarau. Pembangunan BKB merupakan bagian dari Rencana Perbaikan Tata Air Ibu Kota Batavia yang kemudian lebih dikenal dengan sebutan Rencana van Breen. Perumusan Rencana van Breen ini bermula dari terjadinya peristiwa banjir besar di Jakarta/Batavia pada tahun 1918. Pada saat itu pemerintah Hindia Belanda memperkirakan bahwa akan terjadi banjir susulan seiring dengan dibukanya hutan di daerah pegunungan di Selatan Bogor untuk keperluan perkebunan teh. Semakin meningkatnya arus banjir dari arah Selatan disertai oleh semakin pesatnya pembangunan di kota Jakarta dan semakin berkurangnya daya tampung saluran/kanal akibat sampah dan sedimentasi menyebabkan BKB tidak lagi berfungsi sebagaimana mestinya; selain itu posisi kota Jakarta yang memang berada di bawah paras air laut juga menyebabkan kota Jakarta sangat rawan mengalami banjir pada saat laut pasang. Untuk mengatasi masalah banjir di Jakarta, pemerintah terus melakukan berbagai upaya; antara lain dengan pengerukan saluran/kanal, pembersihan saluran/kanal dari sampah, pembersihan sempadan saluran/kanal dari rumah-rumah liar, dan pembangunan Banjir Kanal Timur (BKT) yang rencananya akan selesai pada tahun 2010 (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004).

Pada tahun 1996 sampai 1998 pemerintah Indonesia membangun saluran dan parit berskala besar di lahan gambut Kalimantan Tengah untuk keperluan irigasi pertanian; pembangunan parit dan saluran ini merupakan bagian dari proyek “Pembukaan Lahan Gambut (PLG) Sejuta Hektar” atau dikenal juga dengan sebutan “Mega Rice Project (MRP)”. Proyek PLG yang tadinya diharapkan dapat meningkatkan produksi beras dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat ini pada akhirnya ternyata tidak berjalan seperti yang diharapkan. Eksploitasi hutan secara berlebihan dan pembangunan parit/saluran berskala besar telah mengganggu sistem hidrologi sungai-sungai besar di Kalimantan Tengah (S. Kahayan, Barito, Kapuas). Setelah proyek PLG ini berjalan sungai-sungai besar di Kalimantan Tengah itu sering mengalami banjir besar pada musim penghujan dan mengalami kekeringan pada musim kemarau. Seringnya bencana alam yang terjadi ditambah dengan kondisi lahan rawa yang memang kurang cocok ditanami padi dan merebaknya hama tikus menyebabkan banyak petani transmigran meninggalkan daerah PLG sehingga lahan-lahan yang telah dibuka tersebut menjadi telantar (Jaya, 2003; Latifolia, N. 2004).

Pembuatan parit/saluran di lahan gambut juga telah menyebabkan air dari lahan gambut keluar sehingga tanah menjadi kering dan rawan mengalami kebakaran. Kondisi demikian telah terbukti di berbagai lokasi lahan gambut di Kalimantan Tengah dan Sumatera yang terbakar pada lokasi-lokasi yang ada parit/salurannya. Untuk mengatasi bencana kebakaran di lahan gambut Kalimantan Tengah, sekarang ini Wetlands International – Indonesia Programme bersama masyarakat dan pemerintahan setempat melakukan kegiatan penyekatan parit/saluran. Penyekatan parit/saluran ini membentuk kolam-kolam memanjang (kolam beje) yang diharapkan akan meninggikan paras air pada tanah gambut sehingga tanah gambut tidak kering dan terhindar dari kebakaran. Kolam-kolam beje yang terbentuk ini juga dapat dimanfaatkan sebagai perangkap ikan; ikan-ikan yang terperangkap biasanya masuk ke kolam pada saat sungai meluap (Waspodo et al., 2004).

Ketika di satu sisi upaya pemerintah membangun persawahan di lahan rawa menimbulkan masalah lingkungan yang sangat besar; di sisi lain lahan-lahan produktif di P. Jawa dan Bali malah banyak dikonversi untuk keperluan lain. Tidak hanya persawahannya saja yang dikonversi, saluran irigasi pertaniannya pun banyak yang terputus sehingga mengganggu operasional sawah-sawah yang ada di hilirnya. Di Denpasar saja, dalam sepuluh tahun terakhir – jumlah subak yang beroperasi telah berkurang dari 44 menjadi tinggal 41. Terganggunya sistem pengairan subak ini antara lain disebabkan oleh tidak adanya koordinasi antara instansi-instansi pemerintah yang terkait. Misalnya, Dinas Tata Kota yang antara lain berwenang dalam mengeluarkan izin bagi pengembang, dalam melaksanakan fungsinya tidak berkoordinasi dengan Dinas Pekerjaan Umum yang menangani pengairan. Yang terjadi kemudian, banyak saluran irigasi pertanian terputus karena pengembang menutup saluran air tersebut (Kompas, 19 Agustus 2004).

Pembangunan dan pengelolaan parit/saluran merupakan kegiatan yang kompleks dan harus selalu mempertimbangkan aspek-aspek teknis, sosial-ekonomis, dan ekologis. Berbagai pengalaman yang telah ada juga harus selalu dijadikan bahan pertimbangan dalam perencanaan pembangunan, pembangunan, dan pengelolaan suatu parit/saluran.



*Rawa buatan di Situ Cibuntu
(Foto: Puslit Limnologi - LIPI)*

BAB 12

RAWA BUATAN

Rawa adalah kawasan yang terletak di zona peralihan antara daratan yang kering secara permanen dan perairan yang berair secara permanen (Maltby, 1991 dalam Khiatuddin, 2003). Ekosistem rawa ditandai oleh adanya genangan air (baik secara musiman maupun permanen) dan adanya vegetasi dengan luas penutupan lebih dari 10% (Wibowo *et al.*, 1996). Ekosistem rawa memiliki fungsi dan manfaat yang sangat besar bagi kehidupan makhluk hidup, mulai dari habitat berbagai jenis makhluk hidup, pengolah air limbah, sampai pengatur sistem hidrologi. Mulai tahun 1904 (di Australia tepatnya) manusia mulai membangun rawa buatan untuk keperluan pengolahan air limbah, namun perkembangan pemanfaatan rawa buatan ini kemudian berjalan sangat lambat (Fujita Research, 2004).

Penelitian mengenai kelayakan rawa untuk mengolah air limbah dimulai pada awal tahun 1950 di Max Planck Institute di Jerman oleh Seidel dan rekan-rekan (Seidel *et al.*, 1978). Penelitian ini berkembang pada tahun 1960-an dalam kolaborasi dengan Kickuth (1984). Kemudian ketertarikan akan bidang penelitian dan penerapan rawa buatan ini menyebar ke Amerika Utara dan Eropa. Di Amerika, penelitian rawa untuk pengolahan air limbah dimulai pada akhir tahun 1960-an dan meningkat secara drastis selama tahun 1970-an. Rawa buatan memang belum banyak dibuat untuk mengatasi masalah pencemaran air di Indonesia, namun sejak terjadinya krisis moneter di Indonesia pada tahun 1996, sistem pengolah air limbah alternatif yang lebih murah ini mulai dilirik untuk dimanfaatkan.

12.1 Definisi Rawa Buatan

Rawa buatan merupakan sebuah kompleks rancangan manusia yang terdiri dari substrat, tanaman, hewan, dan air yang meniru rawa alami untuk kegunaan dan keuntungan manusia (Hammer, 1989). Ditinjau dari fungsi rawa buatan yang pada umumnya digunakan bagi keperluan pengolahan air tercemar, rawa buatan dapat didefinisikan sebagai ekosistem rawa buatan manusia yang didesain khusus untuk memurnikan air tercemar dengan mengoptimalkan proses-proses fisika, kimia, dan biologi dalam suatu kondisi yang saling berintegrasi seperti yang biasanya terjadi dalam sistem rawa alami.

Rawa buatan dalam bahasa Inggrisnya diistilahkan sebagai “*constructed wetlands*”, walaupun seharusnya terjemahan dari *constructed wetlands* adalah “lahan basah buatan”, namun istilah rawa buatan dianggap lebih tepat digunakan – karena jika kita mengacu pada definisi lahan basah menurut Konvensi Ramsar, istilah lahan basah memiliki makna yang sangat luas (tidak hanya mencakup rawa saja).

12.2 Fungsi dan Manfaat Rawa Buatan

Rawa buatan (seperti halnya rawa alami) memiliki fungsi dan manfaat yang sangat beragam; walau demikian tujuan utama pembangunan rawa

buatan umumnya adalah untuk mengolah air limbah, sehingga konstruksi rawa buatan didesain sedemikian rupa agar dapat memenuhi tujuan tersebut.

Sifat rawa buatan yang multifungsi serta biaya pembangunan dan operasionalnya yang relatif lebih murah (dibandingkan dengan sistem pengolahan air limbah konvensional) menjadikan rawa buatan sebagai sistem alternatif pengolahan air limbah yang sangat cocok diterapkan di negara berkembang.

12.2.1 Fungsi Ekologis Rawa Buatan

a. Habitat berbagai jenis tumbuhan dan hewan

Tumbuhan (makrohidrofita) dan hewan renik (mikroorganisme) merupakan komponen utama rawa buatan dalam menjalankan fungsinya sebagai pengolah air limbah. Selain makrohidrofita dan hewan tingkat rendah (mikroorganisme), rawa buatan (terutama yang berskala besar) juga dapat menjadi tempat tinggal, mencari makan, dan berkembang biak berbagai jenis hewan tingkat tinggi seperti ikan dan burung air. Tingginya tingkat keanekaragaman hayati pada ekosistem rawa buatan dapat menjadi indikator bagus tidaknya kualitas lingkungan rawa buatan (Gelt, 1997).

Walau rawa buatan memiliki potensi besar untuk menjadi habitat bagi berbagai jenis tumbuhan dan hewan, namun karena umumnya tujuan utama pembangunan rawa buatan adalah untuk keperluan pengolahan air limbah maka jenis dan tingkat kepadatan (populasi) hewan dan tumbuhan yang hidup di rawa buatan perlu dikontrol dan dibatasi. Pemanenan tumbuhan biasanya perlu dilakukan secara rutin karena penutupan vegetasi yang terlalu besar akan menurunkan daya kerja rawa buatan sebagai pengolah air limbah. Beberapa jenis hewan yang hidup di rawa buatan juga dapat bersifat hama karena merusak (atau bahkan mematikan) tumbuhan air sehingga keberadaannya perlu dikontrol (Meutia, 2001c; Sim, 2003).

b. Pengolah air limbah/air tercemar

Tujuan utama pembangunan rawa buatan (seperti telah disinggung sebelumnya) adalah untuk mengolah air limbah. Rawa buatan dapat mengolah berbagai jenis air limbah, baik air limbah domestik, pertanian, perkotaan, industri, pertambangan, maupun air tercemar yang berasal dari *run-off*. Selain itu rawa buatan juga dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas air dari suatu sungai atau danau; untuk keperluan ini air dari sungai atau danau yang tercemar dibelokkan ke dalam rawa buatan dan didiamkan beberapa waktu dalam rawa buatan tersebut agar terjadi proses purifikasi air secara alami sebelum akhirnya dialirkan kembali ke dalam badan sungai atau danau. Rawa buatan yang berfungsi seperti ini banyak ditemukan di Amerika (USA), Australia, dan Eropa (Meutia, 2001c; Sim, 2003; National Small Flows Clearing House, 2004).

Luas lahan yang diperlukan untuk membangun rawa buatan relatif lebih besar dibandingkan luas lahan yang diperlukan untuk membangun unit pengolahan air limbah konvensional; namun jika ditinjau dari segi biaya, biaya investasi yang diperlukan untuk membangun rawa buatan masih jauh lebih murah karena sistem rawa buatan tidak memerlukan peralatan berteknologi tinggi, tidak memerlukan input energi (listrik) dan bahan-bahan kimia (koagulan, flokulan, pupuk), serta tidak memerlukan tenaga operator yang terlatih. Biaya yang diperlukan untuk membangun rawa buatan dapat lebih murah 50-90% daripada biaya yang diperlukan untuk membangun sistem pengolahan air limbah konvensional (National Small Flows Clearing House, 2004). Oleh sebab itu dilihat dari sifat-sifat yang dimilikinya, rawa buatan sangat cocok diterapkan di negara berkembang, dimana lahan kosong dan tenaga kerja kurang terlatih tersedia cukup banyak sementara permodalan untuk instalasi peralatan berteknologi tinggi sangatlah kurang. Uraian lebih rinci mengenai proses pengolahan air limbah pada rawa buatan disajikan pada Kotak 12.1.

KOTAK 12.1

Proses Pengolahan Air Limbah/Air Tercemar pada Rawa Buatan

Pengolahan air limbah/air tercemar dengan rawa buatan adalah sistem pengolahan air limbah yang memanfaatkan tumbuhan air dan mikroorganisme sebagai mesin pengolah limbah serta matahari sebagai sumber energinya. Oleh sebab itu sistem rawa buatan adalah sistem lingkungan (ekosistem) yang berkelanjutan (environmental sustainable). Pada prinsipnya sistem ini memanfaatkan aktifitas mikroorganisme yang menempel pada akar tumbuhan air dalam menguraikan zat pencemar dimana akar tumbuhan air menghasilkan oksigen sehingga tercipta kondisi aerobik yang mendukung proses penguraian tersebut. Pada akhirnya di dalam rawa buatan terjadi siklus biogeokimia dan rantai makanan, sehingga sistem ini merupakan sistem yang berkelanjutan.

Menurut Novotny dan Olem (1984), proses-proses yang terjadi di dalam rawa buatan secara lengkap meliputi proses-proses fisik, fisik-kimia, dan biokimia. Proses-proses fisik terdiri dari proses sedimentasi, filtrasi, pemangsaan, dan pemanasan. Proses-proses fisik-kimia terdiri dari proses adsorpsi bahan pencemar oleh tanaman air, sedimen, dan substrat organik. Sedangkan proses-proses biokimia terdiri dari proses penguraian zat pencemar oleh bakteri yang menempel pada permukaan substrat/media, perakaran tanaman, dan serasah serta penyerapan nutrisi dan zat-zat pencemar lainnya oleh tanaman. Pada proses penguraian oleh bakteri; proses penguraian secara aerobik (misalnya nitrifikasi) terjadi di zona aerobik dekat perakaran, proses anoksik (misalnya denitrifikasi) terjadi di daerah yang agak jauh dari perakaran, dan proses anaerobik terjadi di zona anaerobik dimana tidak terdapat oksigen.

Mikroorganisme, tanaman air, substrat/media, dan kedalaman kolom air merupakan faktor-faktor yang berperan dalam proses pengolahan air limbah pada rawa buatan.

(a) Mikroorganisme

Mikroorganisme pada rawa buatan biasanya melekat di permukaan perakaran dan substrat/media membentuk biofilm. Mikroorganisme berperan sangat penting dalam sistem rawa buatan karena mikroorganisme melaksanakan penguraian bahan-bahan organik baik secara aerobik maupun anaerobik. Mikroorganisme juga berperan dalam proses nitrifikasi dan denitrifikasi.

(b) Tanaman Air

Tanaman air pada rawa buatan berperan sebagai: (1) penyedia oksigen bagi proses penguraian zat pencemar; (2) media tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme; (3) menahan laju aliran sehingga memudahkan proses sedimentasi padatan, membantu proses filtrasi (terutama bagian perakaran tanaman), dan mencegah erosi; (4) penyerap nutrisi dan bahan-bahan pencemar lainnya; serta (5) pencegah pertumbuhan virus dan bakteri patogen dengan mengeluarkan zat-zat tertentu semacam antibiotik. Selain itu serasah tumbuhan juga dapat mencegah pertumbuhan jentik-jentik nyamuk dan mengurangi bau.

(kotak 12.1 – sambungan)

((c) Substrat/media

Substrat/media berperan sebagai tempat menempelnya mikroorganisme sehingga memperluas permukaan sistem rawa buatan. Selain itu substrat juga berperan untuk menyokong tumbuhan air, membantu proses filtrasi (terutama pada rawa buatan beraliran bawah permukaan/sub surface flow), dan menampung sedimen. Jenis substrat sangat mempengaruhi waktu detensi, oleh karena itu pemilihan substrat yang tepat sangat menentukan keberhasilan sistem dalam mengolah air limbah.

(d) Kolom air

Kolom air di dalam rawa buatan berperan penting, karena apabila kolom air terlalu dalam akan berpengaruh terhadap efisiensi rawa buatan.

Rawa buatan memiliki kemampuan yang cukup tinggi dalam menghilangkan bahan pencemar. Pada tabel di bawah ini disajikan hasil evaluasi mengenai kemampuan penyisihan bahan pencemar terhadap beberapa rawa buatan di Indonesia:

Tabel 12.1 Penyisihan Pencemar di Rawa Buatan

<i>Parameter</i>	<i>Kemampuan Penyisihan[%]</i>
<i>BOD</i>	<i>80-95</i>
<i>SS</i>	<i>50-90</i>
<i>COD</i>	<i>73-97</i>
<i>T-N</i>	<i>58-95</i>
<i>T-P</i>	<i>67-94</i>
<i>Coliform</i>	<i>99-100</i>

c. Mengatur sistem hidrologis

Rawa buatan (seperti halnya rawa alami) memiliki kemampuan dalam mengatur sistem hidrologi. Pada musim penghujan, rawa merupakan kawasan penyangga yang menampung kelebihan air

agar tidak langsung membanjiri dataran rendah di sebelah hilirnya. Ketika beban puncak curah hujan terjadi, rawa buatan meredam besarnya aliran air yang keluar dari sana. Sebaliknya, pada musim kemarau ketika curah hujan rendah, rawa buatan melepaskan sedikit demi sedikit cadangan air yang dikandungnya ke perairan yang berhubungan dengannya (termasuk juga akuifer). Dengan demikian, rawa buatan berfungsi untuk mengurangi besarnya fluktuasi aliran yang mengalir di perairan. Sama halnya dengan fungsi hutan di daerah pegunungan, rawa buatan berperan sebagai regulator aliran air, namun dengan daya tampung yang jauh lebih besar (Khatuddin, 2003).

12.2.2 Manfaat Ekonomis Rawa Buatan

a. Menghasilkan berbagai jenis tumbuhan dan hewan bernilai ekonomis

Seperti telah disinggung sebelumnya, rawa buatan merupakan habitat bagi berbagai jenis tumbuhan dan hewan, dan beberapa diantaranya merupakan hewan dan tumbuhan yang bernilai ekonomis. Tumbuhan bernilai ekonomis yang dapat dijumpai di sekitar kolam/sel rawa buatan antara lain adalah sagu, nipah, bakau, dan bambu. Berbagai tumbuhan air yang hidup di dalam perairan rawa buatan juga dapat memberikan keuntungan ekonomis, antara lain dengan menjadikannya sebagai makanan ternak, input reaktor gas bio, kompos, tanaman hias kolam, ataupun input industri kerajinan. *Cyperus papyrus* dan *Typha* adalah contoh tumbuhan rawa yang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman hias; *Cyperus papyrus* biasa diperjualbelikan dengan harga Rp 20.000-25.000/pot sedangkan *Typha* biasa diambil bunganya untuk keperluan rangkaian bunga. Di Brazil, daun *Typha* juga digunakan untuk membuat sejenis tikar atau kerajinan tangan lainnya. Jenis tumbuhan air lain yang dapat digunakan sebagai input industri kerajinan adalah Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Batang daun Eceng gondok kering dapat diekspor ke Jepang dengan harga Rp 2.000-3.000/kg. Di Jepang, batang daun eceng gondok dibuat tas, kursi, semacam keset, dan lain-lain. Tergantung dari desain dan ukurannya, tas dari eceng gondok ini dapat berharga antara ¥

2.000-5.000 (setara dengan Rp 160.000-400.000; kurs ¥ 1 = Rp 80). Di Jepang rawa buatan yang dikenal sebagai *Biotop* dibangun dipinggiran Danau Biwa dan Kasumigaura ditanami dengan berbagai jenis bunga seperti Iris dan Salada air yang hasilnya dapat dipanen dan dijual kepada masyarakat pengunjung.

Rawa buatan juga dapat ditanami oleh jenis-jenis pohon yang berguna dalam perdagangan karbon (seperti yang tercantum dalam Kyoto Protokol). Di New South Wales (Australia), Australian Wetlands sejak tahun 2003 bekerja sama dengan Southern Cross University mulai menanam pohon *Melaleuca* di rawa buatan Belongil Wetlands. Hutan *Melaleuca* yang akan dibuat tersebut rencananya akan meliputi areal seluas 500 hektar. Selain berperan dalam *polishing* air dan penyerap karbon, *Melaleuca sp.* (*Tea tree*) juga dapat digunakan sebagai obat seperti kayu putih.

Dari kelompok hewan, organisme bernilai ekonomis yang biasa dijumpai di ekosistem rawa buatan adalah ikan. Ikan-ikan tersebut biasanya sengaja ditebarkan untuk menambah daya guna rawa buatan. Jenis-jenis ikan yang ditebarkan itu antara lain adalah Karper rumput (*Ctenopharyngodon idella*), Wuchang (*Megalobrama amblycephala*), Karper perak (*Hypophthalmichthys molitrix*), Mas (*Cyprinus carpio*), Mujair (*Oreochromis mossambicus*), dan Nila (*O. niloticus*) (Khatuddin, 2003). Di Desa Ranca Panggung dan Muka Payung, Kabupaten Bandung, air hasil pengolahan rawa buatan digunakan sebagai sumber air kolam pembesaran ikan Nila (*Oreochromis niloticus*), Patin (*Pangasius pangasius*), dan Gurami (*Osphronemus gouramy*).

b. Sarana parawisata/rekreasi

Rawa buatan dengan desain bentang alam yang memikat juga dapat dimanfaatkan sebagai sarana parawisata/rekreasi. Masyarakat biasanya berkunjung ke rawa buatan untuk mengamati berbagai flora dan fauna yang hidup di rawa buatan. Rawa buatan yang dibuat dengan memperhatikan nilai estetika ini mulai banyak dibuat di hotel-hotel/resor di Pulau Bali. Selain berfungsi sebagai pengolah air limbah, rawa buatan tersebut juga bernilai jual lebih tinggi karena menambah indahny pemandangan hotel/resort tersebut.

12.3 Proses Pembuatan Rawa Buatan

Sistem rawa buatan dibangun berdasarkan kebutuhan untuk pengadaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan cara yang sangat sederhana dan biaya yang relatif murah. Untuk membuat rawa buatan perlu dilakukan studi awal mengenai karakteristik air limbah yang akan diolah, debit air limbah, dan hasil akhir yang diinginkan. Setelah ketiga hal tersebut diketahui maka dilakukanlah perhitungan untuk menentukan luas rawa buatan yang dibangun, waktu detensi, dan kedalaman kolam. Waktu detensi umumnya berkisar 1-7 hari, namun ada juga penelitian yang menggunakan waktu detensi lebih cepat (sekitar 8 jam). Pada kenyataannya rawa buatan berskala besar mempunyai waktu detensi yang lebih lama (biasanya sampai 20 hari). Kedalaman kolam rawa buatan biasanya berkisar antara 60-80 cm, sedangkan untuk kolam sedimentasi lebih dalam (sekitar 150 cm).

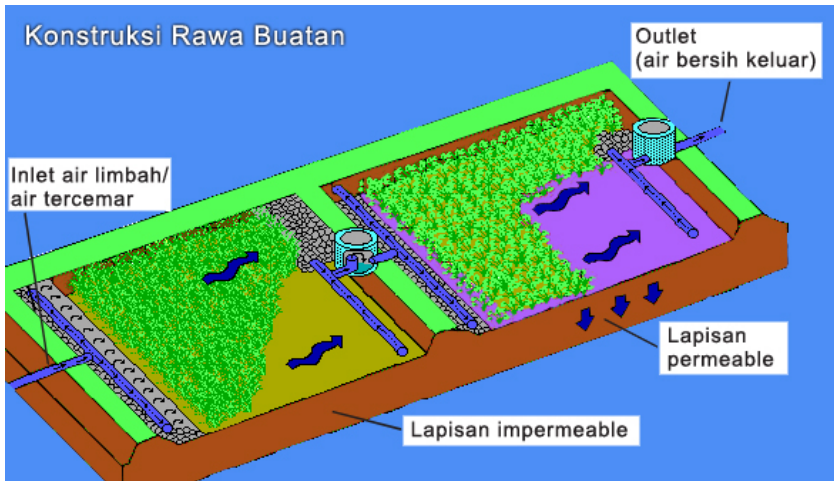
Selain karakteristik air limbah, debit air limbah, dan hasil akhir yang diinginkan – ada faktor-faktor lain juga yang harus diperhatikan dalam mendesain rawa buatan. Faktor-faktor tersebut adalah:

- (a) **Beban limbah.** Di dalam air limbah yang akan diolah, harus ditentukan parameter apa yang diharapkan paling tereduksi. Beban limbah berdasarkan parameter tersebut dijadikan dasar dalam mendesain luasan rawa buatan.
- (b) **Substrat/media.** Porositas substrat/media merupakan faktor yang menentukan dalam proses desain rawa buatan, oleh karena itu pemilihan substrat/media yang tepat harus dilakukan.
- (c) **Tanaman air.** Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan tanaman yang tepat sangat menentukan keberhasilan proses purifikasi di dalam rawa buatan.
- (d) **Fungsi masing-masing kolam.** Biasanya rawa buatan terdiri dari beberapa kolam yang memiliki fungsi masing-masing. Kolam pertama berfungsi untuk mengendapkan sedimen. Di dalam badan air kolam pertama ini tidak banyak tumbuh tanaman air, tanaman air hanya tumbuh di pinggir kolam. Kolam ke-dua berfungsi untuk

mereduksi BOD; untuk itu kolam ini biasanya berisi tanaman air yang cukup padat (seperti halnya *marsh wetlands*). Kolam ke-tiga berfungsi untuk mereduksi nitrogen; untuk itu kolam ini berisi tanaman air mencuat (*emergent*) dan mengapung (*floating*) yang tidak terlalu padat; pada kondisi kolom air seperti ini proses nitrifikasi dan denitrifikasi dapat berjalan dengan baik. Selain ketiga jenis kolam tersebut, tergantung dari tujuannya dapat pula diadakan kolam yang berisi tanaman air mengapung seperti eceng gondok yang sangat rapat sehingga kolom air di bawahnya berkondisi anaerob. Kolam terakhir dari unit rawa buatan merupakan kolam yang berfungsi untuk *me-recovery* (memulihkan) oksigen terlarut; untuk itu kolam ini memiliki sedikit tanaman tenggelam (*submergent*) agar dapat diperoleh konsentrasi oksigen terlarut yang cukup tinggi.

- (e) **Kemiringan kolam.** Penentuan kemiringan kolam diperlukan agar aliran air dapat terkontrol dan sesuai dengan arah aliran yang diinginkan. Kondisi kolam yang menghambat aliran air akan menyebabkan kolam tergenang dan alga tumbuh subur. Selain itu kemiringan kolam juga diperlukan agar sistem rawa buatan ini tetap menggunakan gaya gravitasi dalam pengaliran airnya sehingga tidak diperlukan pompa, dengan demikian biaya operasional rawa buatan dapat ditekan.
- (f) **Unsur estetika.** Agar rawa buatan terlihat menarik, sebaiknya dipilih tanaman air yang memiliki nilai estetika tinggi namun tetap memiliki daya pemurnian air yang baik.

Proses pembangunan rawa buatan secara garis besar dapat dibagi menjadi dua, yaitu proses konstruksi rawa buatan secara fisik dan proses penanaman tumbuhan air. Proses konstruksi rawa buatan secara fisik diawali oleh kegiatan pra-konstruksi (yaitu pembersihan dan penyiapan lahan), yang kemudian diikuti oleh kegiatan pembentuk kontour lahan dan pemasangan struktur pengontrol air. Pada tahap pembersihan lahan dan pengerukan, tumbuhan yang ada di lokasi pembangunan dan sisa-sisa akar dalam tanah dibersihkan agar proses konstruksi “sel/kolam” rawa buatan dapat berjalan dengan lancar. Selain itu beberapa spesies endemik yang memiliki nilai konservasi penting (jika ada) juga dipindahkan keluar area untuk dikonservasi secara *ex-situ* (Sim, 2003).



Gambar 12.1 Skema konstruksi rawa buatan

Setelah kegiatan pembersihan dan penyiapan lahan selesai dilakukan, dimulailah tahap pembentukan kontour lahan. Pada tahap pembentukan kontour lahan, untuk rawa buatan yang cukup luas traktor digunakan untuk mengeruk tanah; tanah yang dikeruk tersebut ditimbun di luar sel rawa buatan untuk digunakan kemudian. Kontour (topografi) lahan rawa buatan dibuat sesuai dengan arah aliran air yang diinginkan. Setelah kontour lahan terbentuk, tahap selanjutnya yang perlu dilakukan adalah membangun pematang sel rawa buatan dan memasang bahan pelapis. Pematang rawa buatan dibuat dari timbunan tanah hasil pengerukan sebelumnya sedangkan bahan pelapis dapat terbuat dari tanah liat atau plastik (*geotextile*). Pemasangan bahan pelapis ini bertujuan untuk mencegah meresapnya air limbah ke luar sistem dan mencegah masuknya air tanah ke dalam sistem. Bahkan untuk air limbah pabrik, pelapis kolam dapat dibuat dari beton. Setelah kedua hal tersebut selesai dilakukan, tahapan berikutnya adalah memasukkan bahan substrat (tanah, pasir, dan kerikil) ke dalam sel dan menyamaratkannya agar penyebaran aliran air limbah dapat berlangsung optimal (University of Minnesota, 2003; Sim, 2003).

Apabila konstruksi rawa buatan secara fisik selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah mengairi rawa buatan sampai cukup basah agar tanah dapat ditanami tumbuhan air. Setelah penanaman dilakukan dan

tumbuhan air mulai tumbuh dengan baik, ketinggian paras air ditingkatkan secara gradual sampai mencapai titik normal. Besarnya volume air yang dialirkan ke dalam rawa buatan akan sangat tergantung pada jenis rawa buatan yang akan dibangun (tipe “aliran permukaan”/”*surface flow*” atau tipe “aliran bawah permukaan”/”*sub surface flow*”). Pada rawa buatan tipe *surface flow* (SF), volume air yang dialiri ke dalam rawa buatan cukup banyak (ketinggian paras air biasanya sampai kurang dari 40 cm), sedangkan untuk rawa buatan tipe *sub surface flow* (SSF) aliran air di alirkan sampai setinggi sekitar 5 cm dibawah permukaan substrat yang bertujuan agar aliran tetap berada di bawah permukaan tetapi air tetap membasahi perakaran tanaman (Fujita Research, 2004; Sim, 2003).

12.4 Tipe-tipe Rawa Buatan

Rawa buatan secara umum dapat dibedakan berdasarkan fungsi dan rancangan aliran airnya. Di bawah ini dipaparkan tipe-tipe rawa buatan berdasarkan kedua karakteristik tersebut.

12.4.1 Tipe Rawa Buatan Berdasarkan Fungsi

a. Rawa ekoton suatu danau

Rawa ekoton suatu danau biasanya merupakan rawa alami, namun sekarang ini banyak danau sudah kehilangan ekotonnya sehingga pinggiran danau tampak gundul. Akhir-akhir ini mulai disadari kembali fungsi ekoton danau, oleh karena itu di beberapa tempat seperti di Cina dan Jepang mulai dibangun kembali rawa ekoton danau dengan cara meniru rawa alami. Rawa ekoton berfungsi untuk menahan pencemar yang berasal dari *non-point source* yang terbawa pada saat *run-off* air hujan. Pencemar yang berasal dari *non-point source* umumnya berkadar rendah bila kondisi sekeliling danau terpelihara oleh tumbuhan-tumbuhan yang dapat menahan masuknya pencemar ke dalam danau. Namun pencemar *non-point source* akan berkadar lebih tinggi bila kondisi sekeliling danau telah berubah menjadi daerah pertanian, pemukiman, dan atau industri.

b. Rawa buatan riparian sungai

Vegetasi riparian sungai biasanya tumbuh secara alami dan berfungsi dalam menahan erosi pada saat volume air sungai meningkat atau pada saat hujan lebat. Tetapi saat ini banyak sungai di Indonesia sudah tidak mempunyai vegetasi riparian lagi karena adanya aktivitas penebangan liar dan pembangunan pemukiman. Hal ini menyebabkan terbawanya padatan ke dalam sungai yang pada akhirnya menyebabkan air sungai menjadi keruh. Rawa buatan yang dibuat dipinggiran sungai sangat membantu dalam mereduksi sedimen yang masuk ke dalam sungai (Meutia, 2001c). Sebagai contoh rawa buatan yang dibuat di pinggir Sungai Des Plaines (35 mil ke arah utara Chicago di dekat Wadworth, Illinois, Amerika Serikat). Rawa buatan di pinggir S. Des Plaines ini menunjukkan efisiensi penyisihan sedimen yang berkisar antara 86-100% dalam empat kolam (sel) selama musim panas dan 38-95% selama musim dingin (Anonymus, 1994). Rawa buatan skala percobaan dengan fungsi seperti ini juga dibangun di Desa Selacau, Kabupaten Bandung.

c. Rawa buatan untuk reklamasi daerah pertambangan

Kegiatan pertambangan biasanya menghasilkan tailing dalam jumlah banyak, dan tailing tersebut umumnya mengandung logam-logam yang berbahaya bagi kesehatan. Pembangunan rawa buatan merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk membersihkan tailing dan lahan bekas pertambangan. Pada rawa buatan, tanaman air akan menyerap logam-logam dan menyimpannya di dalam bagian tubuhnya (terutama di bagian akar). Biasanya tailing dari kegiatan pertambangan ditampung di dalam kolam-kolam; dengan demikian proses pembuatan rawa buatan menjadi lebih mudah. Karena kolam-kolam telah tersedia, hal yang perlu dilakukan selanjutnya adalah menanam tanaman air di kolam-kolam yang ada (terutama di bagian tepinya). Jenis tanaman air yang terbukti mampu merehabilitasi lahan pertambangan antara lain adalah *Phragmites*. Biasanya tanaman berkayu lebih banyak digunakan untuk merehabilitasi lahan tambang karena pohon dapat menyimpan logam-logam berat lebih lama.

d. Rawa pinggir pantai (*coasta*)

Rawa buatan pinggir pantai umumnya berfungsi untuk menahan laju erosi dan sedimentasi. Untuk daerah tropis tanaman yang digunakan biasanya mangrove (seperti yang telah dilakukan di Thailand), sedangkan untuk daerah empat musim tanaman yang digunakan biasanya *Typha*. Kedua tanaman tersebut digunakan karena mampu beradaptasi dengan salinitas tinggi. Rawa buatan berskala kecil sejenis ini telah dicoba di Sulawesi; rawa buatan yang dibangun tersebut digunakan untuk sirkulasi air di tambak udang Windu.

e. Rawa buatan stormwater (*stormwater wetlands*)

Rawa buatan ini dibuat untuk menampung luapan air pada saat musim hujan dan mengendapkan padatan yang terkandung di dalamnya. Pada saat hujan, *run-off* membawa banyak padatan yang mengandung zat-zat pencemar yang berasal dari jalan, lahan pertanian, pemukiman, dan perkotaan; berbagai zat pencemar yang terbawa oleh *run-off* tersebut ditampung dan diolah di dalam rawa buatan. Selain mengatasi pencemaran, *stormwater wetlands* juga berfungsi dalam mitigasi banjir. Rawa buatan yang dibangun di daerah hulu dekat Danau Ruffey di sebelah timur Melbourne (Australia) adalah salah satu contoh *stormwater wetlands*. Rawa buatan tersebut memiliki fungsi untuk: mencegah banjir dan mengontrol aliran air ke dalam danau, memperbaiki kualitas air, meningkatkan keindahan bentang alam, sarana rekreasi/parawisata, serta habitat hidupan liar. Walaupun memiliki skala lebih kecil, rawa buatan yang dibangun di daerah hulu dekat Situ Cibuntu (Cibinong) juga memiliki fungsi yang hampir sama dengan rawa buatan di hulu Danau Ruffey.

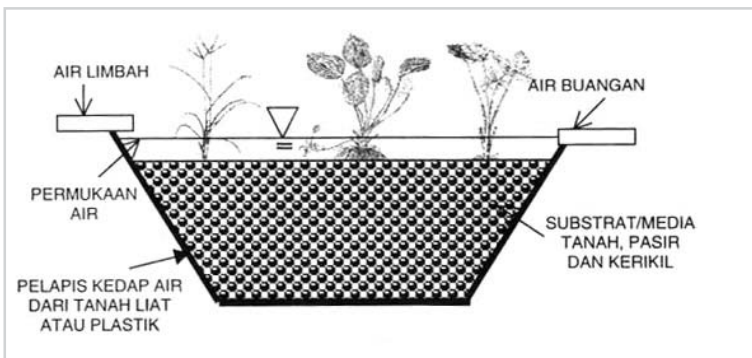
f. Rawa buatan pengolah air limbah

Rawa buatan ini merupakan rawa buatan yang sengaja dibangun untuk keperluan pengolahan air limbah. Sistem pengolahan air limbah dengan rawa buatan ini adalah salah satu alternatif pengolahan air limbah berbiaya relatif murah yang mulai digunakan untuk mengolah air limbah baik dari kegiatan domestik maupun industri.

12.4.2 Tipe Rawa Buatan Berdasarkan Rancangan Aliran Air

a. Rawa buatan beraliran permukaan (*surface flow/SF*)

Rawa buatan dengan sistem aliran permukaan terdiri dari kolam atau saluran dengan media alami (tanah) atau buatan (pasir/kerikil) untuk menyokong pertumbuhan tanaman air. Tanaman air mencuat (*emergent aquatic plant*) tumbuh di atas media dan air limbah diolah pada saat air mengalir di atas permukaan media melalui rumpun tanaman dan serasah (Meutia, 2001a). Rawa tipe ini mirip dengan rawa alami – dimana air limbah mengalir di sela-sela tumbuhan air, di atas permukaan media yang tergenang (Khiatuddin, 2003). Pada rawa buatan tipe ini, air limbah terutama diolah oleh bakteri yang menempel di batang, daun, dan rhizoma tanaman air. Ketinggian paras air pada rawa buatan tipe ini biasanya kurang dari 0,4 m (Fujita Research, 2004). Rawa buatan beraliran permukaan biasanya panjang dan sempit untuk mengurangi aliran air singkat (*hydraulic short circuiting*) (Meutia, 2001a).

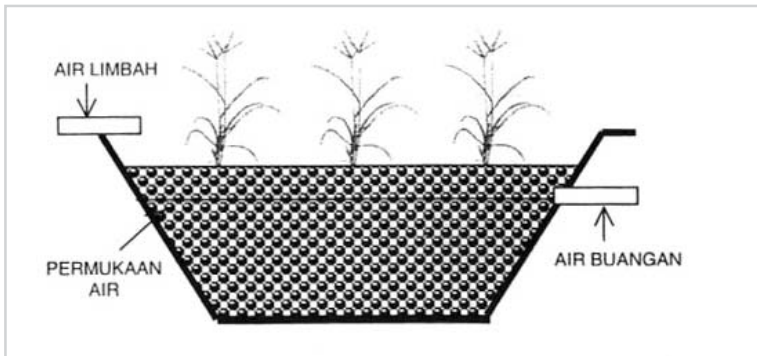


Gambar 12.2 Rawa buatan beraliran permukaan
(dari Khiatuddin, 2003)

b. Rawa buatan beraliran bawah permukaan (*sub surface flow/SSF*) secara horizontal

Rawa buatan dengan sistem aliran bawah permukaan ini terdiri dari saluran-saluran atau kolam-kolam dangkal yang berisi tanah, pasir, atau media porous (batu atau kerikil) yang akan membantu proses

penyaringan air. Air limbah mengalir di bawah permukaan media secara horizontal melalui zona perakaran tanaman rawa di antara kerikil/pasir (Meutia, 2001a). Dalam sistem pengaliran air di bawah permukaan ini, mikroorganisme sangat berperan dalam menghilangkan bahan pencemar. Mikroorganisme yang menempel di dekat akar menguraikan bahan pencemar secara aerob; kondisi substrat yang aerob di dekat perakaran tumbuhan ini disebabkan oleh adanya pasokan oksigen dari akar tanaman (Khiatuddin, 2003).



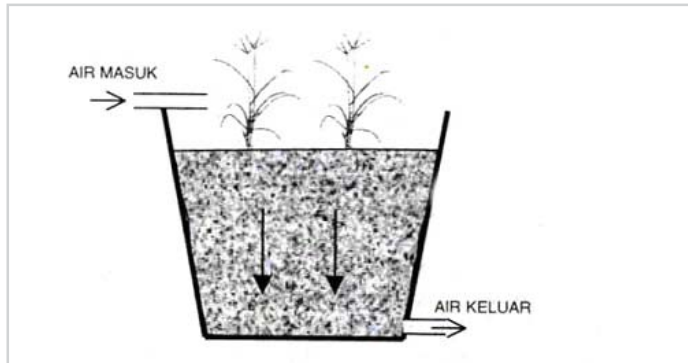
Gambar 12.3 Rawa buatan beraliran di bawah permukaan
(dari Khiatuddin, 2003)

c. Rawa buatan beraliran vertikal

Rawa buatan beraliran vertikal sering digunakan pada tahap awal sistem pengolahan air limbah –setelah proses pra pengendapan air limbah dilakukan. Pada rawa buatan tipe ini – air limbah dialirkan di atas permukaan kolam secara berselang-seling sehingga terjadi percikan air yang merembes/mengalir ke bawah melalui media kerikil dan sistem perakaran tanaman dimana proses-proses penjernihan alami secara aerobik berlangsung. Pengontrolan debit air perlu dilakukan agar tidak terbentuk genangan air di bagian dasar sistem rawa buatan sehingga kondisi aerobik dapat tercipta di seluruh bagian kolam (Meutia, 2001a).

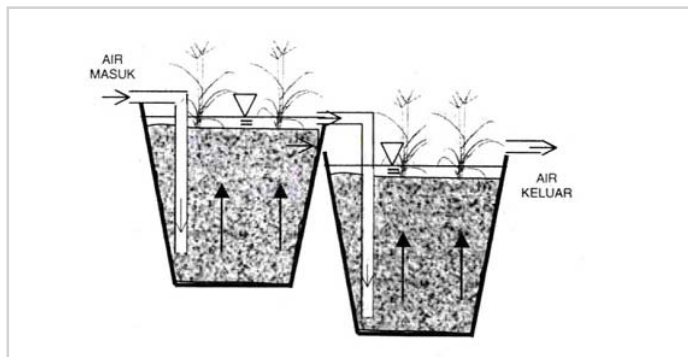
Menurut Khiatuddin (2003), rawa buatan beraliran vertikal ini dapat dibagi lagi menjadi dua tipe, yaitu:

- (i) Rawa buatan dengan tipe aliran vertikal menurun
Pada rawa buatan dengan tipe aliran vertikal menurun ini, air dialirkan di permukaan sistem lalu merembes melalui substrat yang dipenuhi oleh akar tanaman hingga kemudian mencapai dasar rawa untuk keluar dari sistem. Rawa buatan dengan sistem aliran ini mudah mengalami penyumbatan (*clogging*).



Gambar 12.4 Rawa buatan beraliran vertikal menurun (dari Khiatuddin, 2003)

- (ii) Rawa buatan dengan tipe aliran vertikal menaik
Pada rawa buatan tipe ini air disalurkan melalui pipa ke dasar sistem lalu naik pelan-pelan melalui substrat hingga kemudian keluar melalui saluran yang terletak di permukaan substrat.



Gambar 12.5 Rawa buatan beraliran vertikal menaik (dari Khiatuddin, 2003)

d. Rawa buatan dengan tanaman tenggelam

Rawa buatan dengan tanaman air tenggelam (*submerged aquatic plant*) biasanya ditempatkan di tengah-tengah unit sistem rawa buatan yang disusun seri, tepatnya setelah perlakuan air limbah dengan tanaman air mencuat dan sebelum perlakuan air limbah dengan tanaman air terapung. Fungsinya rawa buatan tipe ini sama dengan rawa yang menggunakan tanaman air mencuat tapi biasanya untuk air limbah yang kadar pencemarnya relatif rendah.

e. Rawa buatan dengan tanaman air terapung

Rawa buatan dengan sistem tanaman air terapung (*floating aquatic plant*) ini berguna pada tahap penjernihan akhir (*polishing*), yaitu setelah semua tahapan pengolahan air limbah dilakukan.

Rawa buatan dengan sistem aliran permukaan biasa diterapkan di Amerika Serikat, khususnya untuk pengolahan air limbah dalam jumlah besar dan untuk penanganan limbah nutrien; sedangkan rawa buatan dengan sistem aliran bawah permukaan digunakan secara luas di seluruh Eropa, Australia, dan Afrika Selatan. Di Indonesia kedua sistem aliran pada rawa buatan ini telah diterapkan dan hasil evaluasi statistik menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan efisiensi yang nyata antara kedua sistem tersebut (Meutia, 2001a).

12.5 Keanekaragaman Hayati Rawa Buatan

Rawa buatan memiliki keanekaragaman hayati yang cukup beragam, baik flora maupun fauna, baik yang berukuran makro maupun mikro (renik). Pada rawa buatan yang ditujukan bagi keperluan pengolahan air limbah/air tercemar, makrohidrofit dan mikroorganisme merupakan komponen flora-fauna utama yang menjalankan fungsi pengolahan air limbah/air tercemar. Berkaitan dengan fungsi itulah – maka pemilihan jenis-jenis flora yang akan ditanam di rawa buatan harus didasari pada kemampuannya dalam melakukan pengolahan air limbah. Selain kemampuan dalam pengolahan air limbah, faktor estetika dan manfaat

ekonomi juga dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam memilih jenis-jenis tumbuhan yang akan ditanam di dalam rawa buatan. Selain mengatur jenis-jenis flora, jenis-jenis fauna yang hidup di rawa buatan pengolah air limbah/air tercemar juga perlu diatur, karena terkadang beberapa jenis fauna dapat bersifat hama bagi tumbuhan air sehingga keberadaannya perlu dikontrol (Sim, 2003).

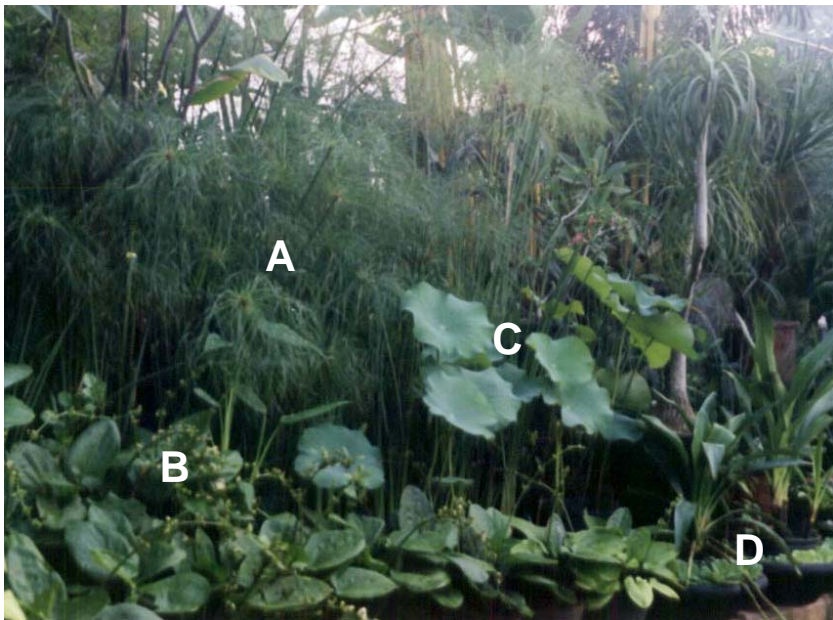
12.5.1 Flora

Tanaman air yang biasa digunakan di dalam rawa buatan dan telah terbukti mempunyai kemampuan baik dalam proses pengolahan air limbah/air tercemar dapat dikelompokkan menjadi:

- (i) **Tanaman air mencuat (*emergent aquatic macrophyte*)**, yaitu tanaman air timbul yang berakar di bawah air dan berdaun di atas air. Jenis-jenis tanaman air ini antara lain: Tifa/*Cattail (Typha)*, sejenis rumput/*Reed (Phragmites)*, Mata panah/*Arrowhead (Sagittaria japonica)*, Pisang air/*Giant arum (Typhonodorum)*, Papyrus/*Papyrus (Cyperus papyrus)*, Payung-payungan/*Umbrella plant (Cyperus alternafolius)*, Melati air/*Water dop (Echinodorus paleafolius)*, Anggrek air (*Iris*), Kana (*Canna edulis.*) dan Futoi (*Hippochaetes lymenalis*).
- (ii) **Tanaman air tenggelam (*submergent aquatic macrophyte*)**, yaitu tanaman air yang keseluruhannya berada di dalam air. Jenis-jenis tanaman air ini antara lain: *Hydrilla*, *Potamogeton*, dan *Chara*.
- (iii) **Tanaman air terapung (*floating plant*)**, yaitu tanaman yang mempunyai akar di dalam air dengan daun di atas air. Tanaman air terapung ini terdiri dari dua jenis, yaitu: (1) *Floating attached plant* yang berdaun di permukaan air namun akarnya tertanam di dasar, contohnya *Water poppy (Hydrocleys nymphoides)* dan Teratai (*Nymphaeae*); serta (2) *Floating unattached plant* yang daun dan akarnya melayang-layang di air, contohnya: *Duckweed (Lemna minor)*, Eceng gondok (*Eichornia crassipes*), dan Ki-apu (*Pistia stiatotes*).

- (iv) **Pepohonan.** Pohon-pohon yang hidup di rawa buatan adalah jenis-jenis pohon yang dapat tumbuh dalam genangan air pada beberapa waktu atau sepanjang tahun. Jenis-jenis pohon ini antara lain: Gelam (*Melaleuca* sp.), *Tea tree* (*Melaleuca* sp.), Kayu putih (*Eucalyptus*), dan Soka air (*Ixora* sp.), serta jenis-jenis mangrove dan bambu.

Selain tanaman yang sengaja ditumbuhkan di dalam rawa buatan, banyak pula tanaman yang tumbuh karena bibitnya terbawa oleh angin atau binatang (seperti burung dan serangga) yang mengunjungi rawa. Tanaman-tanaman ini meningkatkan keanekaragaman hayati di dalam rawa buatan. Selain tumbuhan tingkat tinggi (makrohidrofit dan pepohonan), berbagai jenis fitoplankton juga dapat dijumpai dalam kolom air rawa buatan.



- Keterangan:**
- A. *Papyrus* (*Cyperus papyrus*)
 - B. *Melati air* (*Echinodorus palaefolius*)
 - C. *Lotus* (*Nelumbo nucifera*)
 - D. *Water lettuce* (*Pistia stratiotes*)

Gambar 12.6 Beberapa jenis tanaman air yang dapat ditemukan di rawa buatan

12.5.2 Fauna

Fauna yang biasa ditemukan di rawa buatan adalah berbagai jenis burung air yang membuat sangkar di antara tanaman, reptil yang berkembang biak dan hidup di rawa seperti ular dan katak, serta berbagai jenis ikan yang hidup di kolom air. Burung-burung air dari kelompok *Hérons*, *Egrets*, *Ibises*, *Ducks*, *Gulls*, dan *Terns* merupakan jenis-jenis burung air yang dapat dijumpai di ekosistem rawa, termasuk ekosistem rawa buatan (Sonobe and Usui, 1993). Ikan-ikan yang hidup di rawa buatan biasanya merupakan ikan yang sengaja ditebarkan untuk menambah daya guna rawa buatan atau ikan-ikan yang terbawa masuk oleh aliran air sungai (jika rawa buatan berhubungan dengan sungai). Jenis-jenis ikan yang biasa ditebarkan di rawa buatan antara lain adalah Karper rumput (*Ctenopharyngodon idella*), Wuchang (*Megalobrama amblyocephala*), Karper perak (*Hypophthalmichthys molitrix*), Mas (*Cyprinus carpio*), Mujair (*Oreochromis mossambicus*), dan Nila (*O. niloticus*) (Khatuddin, 2003).

Berbagai jenis serangga (seperti capung dan nyamuk) dapat dijumpai di permukaan air atau beterbangan di sekitar rawa buatan. Berbagai jenis benthos (seperti siput, keong, dan cacing) juga dapat ditemukan di substrat rawa buatan. Cacing di rawa buatan mempunyai fungsi yang unik karena berperan dalam mencerna gumpalan padatan (*sludge/biofilm*) yang terbentuk di antara media, kemudian membawanya ke atas permukaan media. Hasil pencernaan cacing ini dikenal sebagai “kascing” yang juga merupakan pupuk bagi tanaman. Di dalam kolom air dapat ditemukan berbagai jenis zooplankton yang merupakan makanan bagi ikan-ikan *plankton feeder*. Keanekaragaman mikroorganisme di dalam rawa buatan juga sangat besar karena rawa buatan mempunyai zona aerobik, anoksik, dan anaerobik, yang masing-masing memiliki jenis mikroorganisme yang berbeda. Pada rawa buatan skala besar seperti di Orlando-Florida (Amerika Serikat), yang memiliki luas sekitar 400 hektar, selain fauna kecil – ditemukan pula berbagai fauna besar seperti biawak, buaya (*alligator*), dan babi hutan.

12.6 Penyebaran Rawa Buatan di Indonesia

Kebanyakan rawa buatan untuk mengolah air limbah domestik dan pabrik dibuat di Pulau Jawa. Rawa buatan yang dibuat atas permintaan industri juga telah dibuat di Kalimantan. Selain itu, rawa buatan yang tujuan pembuatannya lebih ditekankan untuk memenuhi kebutuhan estetika hotel telah banyak dibuat di Pulau Bali. Rawa buatan untuk kebutuhan hotel tersebut lebih banyak dibuat oleh konsultan asing; demikian pula untuk rawa buatan yang terletak di dalam kompleks pabrik/industri yang berinduk perusahaan asing.

12.7 Perkembangan Rawa Buatan di Indonesia

Penelitian cukup intensif mengenai lahan basah alami di Indonesia telah berlangsung sejak dahulu. Penelitian-penelitian dilakukan di berbagai jenis ekosistem lahan basah alami seperti mangrove dan rawa gambut di Pulau Jawa, Sumatera, dan Kalimantan. Topik penelitian yang banyak dilakukan biasanya meliputi keanekaragaman hayati flora dan fauna, struktur komunitas, dan proses-proses ekologis. Namun, penelitian mengenai lahan basah yang berfungsi atau difungsikan sebagai pengontrol pencemaran atau fasilitas pengolah air limbah sangatlah jarang dilakukan.

Sejak awal tahun 1970, penelitian mengenai fungsi tanaman atau vegetasi dalam mengurangi pencemar di air dan tanah mulai banyak dilakukan oleh universitas dan lembaga-lembaga penelitian. Kebanyakan dari penelitian ini mempelajari kegunaan *Eceng gondok* (yang dikenal sebagai gulma air) dalam membersihkan air tercemar. Walaupun penelitian mengenai fungsi tanaman sebagai pembersih biologis telah dilakukan cukup detail dan mendalam, namun penelitian tersebut masih berlangsung dalam skala laboratorium (Effendi, 1983). Penelitian skala lapang dalam bentuk rawa buatan yang ditanami tumbuhan masih sangat jarang dilakukan, apalagi mengenai desain pembuatan sistem rawa buatan.

Seiring dengan berkembangnya pengetahuan bahwa *Eceng gondok* dapat digunakan sebagai pembersih air tercemar, penelitian mengenai fungsi *Eceng gondok* sebagai pengontrol pencemaran mulai banyak dilakukan

(Judaningsih, 1988). Sejak saat itu banyak dilakukan penelitian yang difokuskan pada fungsi Eceng gondok dalam mengolah berbagai jenis air limbah (Slamet, 1992; Mangkoedihardjo, 2002). Selain itu, penelitian mengenai penggunaan tanaman air jenis lain seperti *Duckweed* (*Lemna minor*) (Raharjo, 1998, Suniasari dan Meutia, 1999) dan Tifa/*Cattail* (*Typha*) (Meutia, 2001, Megarini, 2001, Yunita, 2003) juga mulai banyak dilakukan. Selanjutnya penelitian terus mengalami perkembangan; yang diteliti tidak hanya mengenai fungsi suatu jenis tanaman air saja tetapi juga mengenai sistem rawa buatan sebagai sistem yang digunakan untuk mereduksi bahan pencemar dalam air (Meutia *et al.*, 2001b, Tangahu dan Warmadewanti, 2001, Fitriarini, 2002, Meutia 2002). Krisis ekonomi yang terjadi pada tahun 1996 telah menyebabkan banyak industri yang sadar akan lingkungan mulai mencari sistem alternatif untuk mengolah air limbahnya. Hal ini mendorong para peneliti untuk lebih melakukan studi mengenai efisiensi sistem rawa buatan dan mengoptimalkan sistem yang dibuat (Rosa, 2002, Suwariyanti, 2002, Meutia, 2003).

Walaupun penelitian mengenai rawa buatan telah cukup banyak dilakukan, namun penerapan rawa buatan di Indonesia masih sangat jarang dilakukan. Berikut ini adalah contoh beberapa penerapan rawa buatan di Indonesia yang masih berlangsung sampai saat ini:

- (i) Sebuah sistem rawa buatan untuk mengolah air limbah laboratorium kimia telah dibangun di Kompleks LIPI Cibinong sejak tahun 1998. Rawa buatan tersebut masih berfungsi dengan baik sampai saat ini. Evaluasi terhadap sistem rawa buatan ini pernah dilakukan selama dua tahun berturut-turut dan hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini mampu mereduksi kandungan COD, nitrogen, dan logam-logam berat (Meutia, 2001a, Meutia *et al.*, 2001d).
- (ii) Di Jawa Barat terdapat beberapa contoh penerapan sistem rawa buatan untuk pengolahan air limbah domestik. Kurniadie dan Kunze melaporkan bahwa ada sebuah rumah di Bandung yang menerapkan sistem rawa buatan untuk mengolah air limbahnya. Di Desa Ranca Panggung (Kabupaten Bandung), sekelompok rumah penduduk juga menerapkan sistem rawa buatan untuk mengolah air limbah dari dapur dan kamar mandinya. Selain itu

ada juga kompleks perumahan (*real estate*) di Jawa Barat yang menerapkan sistem rawa buatan untuk mengolah air limbah domestiknya secara kolektif.

- (iii) Di Tlogomas (Malang), LIPI beserta pihak asing telah membangun sistem rawa buatan untuk mengolah air limbah *septic tank* dari beberapa rumah secara kolektif (Prasetyaningtyas 2003; Prihantoro, 2003).
- (iv) Di Kecamatan Cililin (Kabupaten Bandung), Pesantren Arafah membangun rawa buatan untuk mengolah air limbah *septic tank*-nya; air olahan dari rawa buatan tersebut kemudian ditampung di kolam pembesaran ikan Nila dan Patin (Meutia, 2002).
- (v) Di Kalimantan, rawa buatan juga telah diterapkan untuk mengolah air limbah *plywood* dan tailing.
- (vi) Sebuah kilang minyak di Jawa Barat membangun rawa buatan untuk *polishing* air limbah yang berasal dari unit pengolahan fisik, kimia, dan biologis sebelum akhirnya dibuang ke Laut Jawa. Rawa buatan tersebut didirikan di areal seluas 11 Ha. Lahannya merupakan tambak udang yang sudah ditinggalkan dan seluruhnya ditanami Eceng gondok. Karena dalam proses pembuatannya tidak dilakukan perancangan yang memenuhi kriteria desain rawa buatan, maka air hasil pengolahan rawa buatan ini masih kurang memuaskan.
- (vii) Di Kabupaten Bogor, sebuah sistem rawa buatan dibangun untuk mengolah air limbah pabrik tapioka dan hasilnya memuaskan.
- (viii) Rawa buatan yang difungsikan untuk mencegah masuknya pencemar ke dalam danau dan sungai juga telah dibangun di lokasi sebelum Situ Cibuntu (Cibinong, Kab. Bogor) dan di lokasi dekat inlet Waduk Saguling (DAS Citarum). Kedua rawa buatan tersebut fungsinya lebih ditekankan pada menahan masuknya padatan tersuspensi ke dalam situ/sungai. Rawa buatan di dekat inlet Waduk Saguling terbukti dapat menyisahkan zat pewarna yang berasal dari limbah pabrik-pabrik tekstil sekitar Cimahi yang

tampaknya dibuang langsung tanpa diolah ke dalam sungai. Selain ditanami tanaman air, rawa buatan di dekat inlet Waduk Saguling ini juga ditanami oleh pohon-pohon yang biasa ditemui di rawa alami seperti *Melaleuca* dan Kayu putih.

Desain rawa buatan merupakan hal yang sangat menentukan keberhasilan sistem dalam mengolah air limbah sesuai dengan hasil yang diinginkan. Pada saat ini desain rawa buatan di Indonesia masih mencontoh referensi (*guideline*) yang dikeluarkan oleh negara-negara di Amerika, Australia, dll; *guideline* yang dikeluarkan di negara-negara tersebut disesuaikan dengan iklim daerah setempat yang empat musim sehingga tidak sepenuhnya cocok dengan kondisi iklim di Indonesia yang tropis. Oleh karena itu penyusunan *guideline* mengenai cara pembuatan (desain) rawa buatan yang sesuai dengan kondisi di Indonesia adalah suatu kebutuhan yang sangat mendesak. Apalagi dengan bertambah banyaknya para peneliti, konsultan, dan developer yang berminat untuk menerapkan/menggunakan rawa buatan. Untuk itu perkembangan penerapan rawa buatan di Indonesia selayaknya didukung oleh para pakar (baik setempat maupun negara lain melalui kerjasama Internasional) dalam bentuk kajian ilmiah; pemerintah dalam bentuk sarana-prasarana dan kebijakan; serta swasta dalam bentuk pendanaan.



DAFTAR PUSTAKA

- Adiwilaga, E. M. 1999. *Pengelolaan Perikanan di Waduk Saguling dan Cirata: Suatu Tinjauan Ekologi dalam Prosiding Semiloka Nasional Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau dan Waduk; Bogor, 30 November 1999*. PPLH-LP, IPB bekerja sama dengan Ditjen Bangsa Depdagri, Ditjen Pengairan, dan Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. Bogor.
- Anonymus, 1994. *The Des Plains River Wetlands Project: Wetlands for River Water Quality Improvement*.
- Arinal, I. 2003. *Kanalisis: Suatu Paradoks di Lahan Basah dalam Warta Konservasi Lahan Basah Vol. 11 No. 4 Oktober 2003*. Wetlands International – Indonesia Programme. Bogor.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Propinsi Jawa Barat. 2001. *Pendekatan Tata Ruang Pengelolaan DAS Citarum dalam Kaitannya dengan Otonomi Daerah dalam Prosiding Lokakarya Selamatkan Air Citarum; Serpong, 10-11 April 2001*. Wetlands International - Indonesia Programme bekerja sama dengan Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Ditjen PHKA. Bogor.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah (Bapedalda) Kabupaten DT II Bogor. 1999. *Inventarisasi Situ-Situ di Kabupaten DT II Bogor Tahun 1999*. Bapedalda Kabupaten DT II Bogor. Bogor.
- Bengen, D. G. 2003. *Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor (PKSPL – IPB). Bogor.

- Biro Pusat Statistik (BPS). 1999. *Statistik Indonesia 1999*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Biro Pusat Statistik (BPS). 2004. *Harvested Area, Yield Rate and Production of Paddy by Province, 2003 (Third Forecast)*. <http://www.bps.go.id/sector/agri/pangan/table3.shtml>
- Bisnis Indonesia, 6 November 2002. *Draft RUU Tambang yang Baru Segera Dibahas*,
Penutupan Tambang Dapat Perhatian.
- Bocek, A. 2004. *Water Harvesting and Aquacultur for Rural Development*. Auburn University, Alabama, US. <http://www.ag.auburn.edu/icaae/polycul.htm>
- Buletin Kesehatan, 25 Oktober 2000. *Tiga Puluh Enam Perusahaan Garam di Jateng Belum Memenuhi Standar Mutu*. http://www.infokes.com/today/artikelview.html?item_ID=23&topic=buletin
- Buletin Pengairan, Juli 1999. *Teknologi Bendungan Karet Atasi Kesulitan Air*. Direktorat Jenderal Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Cargill Salt. 2003. *San Fransisco Bay: The Salt Pond Habitat*. http://www.cargillsalt.com/sfbay/EV_main.html
- Costa-Pierce, B. A. and P. Effendi. 1988. *Sewage Fish Cages of Kota Cianjur, Indonesia*. NAGA, The ICLARM Quarterly.
- Curtis, T. P., D. D. Mara, and S. A. Silva. 1994. *The Effect of Sunlight on Mechanisms for the Die-Off of Faecal Coliform Bacteria in Waste Stabilization Pond*. <http://www.leeds.ac.uk/civil/ceri/water/tphe/publicat/monog/Res-mon1.doc>
- Daur: Informasi Lingkungan Kota dan Industri. Vol. 2 No.1 Agustus 2001. *Kolam Stabilisasi Limbah*.
- Departemen Dalam Negeri, Direktorat Jenderal Bina Pembangunan Daerah, Sub Direktorat Bina Konservasi dan Rehabilitasi Lingkungan. 1998. *Data Basis Lahan Galian Golongan C*. Departemen Dalam Negeri. Jakarta.

- Departemen Pertanian – Direktorat Jenderal Bina Sarana Pertanian. 2004. *Kondisi Jaringan Irigasi di Indonesia per Pulau*. <http://www.bsp.deptan.go.id/pai/data/KONDJARI.HTM>
- Departemen Kelautan dan Perikanan - Direktorat Perikanan Budidaya. 2004a. *Statistik Budidaya Kolam*. http://www.perikananbudidaya.go.id/statistik/kolam/budidaya_kolam.htm
- Departemen Kelautan dan Perikanan - Direktorat Perikanan Budidaya. 2004b. *Statistik Budidaya Tambak*. http://www.perikananbudidaya.go.id/statistik/kolam/budidaya_tambak.htm
- Departemen Kelautan dan Perikanan - Direktorat Perikanan Budidaya. 2004c. *Teknologi Budidaya Ikan Mas*. <http://www.perikananbudidaya.go.id/teknologi/budidaya%20ikan%20mas.htm>
- Departemen Pekerjaan Umum. 1996. *Lahan Rawa Memiliki Potensi Besar Untuk Swasembada Pangan*. <http://www.pu.go.id/publik/pengum-1/buletin/ta161707.htm>
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. *Kanal Timur: Drainage Area in Jakarta*. <http://www.kanaltimur.com>
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah – Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2004a. *Info Statistik Sumber Daya Air*. <http://www.kimpraswil.go.id/infoStatistik/>
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah – Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2004b. Unit Pusat Data Sumber Daya Air (Water Resources Data Center). <http://sda.kimpraswil.go.id>
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah dan Rijks Waterstaat Netherlands. 2002. *Informasi Umum tentang Rawa Pasang Surut di Indonesia*. <http://www.tidal-lowlands.org/ind/General.htm>
- Departemen Pertambangan dan Energi. 1999. *Mining and Energy Yearbook of Indonesia*. Departemen Pertambangan dan Energi. Jakarta.
- Departemen Pertanian. 2002. *Analisa Permintaan dan Produksi Beras di Indonesia, 2001-2004*. http://www.deptan.go.id/HomePageBBKP/PSP/analisis_permintaan_dan_produksi.htm

- Departemen Pertanian - Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 1998. *Pelaksanaan Pengujian Keanekaragaman Hayati Produk Bioteknologi Pertanian Hasil Rekayasa Genetik*. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Departemen Pertanian - Direktorat Jenderal Bina Produksi Tanaman Pangan. 2004a. *Konsep dan definisi*. <http://www.deptan.go.id/ditjentp/statistik/pedom-stat/KOSEP&DEVINISI.htm>
- Departemen Pertanian - Direktorat Jenderal Bina Produksi Tanaman Pangan. 2004b. *Luas Lahan Sawah Indonesia Menurut Tipe Pengairannya*. <http://www.deptan.go.id/ditjentp/statistik/ahan%20200/SLJAWA00.htm>
- Departemen Pertanian – Direktorat Perluasan Areal Pertanian. 1982. *Petunjuk Praktis: Pengelolaan Air Irigasi di Tingkat Usaha Tani di Indonesia*. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Departemen Pertanian - Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 2004a. *Inovasi Teknologi Tanaman Pangan*. <http://www.puslittan.bogor.net/InovTekPangan.htm>
- Departemen Pertanian - Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 2004b. *Teknologi Padi Sawah Pasang Surut*. http://www.puslittan.bogor.net/Inovasi%20Teknologi/padi/teknologi_padi_sawah_pasang_suru.htm
- Departemen Pertanian - Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 2004c. *Teknologi Padi Sawah Tadah Hujan*. http://www.puslittan.bogor.net/Inovasi%20Teknologi/padi/teknologi_padi_sawah_tadah_hujan.htm
- Djamhari, M. R. 1999. *Banjarese System dalam Pertanian Lahan Rawa dalam Warta Konservasi Lahan Basah Vol. 8 No. 1 Maret 1999*. Wetlands International – Indonesia Programme. Bogor.
- Dohong, A. 2002. *Peatland Fire in Central Kalimantan Needs Immediate Action*. <http://www.indo-peat.net>

- Dugan, P. J. (editor). 1990. *Wetlands Conservation, A Review of Current Issues and Required Action*. IUCN – The World Conservation Union. Switzerland.
- Effendi, F., 1983. *Penggunaan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Industri Pulp dan Kertas*. Jurusan Teknik Kimia, ITS, Surabaya.
- Fitriarini, L. 2002. *Studi Literatur Pemanfaatan Tumbuhan Air untuk Pengolahan Limbah Cair Domestik*, Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS, Surabaya.
- Fujita Research. 2004. *Constructing a Greener Future: Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. <http://www.fujitaresearch.com/reports/wetlands.html>
- Judaningsih, 1988. *Pemanfaatan Eceng Gondok untuk Menanggulangi Pencemaran Lingkungan*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITS, Surabaya.
- Garno, Y. S. 1999. *Status Kualitas Air dan Struktur Fitoplankton di Bendungan Multiguna Cirata dalam Prosiding Semiloka Nasional Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau dan Waduk*; Bogor, 30 November 1999. PPLH-LP, IPB bekerja sama dengan Ditjen Bangda Depdagri, Ditjen Pengairan, dan Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Gelt, J. 1997. *Constructed Wetlands: Using Human Ingenuity, Natural Processes to Treat Water, Build Habitat*. <http://ag.arizona.edu/AZWATER/arroyo/094wet.html>
- Gultom, D.M. 1995. *Potensi Situ Cipondoh Sebagai Kawasan Pelestarian Burung Air di Kawasan Tangerang*. Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor. (usulan penelitian, tidak dipublikasikan).
- Hammer, D.A. (ed). 1989. *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial and Agricultural*. Lewis Publishers, Inc. Chelsea, Michigan

- Hardjamulia, A. dan P. Suwignyo. 1992. *The Present of the Status of the Reservoir in Indonesia dalam Reservoir Fishery Management and Development in Asia*, ed. S. S. da Silva. IDRC. Ottawa, Canada.
- Harrison, J. D. 2004. *Proper Lagoon Management*. Utah State University Extension. <http://aems.aste.usu.edu/www/articles2.html>
- Hutchinson, G. E. 1975. *A Treatise on Limnology, Volume I, Part 1: Geography and Physics of Lakes*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- Ibiblio: The Public's Library and Digital Archive. 2001. *Coddle Creek Reservoir Waterfowl*. <http://www.ibiblio.org/pardo/birds/archive/archive6/msg00364.html>
- Indonesian National Committee on Large Dams. 1986. *Dams in Indonesia*. Ministry of Public Works, Republik of Indonesia.
- Industri Garam Indonesia. 2004. <http://www.infogaram.com>
- Infobangka.com. 2004. *Wisata Alam-Phak Kak Liang*. <http://www.infobangka.com/walam.html>
- International Lake Environment Commitee Foundation. 2004. *World Lakes Database: Lake Saguling*. <http://www.ilec.or.jp/database/asi/asi-39.html>
- International Rice Research Institute. 2004. *Genetic Resources Center*. <http://www.irri.org/GRC/GRChome/why.htm>
- IPTeKnet - Sentra Informasi IPTEK. 2004. *Teknologi Tepat Guna: Budidaya Perikanan*. http://www.iptek.net.id/ind/warintek/Budidaya_perikanan_idx.php?doc=3a6
- Irawan, A. 2001. *Perilaku Suplai Padi Ladang dan Sawah di Indonesia dan Kebijakan Peningkatan Produksi Padi*. http://www.hayati-ipb.com/users/rudyct/indiv2001/andi_irawan.htm

- Jaringan Advokasi Tambang. 2002. Pengakhiran *Tambang PT. IMK, Habis Manis Sepah Dibuang*. Hasil kunjungan Hasanuddin ke lokasi tambang PT. IMK tanggal 14 Agustus 2002. <http://www.jatam.org/indonesia/newsletter/uploaded/gg26.html#gd>
- Jaya, I N. S. 2003. *Study on Spatial Changes of Forest Cover Due to Canal Establishment in Peatland Area, Central Kalimantan* dalam Prosiding Lokakarya Kajian Status dan Sebaran Gambut di Indonesia. Wetlands International – Indonesia Programme; Climate Change, Forest and Peatlands in Indonesia; Wildlife Habitat Canada. Bogor.
- Kantor Menteri Negara Pekerjaan Umum. 1995. *Daftar Bendungan Besar di Indonesia*. <http://www.pu.go.id/DepSda/Depsda.htm>
- Kartamihardja, E. S., Krismono, dan K. Purnomo. 1992. *Kondisi Ekologis dan Potensi Sumberdaya Perikanan Perairan Umum dan Waduk*, makalah dalam Temu Karya Ilmiah Perikanan Perairan Umum, Palembang, 12-13 Februari 1992. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Departemen Pertanian.
- Khiatuddin, M. 2003. *Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Kickuth, R. 1984. *Degradation and Incorporation of Nutrients from Rural Wastewaters by Plant Rhizosphere Under Limnic Conditions*. In: J. H. Voorburg (Ed.) Utilization of manure by land spreading. Commission of European Communities. EUR 567 Ze, London. 335-343.
- Kompas, 14 April 2000. *Limbah di Waduk Cirata Lebih Ambang Batas*.
- Kompas, 2 Juni 2001. *Condet Gagal, Situ Babakan Dibuat Perkampungan Betawi*.
- Kompas, 5 Juni 2001. *Setelah Timah Berlalu...*
- Kompas, 25 Juni 2001. *Bangka Belitung Melepaskan Ketergantungan dari Timah*.

- Kompas, 1 Oktober 2001. *Pembabatan Hutan Bakau di Delta Mahakam Terus Berlangsung*.
- Kompas, 23 November 2001. *Listrik Jawa-Bali pun Terancam*.
- Kompas, 15 Oktober 2002. *Pengelola Bendungan Dilatih*.
- Kompas, 19 Maret 2003. *Pemerintah Kaji Stimulus untuk Industri Garam*.
- Kompas, 19 Agustus 2004. *Tradisi Subak dalam Nuansa Metropolitan*.
- Kontan On-Line, 9 Oktober 2000. *Waduk Sumber Sengketa: Masalah Baru di Kedungombo, Rakyat versus Rakyat*. <http://www.kontan-online.com/05/03/politik/pol2.htm>
- Krismono, A. S. N., S. Nuroniah, dan E.S. Kartamihardja. 1998. *Kondisi Biolimnologi Sumberdaya Perairan Kolong Bekas Galian Pasir di Jawa Barat dan Kesesuaiannya bagi Budidaya Perikanan*. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia Vol. IV No. 1 Tahun 1998.
- Latifolia, N. 2004. *PLG-ku Sayang, PLG-ku Malang*. http://www14.brinkster.com/smu5online/pustaka_digital/artikel_walhi.asp
- Lewis, G. W. and J. F. Miller. 2004. *Identification and Control of Weeds in Southern Ponds*. The University of Georgia. <http://www.forestry.uga.edu/warnell/service/library/index.php3?docID=42>
- MacKinnon, K., G. Hatta, H. Halim, A. Mangalik. 2000. *Ekologi Kalimantan*. Prenhallindo. Jakarta.
- Mangkoedihardjo, S. 2002. *Efek Zat Organik Air Limbah terhadap Pertumbuhan Eceng Gondok, Desertasi*. Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya, Malang.
- Megarini, I. 2001. *Penurunan BOD5 dan TSS pada Effluent IPLT Keputih dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha latifolia) dengan Menggunakan Sistem Constructed Wetland*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS, Surabaya.

- Meutia, Ami A. 1999. *Aplikasi Rekayasa Ekologi dengan Wetlands untuk Restorasi Danau dan Sungai*, Warta Limnologi, No:31/Tahun ke XIII September 1999, pp.2-5
- Meutia, Ami A. 2000. *Mengatasi Penyuburan Danau dengan Tumbuhan Air*, Warta Limnologi, No. 33/Th.XIV, pp. 11-13.
- Meutia, Ami A. 2001a. *Treatment of Laboratory Wastewater in a Tropical Constructed Wetlands Comparing Surface and Subsurface Flow*, Wat Sci Tech. Vol. 44 No. 11-12 pp. 499-506.
- Meutia, Ami A., E. Ariestanti, K. Nasution, Sugiarti, and E. Mulyana. 2001b. *Nitrogen and Phosphorus Removal by Small Scale Tropical Constructed Wetlands*, Proc. of Asia-Pacific Workshop on Ecohydrology, pp. 225-236.
- Meutia, A. A. 2001c. *Lahan Basah Buatan untuk Membersihkan Air Sungai Citarum (Sebuah Gagasan)* dalam Prosiding Lokakarya "Selamatkan Air Citarum", Serpong 10-11 April 2001. Wetlands International – Indonesia Programme. Bogor. pp. 155-165.
- Meutia, Ami A., N. H. Sadi, K. Ratnawati. 2001d. *Penyisihan Logam Berat Tembaga, Seng, Besi, dan Mangan di Dalam Lahan Basah Buatan*. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia No 33 pp. 63-76.
- Meutia, Ami A. 2003. *Penggunaan Lahan Basah Buatan (Constructed Wetlands) sebagai Pengolah Air Tercemar Alternatif*. Prosiding Seminar Nasional Sistem Monitoring Pencemaran Lingkungan Sungai dan Teknologi Pengolahannya, pp. 331-335.
- Mudjiman, A. 1986. *Budidaya Ikan di Sawah Tambak*. CV. Simplex. Jakarta
- Mumtazah, H. 2003. *Indonesia's Natural Wealth: The Right of a Nation and Her People*. <http://www.islamonline.net/English/Science/2003/05/article13.shtml>
- Murtidjo, B. A. 1989. *Tambak Air Payau: Budidaya Udang dan Bandeng*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Muslihat, L. dan I N.N. Suryadiputra 2004. *Seri Pengelolaan Hutan dan Lahan Gambut: Teknik Penyiapan Lahan untuk Budidaya Pertanian di Lahan Gambut dengan Sistem Surjan*. Wetlands International – Indonesia Programme, Wildlife Habitat Canada, Ditjen PHKA. Bogor.

National Small Flow Clearing House. 2004. *Constructed Wetlands Factsheet*. <http://danpatch.ecn.purdue.edu/~epados/septics/cwetfact.htm>

Noor, M. 2001. *Pertanian Lahan Gambut: Potensi dan Kendala*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Novonty, V and Olem, 1994. *Water Quality: Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Odum, E. 1996. *Ecology: a Bridge Between Science and Society*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts, USA.

O-fish: Situs Acuan Informasi Ikan Hias. 2004. *Direktori Ikan Hias Air Tawar*. <http://o-fish.com/direktori.php>

Paripurno, E. T. 1999. *Padi Laut dan Pertanian Lahan Apung*. Kappala Indonesia. Yogyakarta.

Pemerintah Desa Karangsong – Kecamatan Indramayu. 2002. *Rencana Strategis Pembangunan dan Pengelolaan Wilayah Pesisir Desa Karangsong*. Karangsong, Indramayu.

Perikanan Undip Online. 16 November 2002. *Potensi Perikanan di Purwakarta*. http://fpik2.tripod.com/berita_perikanan_umum_13.htm

Poernomo, A. 1992. *Pemilihan Lokasi Tambak Udang Berwawasan Lingkungan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan - Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian - Departemen Pertanian. Jakarta.

- Prasetyaningtyas, D. 2003. *Evaluasi Kinerja Sistem Subsurface Flow Constructed Wetland pada IPAL Domestic Tlogo Mas Malang*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS, Surabaya.
- Prihantoro, W. 2003. *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Eceng Gondok di Tlogo Mas Malang*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS, Surabaya.
- PT. Garam (Persero). 2004. *Kinerja Operasional PT. Garam (Persero)*. <http://members.bumn-ri.com/garam/operational.html>
- Pudjiatno dan Ranoemihardjo, B.S. 1993. *Ekologi Tambak: Pedoman Budidaya Tambak*. Balai Penelitian Air Payau Jepara, Direktorat Jenderal Perikanan, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Raharjo, T. A. 1998. *Studi tentang Pengaruh Pemanenan, Kedalaman, dan Waktu Tinggal di Dalam Reaktor Duckweed (Lemna sp.) untuk Menurunkan COD, N, dan P*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS, Surabaya.
- Ramadhan, H. and V. M. Ponce. 2004. *Design and Performance of Waste Stabilization Ponds*. <http://ponce.sdsu.edu/ramadan/stabilizationponds.html#Introduction>
- Ramsar Convention on Wetlands, The. 2004. *Key Documents of the Ramsar Convention: Classification System for Wetlands Type*. http://www.ramsar.org/key_ris_types.htm
- Redding, T. A. and A. B. Midlen. 1991. *Fish Production in Irrigation Canals (A Review)*. Institute of Aquaculture, University of Stirling. Stirling, Scotlands, UK.
- Republika, 5 April 2000. *Kembalikan Ekosistem Gambut eks PLG*.
- Republika, 19 Agustus 2004. *Bekas Galian Sirtu di Jabotabek Diusulkan jadi Situ*.
- Riau On-Line, 27 Maret 2004. *Karimun Kembangkan Kolong Timah Jadi Objek Wisata*.

Rosa, A. A. 2002. *Studi Penurunan Kandungan BOD₅, N, dan P Lumpur dari Proses Liming Industri Penyamakan Kulit dengan Memakai Tanaman Pertanian*, Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS. Surabaya.

Rural Development Service - Department for Environment, Rural, and Food Affairs of England. 2003. *Fisheries and The Presence of Cormorants, Goosanders and Herons*. <http://www.cormorants.info/pdfs/WM14.pdf>

Salt Institute. 2004. <http://www.saltinstitute.org>

Samuel, A. Said dan S. N. Aida. 1999. *Penelitian Biolimnologi Sumberdaya Perairan Baru Bekas Tambang Timah di Pulau Bangka dan Belitung untuk Budidaya Ikan*. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia Vol. V Tahun 1999.

Seidel, K., Happel, H. and Graue, G. 1978. *Contributions to Revitalisation of Waters*. Max Planck Institute, Krefeld. 62 pp.

Senny Sunanisari and Ami A. Meutia. 1999. *Preliminary Assay By Lemna Minor To Evaluate The Fate of Metsulfuron-Methyl In Paddy Culture Media Proceedings of the 3rd Specialized Conference on Hazard Assessment and Control of Environmental Contaminants-Ecohazard'99*, pp. 418-423.

Shilton, A. and Harrison, J. 2003. *Guidelines for The Hydraulic Design of Waste Stabilisation Ponds*. Institute of Technology and Engineering, Massey University. New Zealand.

Sim, C. H. 2003. *The Use of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Wetlands International – Malaysia Office. Petaling Jaya, Selangor.

Sinar Harapan, 23 Agustus 2003. *Produksi Garam di Jabar Meningkat*.

Sinar Harapan. 25 Agustus 2003. *Menunggu Reaksi Cepat Mengatasi Kekeringan*.

- Slamet, A. 1992. *Eceng Gondok sebagai Media Alternatif untuk Reduksi Limbah Organik Tinggi*. Program Studi Teknik Penyehatan, FTSP, ITS, Surabaya.
- Soerjani, M., A.J.G.H Kostermans, and G. Tjiptrosoepomo (ed.). 1987. *Weed of Rice in Indonesia*. Balai Pustaka. Jakarta.
- Soeseno, S. 1987. *Budidaya Ikan dan Udang dalam Tambak*. PT. Gramedia. Jakarta.
- Sofiawan, A. 2000. *Pemanfaatan Mangrove yang Berkelanjutan: Pengembangan Model-Model Silvofishery dalam Warta Konservasi Lahan Basah*, Vol. 9 No. 2 November 2000. Wetlands International – Indonesia Programme. Bogor.
- Sonobe, K. And Usui, S. (eds.). 1993. *A Field Guide to The Waterbirds of Asia*. Wild Bird Society of Japan. Tokyo.
- Suara Merdeka, 15 Agustus 2001. *Mengubah Tambak jadi Ladang Garam*.
- Sukarma, R and R. Pollard. 2001. *Indonesia: Overview of Sanitation and Sewerage Experience and Policy Option*. Urban Development Unit Sector, Indonesia Country Management Unit, East Asia and Pasific Region.
- Sunoko, H. R, H. Pratikno, dan T. Yudiarti. 1994. *Studi Bakteriologis di Muara Sungai Banjir Kanal Timur Semarang dalam Makalah Penunjang Seminar Pemantauan Pencemaran Laut*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Suriapermana, S., I. Syamsiah, P. Wardana, Z. Arifin, A. M. Fagi. 1994. *Mina-padi: Usaha tani Berwawasan Lingkungan Meningkatkan Pendapatan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Departemen Pertanian. Bogor.
- Suryadiputra, I N. N. 1994. *Kolam dan Laguna (Ponds and Lagoons)*. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. (*diktat kuliah, tidak dipublikasikan*).

- Suryadiputra, I N. N. 1998. *Penelitian Situ-Situ di Jabotabek* dalam Workshop Pengelolaan Situ-Situ di Wilayah Jabotabek. Bogor.
- Suryadiputra, I N. N. 2003. *Restorasi Waduk-Waduk di Citarum (Air di Bagian Bawah Ketiga Waduk di Sepanjang Citarum Berpotensi untuk Pertanian)* dalam Warta Konservasi Lahan Basah Vol. 11 No. 2 April 2004. Wetlands International – Indonesia Programme. Bogor.
- Suryadiputra, I N. N., Y. Rusila Noor., I. R. Lubis, E. Widjanarti, W. Prianto, C. E. Nirarita. 1999. *Studi Keanekaragaman Hayati Daerah Aliran Sungai Ciujung dan Ciliman, Jawa Barat*. Wetlands International – Indonesia Programme. Bogor.
- Susanto, H. 1992. *Membuat Kolam Ikan*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Suwariyanti, A. 2002. *Penurunan Kandungan Logam Berat (Cu dan Cd) dalam Limbah Cair dengan Memanfaatkan Tumbuhan Air*, Laporan Tugas akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS, Surabaya.
- Suwidah, Krismono, dan Ismail, W. 2002. *Distribusi Geografis Plankton dan Ikan pada Beberapa Situ di Jawa Barat* dalam Prosiding Seminar Nasional Limnologi 2002. Pusat Penelitian Limnologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Bogor.
- Syam, M. dan D. Wurjandari. 2003. *Masalah Lapangan (Hama, Penyakit, dan Hara) pada Padi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Tangahu, B. V. dan Warmadewanti, I. D. A. A. 2001. *Pengolahan Limbah Rumah Tangga dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha angustifolia)* dalam Sistem Constructed Wetlands. Jurnal Purifikasi, Volume 2 No. 3, Halaman 127-132.
- Tim Penyusun Kamus Penebar Swadaya. 1997. *Kamus Pertanian Umum*. PT. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Tjitrosoedirjo, S. S., F. Widjaja. 1991. *Aquatic Weed Management in Indonesia*. BIOTROP Special Publication. Bogor.

- Trihono, B. S. dan Chaidir, I. 2004. *Teknologi Konstruksi Tambak Udang di Lahan Pasir*. Direktorat Teknologi Budidaya Pertanian - Badan Pengkajian dan Pengembangan Teknologi. http://www.iptek.net.id/ind/terapan/terapan_idx.php?doc=artikel_20
- United State - Environmental Protection Agencies (US-EPA). 2003. *Aquatic Biodiversity: Classifying Lakes and Ponds*. <http://www.epa.gov/bioiweb1/aquatic/classify.html>
- University of The Aegean. 2003. *All About Salt: Salinas and Wildlife*. <http://www.aegean.gr/alas/wetlands.htm>
- University of Minnesota. 2002. *Constructed Wetlands*. <http://www.extension.umn.edu/distribution/naturalresources/DD7671.html>
- University of Nebraska Lincoln, Pesticide Education Resources. 2004. *Aquatic Plants*. <http://pested.unl.edu/catmans/aquatic/chapter1.pdf>
- Uttley, J. 1987. *Survey of Sulawesi Selatan to Assess the Status of Wetlands and to Identify Key Sites for Breeding and Migratory Waterbirds*. INTERWADER/ PHPA Report No. 2. INTERWADER Publication No. 11. Kuala Lumpur.
- Varón, M. R. P. 2003. *Waste Stabilization Ponds for Wastewater Treatment*. Universidad del Valle, Instituto Cinara. Cali, Colombia. <http://www.irc.nl/content/view/full/8237>
- Wardoyo, S.E. dan W. Ismail. 1998. Aspek Fisika, Kimia, dan Biologi Kolong-Kolong di Pulau Bangka Untuk Pengembangan Perikanan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* Vo. IV No. 2 Tahun 1998.
- Waspodo, R. S. B., A. Dohong, dan I N. N. Suryadiputra. 2004. *Konservasi Air Tanah di Lahan Gambut: Suatu Panduan Penutupan Parit/Kanal di Lahan Gambut bersama Masyarakat*. Wetlands International – Indonesia Programme, Wildlife Habitat Canada, Direktorat Jenderal PHKA. Bogor.
- Weblife. 2004. *Waste Stabilization Ponds*. http://www.weblife.org/humanure/chapter5_7.html

- Whitten, A.J., M. Mustafa, dan G. Handerson. 1987. *The Ecology of Sulawesi*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Whitten, T., R. E. Soeriaatmadja, dan S. A. Afiff. 1999. *Ekologi Jawa dan Bali*. Prehallindo. Jakarta.
- Wibowo, P., Ch. E. Nirarita, S. Susanti, D. Padmawinata, Kusmarini, M. Syarif, Y. Hendriani, Kusniangsih, L. br. Sinulingga. 1996. *Ekosistem Lahan Basah Indonesia: Buku Panduan untuk Guru dan Praktisi Pendidikan*. Wetlands International – Indonesia Programme. Bogor.
- Widiyanto, T. 2001. *Pendekatan Biokondisioner dengan Bakteri Fotosintetik Anoksigenik (BFA) untuk Pengendalian Senyawa Metabolik Toksik di Tambak Udang*. <http://www.hayati-ipb.com/users/rudyct/indiv2001/triwidiyanto.htm>
- Winarno, B. 2002. *Sungaiku, Tempat Sampahku* dalam Suara Pembaruan, 19 Februari 2002.
- World Commission on Dams. 2000. *Dams and Development: A New Framework for Decision Making*. Earthscan Publication Ltd. London, UK.
- Yuanita, C. 2003. *Pengaruh Variasi Media Tanam dalam Penurunan Kandungan Organic (PV) dan TSS pada Pengolahan Effluent IPLT Keputih Sukolilo Surabaya dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail Menggunakan Sistem Wetland*, Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS, Surabaya.
- Yuliarsana, I N. 2000. *Peran dan Fungsi Hutan Mangrove Kaitannya dengan Tambak dan Silvofishery*. Paper disampaikan pada Workshop Bisnis Budidaya Udang Berke-lanjutan. Bogor 27-29 September 2000.



LAMPIRAN



LAMPIRAN 1

LUAS SAWAH, PRODUKSI PADI, DAN TINGKAT PANEN INDONESIA PADA TAHUN 2003

No.	Propinsi	Area Sawah yang Dipanen (Ha)	Produksi (Ton)	Tingkat Panen (Kuintal/Ha)
1	Nanggroe Aceh Darussalam	345.699	1.454.128	42,06
2	Sumatera Utara	824.400	3.391.844	41,14
3	Sumatera Barat	403.826	1.793.598	44,42
4	Riau	129.830	408.853	31,49
5	Jambi	170.422	596.065	34,98
6	Sumatera Selatan	560.233	1.903.262	33,97
7	Bengkulu	116.972	425.870	36,41
8	Lampung	460.690	1.913.851	41,54
9	Bangka - Belitung	7.099	17.013	23,97
	SUMATERA	3.019.171	11.904.484	36,66
10	DKI Jakarta	1.826	7.492	41,03
11	Jawa Barat	1.687.586	8.880.887	52,62
12	Jawa Tengah	1.547.805	8.207.893	53,03
13	DI Yogyakarta	129.189	643.988	49,85
14	Jawa Timur	1.682.579	8.856.116	52,63
15	Banten	355.034	1.683.469	47,42
	JAWA	5.404.019	28.279.845	49,43
16	BALI	147.838	811.470	54,89
17	Nusa Tenggara Barat	318.938	1.419.166	44,50
18	Nusa Tenggara Timur	166.474	474.735	28,52
	NUSA TENGGARA	485.412	1.893.901	36,51
19	Kalimantan Barat	356.602	1.015.480	28,48
20	Kalimantan Tengah	203.224	511.017	25,15
21	Kalimantan Selatan	453.218	1.469.354	32,42
22	Kalimantan Timur	145.104	447.491	30,84
	KALIMANTAN	1.158.148	3.443.342	29,22
23	Sulawesi Utara	84.368	369.227	43,76
24	Sulawesi Tengah	168.802	643.593	38,13
25	Sulawesi Selatan	846.355	3.985.927	47,10
26	Sulawesi Tenggara	85.712	314.517	36,69
27	Gorontalo	24.293	113.091	46,55
	SULAWESI	1.209.530	5.426.355	42,45
28	MALUKU (termasuk Maluku Utara)	9.644	31.464	32,63
29	Papua	18.889	58.283	30,86
	Indonesia	11.452.651	51.849.144	39,55

Sumber: Badan Pusat Statistik (2004)

LAMPIRAN 2

LUAS SAWAH (HA) INDONESIA MENURUT JENIS PENGAIRANNYA PADA TAHUN 2000

No.	Propinsi	Irigasi Teknis (Ha)	Irigasi Setengah Teknis (Ha)	Irigasi Sederhana (Ha)	Tadah Hujan (Ha)	Pasang Surut (Ha)	Sawah Lainnya (Ha)	Jumlah Seluruhnya (Ha)
1	Nanggroe Aceh Darussalam	50.865	56.211	94.940	96.500	325	1.287	300.128
2	Sumatera Utara	72.632	78.048	137.293	164.922	29.064	35.524	517.483
3	Sumatera Barat	34.337	57.245	88.920	49.146	-	1.048	230.696
4	Riau	-	6.394	35.407	39.252	22.291	14.842	118.186
5	Jambi	3.270	9.967	27.614	17.182	61.605	23.342	142.980
6	Sumatera Selatan	26.351	10.401	38.381	84.388	124.887	146.046	430.454
7	Bengkulu	18.062	21.888	18.380	12.561	61	10.307	81.259
8	Lampung	99.717	28.782	42.758	79.406	22.830	15.119	288.612
9	Bangka Belitung	-	1.350	937	94	-	59	2.440
	SUMATERA	305.234	270.286	484.630	543.451	261.063	247.574	2.112.238
10	DKI Jakarta	860	655	1.000	380			2895
11	Jawa Barat	397.106	113.886	275.931	156.112		967	944.002
12	Jawa Tengah	380.985	133.420	203.149	272.478	348	774	991.154
13	DI Yogyakarta	18.336	23.664	8.193	8.641			58.834
14	Jawa Timur	671.428	113.919	124.662	244.246	121	160	1.154.536
15	Banten	58.114	14.827	43.137	76.560		76	192.714

No.	Propinsi	Irigasi Teknis (Ha)	Irigasi Setengah Teknis (Ha)	Irigasi Sederhana (Ha)	Tadah Hujan (Ha)	Pasang Surut (Ha)	Sawah Lainnya (Ha)	Jumlah Seluruhnya (Ha)
	JAWA	1.526.829	400371	656.072	758417	469	1977	3.344.135
16	BALI	811	67.453	15.710	964	-	6	84.944
17	Nusa Tenggara Barat	61.674	73.004	38.200	25.542	-	65	198.485
18	Nusa Tenggara Timur	10.027	25.289	43.575	34.451	362	529	114.233
	NUSA TENGGARA	71.701	98.293	81.775	59.993	362	594	312.718
19	Kalimantan Barat	1.135	10.237	66.826	110.347	78.459	12.491	279.495
20	Kalimantan Tengah	1.345	12.764	53.070	26.920	82.891	680	177.670
21	Kalimantan Selatan	19.377	3.937	27.327	132.238	148.007	72.049	402.935
22	Kalimantan Timur	-	1.457	30.469	58.845	14.097	3.319	108.187
	KALIMANTAN	21.857	28.395	177.692	328.350	323.454	88.539	968.287
23	Sulawesi Utara	18.700	13.779	13.042	10.547	-	126	56.194
24	Sulawesi Tengah	43.748	28.491	46.484	13.513	886	471	133.593
25	Sulawesi Selatan	196.539	53.361	171.285	262.670	690	-	684.545
26	Selawesi Tenggara	21.653	12.587	24.797	7.792	181	583	67.593
27	Gorontalo	7.090	6.157	3.512	5.709	25	15	22.508
	SULAWESI	287.730	114.375	259.120	300.231	1.782	1.195	964.433
	JUMLAH	2.214.162	979.173	1.674.999	1.991.406	587.130	339.885	7.786.755

Sumber: Departemen Pertanian - Direktorat Jenderal Bina Produksi Pangan (2004)

LAMPIRAN 3

A. JUMLAH RUMAH TANGGA PERIKANAN (RTP) KOLAM AIR TAWAR MENURUT PROPINSI TAHUN 1996-2001 (UNIT)

Propinsi	Tahun					
	1996	1997	1998	1999	2000	2001
N.A Darussalam	3.502	4.505	3.858	4.820	3.602	2.631
Sumatera Utara	11.941	10.850	12.667	11.049	10.889	5.964
Sumatera Barat	92.821	78.156	41.554	45.240	48.041	49.599
Riau	4.936	6.319	5.873	9.329	9.671	14.859
Jambi	9.916	8.008	9.858	10.078	10.335	11.565
Sumatera Selatan	9.641	8.258	10.588	10.058	11.091	9.402
Bangka Belitung	-	-	-	-	-	17
Bengkulu	5.183	3.641	2.604	397	3.282	3.281
Lampung	11.593	14.023	13.449	14.832	14.035	14.061
SUMATERA	149.533	133.760	100.451	106.333	110.946	111.379
DKI Jakarta	4.220	3.436	3.578	1.077	1.394	3.442
Banten	-	-	-	-	-	12.113
Jawa Barat	307.803	307.596	301.193	327.261	326.009	293.633
Jawa Tengah	191.271	180.251	179.861	179.861	164.822	183.662
DI Yogyakarta	36.300	36.619	33.766	40.338	27.312	26.766
Jawa Timur	67.476	65.565	63.145	33.726	70.646	62.421
JAWA	607.070	593.467	581.543	582.263	590.183	582.037
BALI	5.903	5.935	6.595	3.597	5.596	4.699
NT Barat	7.206	5.084	6.937	5.369	4.810	3.047
NT Timur	7.141	7.172	7.016	4.672	1.886	7.753
NUSA Tenggara	14.347	12.256	13.953	10.041	6.696	10.800
Kalimantan Barat	13.262	13.978	5.022	4.708	4.708	4.930
Kalimantan Tengah	975	-	-	2.511	2.511	2.992
Kalimantan Selatan	2.217	2.379	2.235	2.235	2.287	2.046
Kalimantan Timur	1.447	1.357	1.365	1.365	624	1.440
KALIMANTAN	17.901	17.714	8.622	10.819	10.130	11.408
Sulawesi Utara	6.044	6.137	6.397	6.432	6.552	5.538
Gorontalo	-	-	-	-	-	258
Sulawesi Tengah	1.777	1.730	1.596	1.596	1.768	4.760
Sulawesi Selatan	2.943	2.944	3.108	3.146	3.210	3.193
Sulawesi Tenggara	2.784	2.270	2.178	378	378	2.284
SULAWESI	13.548	13.081	13.279	11.552	11.908	16.033
Maluku	156	156	160	160	160	17
Maluku Utara	-	-	-	-	-	12
MALUKU	156	156	160	160	160	29
PAPUA	10.316	11.117	11.219	11.314	11.509	8.917
Indonesia	821.352	790.357	735.222	736.079	747.128	745.302

B. LUAS AREAL PEMELIHARAAN BUDIDAYA KOLAM MENURUT PROPINSI TAHUN 1996-2001 (HA)

Propinsi	Tahun					
	1996	1997	1998	1999	2000	2001
N.A Darussalam	1.809	1.447	1.940	1.754	1.808	1.763
Sumatera Utara	7.815	14.211	6.231	5.047	5.024	5.214
Sumatera Barat	7.346	6.222	5.916	6.054	6.084	5.964
Riau	1.144	1.342	1.298	1.513	1.611	4.583
Jambi	1.239	1.037	1.216	1.224	1.191	1.452
Sumatera Selatan	6.320	7.281	7.155	7.155	8.962	200
Bangka Belitung	-	-	-	-	-	14
Bengkulu	1.864	1.688	4.206	1.747	1.971	2.271
Lampung	3.034	3.256	3.300	4.007	4.264	4.279
SUMATERA	30.481	36.484	31.262	28.501	30.915	25.750
DKI Jakarta	200	188	196	93	105	117
Banten	-	-	-	-	-	1.415
Jawa Barat	18.739	19.044	15.432	15.308	23.469	20.937
Jawa Tengah	4.042	2.834	2.770	2.770	1.765	14.968
DI Yogyakarta	623	758	685	2.763	795	662
Jawa Timur	2.974	3.032	3.300	3.254	3.415	7.000
JAWA	26.578	25.856	22.383	24.188	29.547	45.099
BALI	162	147	1.205	1.445	319	368
NT Barat	1.783	1.148	1.641	2.691	1.645	1.738
NT Timur	207	300	108	156	173	165
NUSA TENGGARA	1.990	1.448	1.749	2.847	1.818	1.903
Kalimantan Barat	1.361	1.565	1.595	1.593	1.593	3.477
Kalimantan Tengah	305	-	-	399	399	307
Kalimantan Selatan	660	693	1.310	630	684	704
Kalimantan Timur	357	362	334	334	6.547	408
KALIMANTAN	2.683	2.620	3.239	2.956	9.223	4.896
Sulawesi Utara	2.200	2.199	2.293	2.296	2.338	2.346
Gorontalo	-	-	-	-	-	85
Sulawesi Tengah	1.113	1.297	935	940	942	1.018
Sulawesi Selatan	1.787	1.860	2.058	2.172	2.172	2.207
Sulawesi Tenggara	1.178	655	739	203	-	552
SULAWESI	6.278	6.011	6.025	5.611	5.452	6.208
Maluku	21	21	80	80	80	16
Maluku Utara	-	-	-	-	-	761
MALUKU	21	21	80	80	80	777
PAPUA	247	258	42	261	291	899
Indonesia	68.531	72.965	65.985	65.889	77.647	85.900

C. JUMLAH PRODUKSI KOLAM BUDIDAYA AIR TAWAR MENURUT PROPINSI TAHUN 1996-2001 (TON)

Propinsi	Tahun					
	1996	1997	1998	1999	2000	2001
N.A Darussalam	4.443	2.201	1.654	1.189	1.588	1.139
Sumatera Utara	6.765	6.879	7.433	8.290	8.025	8.598
Sumatera Barat	15.080	13.490	13.263	15.814	14.376	13.309
Riau	3.156	3.224	3.093	5.500	6.011	11.167
Jambi	1.425	1.266	1.399	1.342	1.632	2.065
Sumatera Selatan	8.332	11.708	11.805	2.919	12.188	7.903
Bangka Belitung	-	-	-	-	-	104
Bengkulu	2.638	1.325	1.992	2.529	2.883	2.883
Lampung	2.947	4.306	2.853	3.843	3.918	5.706
SUMATERA	44.768	44.399	43.492	41.426	50.621	52.873
DKI Jakarta	801	888	977	1.084	913	1.601
Banten	-	-	-	-	-	4.887
Jawa Barat	102.648	83.757	74.768	86.207	107.544	98.747
Jawa Tengah	12.360	14.129	15.588	19.333	21.133	25.062
DI Yogyakarta	1.846	4.828	2.555	3.774	3.814	3.907
Jawa Timur	10.328	14.217	18.462	13.631	14.564	18.913
JAWA	127.983	117.819	112.350	124.029	147.968	153.117
BALI	558	542	517	528	486	490
NT Barat	910	946	1.296	1.400	1.570	1.624
NT Timur	89	180	245	243	257	258
NUSA TENGGARA	999	1.126	1.541	1.643	1.827	1.882
Kalimantan Barat	1.060	502	1.051	1.148	1.419	1.216
Kalimantan Tengah	47	-	-	166	237	322
Kalimantan Selatan	301	358	467	687	679	797
Kalimantan Timur	170	143	101	234	189	232
KALIMANTAN	1.578	1.003	1.619	2.235	2.524	2.567
Sulawesi Utara	2.476	2.471	1.557	2.716	2.854	2.926
Gorontalo	-	-	-	-	-	233
Sulawesi Tengah	922	1.093	3.854	987	3.807	3.807
Sulawesi Selatan	1.299	1.304	1.639	2.093	2.235	2.611
Sulawesi Tenggara	774	653	685	504	606	816
SULAWESI	5.493	5.521	7.735	6.304	9.502	10.393
Maluku	4	3	4	4	4	4
Maluku Utara	-	-	-	-	-	3
MALUKU	4	3	4	4	4	7
PAPUA	1.317	1.151	1.220	1.453	1.461	1.462
Indonesia	182.918	171.768	168.478	177.622	214.393	222.791

Sumber: Departemen Kelautan dan Perikanan - Direktorat Perikanan Budidaya
http://www.perikanan-budidaya.go.id/statistik/kolam/budidaya_kolam.htm

LAMPIRAN 4

PRODUKSI PERIKANAN BUDIDAYA KOLAM MENURUT JENIS IKAN DAN PROPINSI DI INDONESIA TAHUN 1997

Propinsi	Ikan (Ton)											
	Ikan Mas Common carp	Tawes Java barb	Mujair Mozambique tilapia	Nilem Nilem carp	Nila Nile tilapia	Gurami Giant gouramy	Sepat Siam Snakeskin gouramy	Tambakan Kissing gouramy	Lele Cat fishes	Sidat River eel	Ikan Lainnya	Jumlah total
DI Aceh	1.295	355	275	-	108	7	6	6	106	3	40	2.201
Sumut	4.968	101	153	3	516	90	-	-	1.047	-	1	6.879
Sumbang	4.697	1.244	1.692	1.006	1.893	1.259	152	-	295	-	1.252	13.490
Riau	661	145	30	10	257	164	23	49	108	1.328	449	3.224
Jambi	521	14	70	-	372	43	65	16	27	-	138	1.266
Sumsel	7.461	1.552	1.410	-	955	-	-	-	109	-	221	11.708
Bengkulu	591	113	223	10	95	6	105	2	3	-	177	1.325
Lampung	1.502	174	395	25	400	45	132	551	285	4	793	4.306
SUMATERA	21.696	3.698	4.248	1.064	4.596	1.614	483	624	1.980	1.335	3.071	44.399
DKI Jakarta	81	43	62	-	68	236	12	-	281	-	105	888
Jawa Barat	34.474	8.393	9.164	8.076	9.066	2393	1.875	4.642	2.010	89	3.575	83.757
Jawa Tengah	1.502	1.714	730	733	1.242	1.298	131	319	4.724	263	373	14.129
DI Yogyakarta	210	173	155	-	210	262	-	-	3.686	-	132	4.828
Jawa Timur	493	871	992	-	720	886	12	10	9.931	-	302	14.217
JAWA	36.760	11.194	11.103	8.809	11.306	6.175	2.030	4.971	20.632	352	4.487	117.819

Propinsi	Ikan (Ton)											
	Ikan Mas Common carp	Tawes Java barb	Mujair Mozambique tilapia	Nilem Nilem carp	Nila Nile tilapia	Gurami Giant gouramy	Sepat Siam Snakeskin gouramy	Tambakan Kissing gouramy	Lele Cat fishes	Sidat River eel	Ikan Lainnya	Jumlah total
Bali	154	5	17	-	43	62	4	1	237	-	19	542
Nusa Tenggara Barat	363	74	108	-	154	112	-	-	10	-	125	946
Nusa Tenggara Timur	102	22	-	-	39	-	-	-	1	16	-	180
BALINUSA TENGGARA	619	101	125	-	236	174	4	1	248	16	144	1.668
Kalimantan Barat	236	13	10	-	107	12	17	4	8	-	95	502
Kalimantan Tengah	**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalimantan Selatan	208	1	6	-	66	-	2	1	-	-	74	358
Kalimantan Timur	75	-	20	-	21	-	-	2	14	-	11	143
KALIMANTAN	519	14	36	-	194	12	19	7	22	-	180	1.003
Sulawesi Utara	1.752	4	230	61	424	-	-	-	-	-	0	2.471
Sulawesi Tengah	927	2	92	10	61	-	-	-	1	-	-	1.093
Sulawesi Selatan	662	75	54	-	80	-	190	-	153	-	90	1.304
Sulawesi Tenggara	428	34	69	-	63	-	7	-	42	-	10	653
SULAWESI	3.769	115	445	71	628	-	197	-	196	-	100	5.521
Maluku	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	3
Irian Jaya	305	205	290	-	226	-	3	-	121	-	1	1.151
MALUKU-IRIAN JAYA	1.151	205	291	-	227	-	3	-	121	-	1	1.154
TOTAL SELURUH INDONESIA	63.669	15.327	16.248	9.934	17.187	7.975	2.736	5.603	23.199	1.703	7.983	171.564

Sumber: Departemen Pertanian (1999)

LAMPIRAN 5

A. JUMLAH RUMAH TANGGA PERIKANAN (RTP) TAMBAK MENURUT PROPINSITAHUN 1996-2001 (UNIT)

Propinsi	Tahun					
	1996	1997	1998	1999	2000	2001
N.A Darussalam	18.347	18.395	17.368	18.385	18.152	13.521
Sumatera Utara	1.992	1.616	3.435	2.082	1.493	1.522
Sumatera Barat	-	-	-	-	-	2
Riau	232	265	323	323	324	374
Jambi	65	123	173	319	516	754
Sumatera Selatan	2.426	2.549	2.770	2.769	2.699	375
Bangka Belitung	-	-	-	-	-	111
Bengkulu	28	29	48	36	66	66
Lampung	13.710	14.546	17.250	17.488	18.120	17.940
SUMATERA	36.800	37.523	41.367	41.402	41.370	34.665
DKI Jakarta	-	-	-	-	-	-
Banten	-	-	-	-	-	2.344
Jawa Barat	13.943	10.761	12.107	51.218	51.345	14.642
Jawa Tengah	17.962	18.871	20.748	20.748	21.748	23.059
DI Yogyakarta	-	-	-	-	-	-
Jawa Timur	18.993	18.530	19.290	18.695	18.508	44.292
JAWA	50.898	48.162	52.145	90.661	91.601	84.337
BALI	201	191	110	121	237	280
NT Barat	4.870	3.980	2.459	4.430	6.573	6.531
NT Timur	233	310	282	297	404	422
NUSA TENGGARA	5.103	4.290	2.741	4.727	6.977	6.953
Kalimantan Barat	415	214	365	370	370	560
Kalimantan Tengah	-	-	-	116	116	116
Kalimantan Selatan	1.182	1.237	1.220	1.222	1.222	1.256
Kalimantan Timur	5.333	6.249	6.308	6.308	3.377	6.905
KALIMANTAN	6.930	7.680	7.893	8.016	5.085	8.837
Sulawesi Utara	366	366	378	382	442	200
Gorontalo	-	-	-	-	-	880
Sulawesi Tengah	1.440	1.653	1.785	1.785	2.128	2.480
Sulawesi Selatan	26.698	28.243	32.890	31.940	33.343	33.675
Sulawesi Tenggara	3.770	3.728	4.546	3.581	4.731	5.403
SULAWESI	32.244	33.960	39.599	37.688	40.644	42.638
Maluku	12	12	12	12	12	2
Maluku Utara	-	-	-	-	-	10
MALUKU	12	12	12	12	12	12
PAPUA	167	540	544	546	559	13.150
Indonesia	132.355	132.358	144.411	183.173	186.485	190.872

B. LUAS AREAL PEMELIHARAAN BUDIDAYA TAMBAK MENURUT PROPINSI TAHUN 1996-2001 (HA)

Propinsi	Tahun					
	1996	1997	1998	1999	2000	2001
N.A Darussalam	42.847	43.501	40.057	40.125	38.753	40.886
Sumatera Utara	6.950	22.800	9.104	5.875	5.077	6.052
Sumatera Barat	-	-	-	-	-	2
Riau	286	349	373	409	453	509
Jambi	100	500	506	886	1.088	1.671
Sumatera Selatan	3.613	6.009	165	165	6.283	650
Bangka Belitung	-	-	-	-	-	458
Bengkulu	143	163	454	266	266	266
Lampung	16.620	54.056	51.488	52.547	51.976	52.213
SUMATERA	70.559	127.378	102.147	100.273	103.898	102.707
DKI Jakarta	-	-	-	-	-	-
Banten	-	-	-	-	-	9.266
Jawa Barat	54.308	43.022	34.312	55.584	56.362	46.323
Jawa Tengah	27.955	29.665	25.982	25.982	53.243	32.879
DI Yogyakarta	-	-	-	-	-	-
Jawa Timur	60.173	58.873	59.037	59.938	59.645	60.574
JAWA	142.436	131.560	119.331	141.504	169.250	149.042
BALI	678	650	627	4.301	462	308
NT Barat	7.051	6.055	5.601	11.159	8.660	7.003
NT Timur	346	434	262	422	437	489
NUSA TENGGARA	7.397	6.489	5.863	11.581	9.097	7.492
Kalimantan Barat	557	610	1.367	2.275	2.275	4.628
Kalimantan Tengah	-	-	-	755	755	349
Kalimantan Selatan	2.363	2.413	4.489	4.862	5.105	5.466
Kalimantan Timur	15.428	17.990	13.300	13.300	6.401	36.634
KALIMANTAN	18.348	21.013	19.156	21.192	14.536	47.077
Sulawesi Utara	689	-	701	705	2.884	1.702
Gorontalo	-	-	-	-	-	1.157
Sulawesi Tengah	5.850	6.732	6.279	6.729	8.280	6.813
Sulawesi Selatan	84.832	84.861	90.608	94.846	98.191	98.617
Sulawesi Tenggara	13.686	11.290	11.985	11.827	11.985	15.071
SULAWESI	105.057	102.883	109.573	113.657	121.340	123.360
Maluku	45	45	497	497	497	1.000
Maluku Utara	-	-	-	-	-	6.563
MALUKU	45	45	497	497	497	7.563
PAPUA	213	164	137	191	202	461
Indonesia	344.733	390.182	357.331	393.196	419.282	438.010

C. JUMLAH PRODUKSI TAMBAK MENURUT PROPINSI TAHUN 1996-2001 (TON)

Propinsi	Tahun					
	1996	1997	1998	1999	2000	2001
N.A Darussalam	26.264	7.301	13.975	20.967	17.620	13.448
Sumatera Utara	17.600	13.109	14.217	16.873	19.134	19.932
Sumatera Barat	-	-	-	-	-	-
Riau	102	153	208	297	617	423
Jambi	54	180	400	784	1.045	2.090
Sumatera Selatan	4.356	4.620	5.210	4.738	4.696	11.614
Bangka Belitung	-	-	-	-	-	110
Bengkulu	684	33	437	658	703	703
Lampung	27.517	26.577	31.156	29.205	23.241	23.011
SUMATERA	76.577	51.973	65.603	73.522	67.056	71.331
DKI Jakarta	-	-	-	-	-	-
Banten	-	-	-	-	-	14.749
Jawa Barat	76.076	67.296	63.494	63.470	68.955	67.527
Jawa Tengah	29.725	31.580	35.654	45.312	52.749	48.569
DI Yogyakarta	-	-	-	-	-	-
Jawa Timur	113.616	105.474	74.483	83.223	90.025	94.968
JAWA	219.437	204.350	173.631	192.005	211.729	225.813
BALI	1.065	1.096	1.104	881	1.213	1.676
NT Barat	6.623	6.772	7.162	6.954	7.888	7.729
NT Timur	116	118	176	785	615	521
NUSA TENGGARA	7.739	6.890	7.338	7.739	8.503	8.250
Kalimantan Barat	974	1.003	1.442	1.178	1.970	812
Kalimantan Tengah	-	-	-	89	33	350
Kalimantan Selatan	1.000	1.130	1.508	2.237	2.350	2.773
Kalimantan Timur	6.540	10.420	7.675	14.476	11.694	15.787
KALIMANTAN	8.514	12.553	10.625	17.980	16.047	19.722
Sulawesi Utara	160	155	149	170	176	125
Gorontalo	-	-	-	-	-	783
Sulawesi Tengah	1.818	1.652	6.115	3.971	4.515	4.515
Sulawesi Selatan	83.432	83.331	79.738	107.387	111.563	111.569
Sulawesi Tenggara	6.161	7.611	8.846	8.654	8.585	10.174
SULAWESI	91.571	92.749	94.848	120.182	124.839	127.166
Maluku	131	152	204	204	204	204
Maluku Utara	-	-	-	-	-	18
MALUKU	131	152	204	204	204	222
PAPUA	276	475	397	422	426	430
Indonesia	405.310	370.238	353.750	412.935	430.017	454.610

Data tahun 1996-1997 termasuk data Timor-Timur

Sumber: Departemen Kelautan dan Perikanan - Direktorat Perikanan Budidaya
http://www.perikanan-budidaya.go.id/statistik/tambak/budidaya_tambak.htm

LAMPIRAN 6

DAFTAR BEBERAPA BENDUNGAN DI INDONESIA

Nama Waduk	Tahun dibangun	Pengelola	Nama Sungai	Luas permukaan air waduk (Ha)			Volume waduk (x 10 ⁶ m ³)			Fungsi & Manfaat
				Max	Normal	Min	Max	Normal	Min	
SUMATERA										
1. Way Jepara	1975-1978	PU Pengairan	Way Jepara	tad	310	137	tad	34,85	12,60	Irigasi 6.651 ha
2. Way Rarem	1980-1984	Proyek Irigasi Way Rarem	Way Rarem	130	106,1	50	109,30	72,40	15,50	Irigasi 22.000 ha
3. Tangga	1978-1983	PT Inalum	Asahan	tad	18,4	tad	tad	tad	tad	Lisirik 2.054G WH/Th
4. Sigura-gura	1978-1981	PT Inalum	Asahan	tad	37,3	tad	tad	tad	tad	Lisirik 1.868G WH/Th
5. Situar	tad	PT Inalum	Asalah	tad	34,5	tad	tad	tad	tad	
JAWA										
6. Cipanunjang	1927-1930	PT PLN sekte Saguling	Cisangkuy	191	181	24	24,50	22,40	3,89	Supliesi ke situ Cileunca
7. Pulo (Cileunca)	1919-1924	PT PLN sekte Saguling	Cileunca	182,5	180	40	12	11,50	1,70	Lisirik 5,5 MWH/Thn
8. Darma	1959-1962	Dinas PU Pengairan Jawa Barat	Cisanggarung	410	397	20	40,52	37,90	4,0	Irigasi 22.316 ha dan air baku 0,026 m ³ /dkk.
9. Juanda	1957-1967	Perum Otorita Jatiluhur	Citarum	8.840	7.780	2.730	1.893	2.556	960	Irigasi 240.000 ha, Lisirik 350.000 MWH/Thn, air baku 11m ³ /detik
10. Saguling	1985	tad	Citarum	tad	4.870	tad	tad	930		
11. Cirata	1988	PT PLN	Citarum	tad	6200	205	2.165	2.165	177	Lisirik 1,426juta KWH/Thn
12. Cengklik	1923-1931	Dinas PU Pengairan Jawa Tengah	tad	276	253	tad	11,08	9,773	0	Irigasi 1.578 ha
13. Cacaban	1952-1958	Dinas PU Pengairan Jawa Tengah	Cacaban Wetan	900	790	100	101,7	90	0,1	Irigasi 17.481 ha
14. Wonogiri	1976-1982	Proyek Bengawan Solo	Bengawan Solo	9.100	7.360	2.670	735	560	120	Irigasi 23.600 ha, Lisirik 28.200 MWH/Thn
15. Delingan	1920-1923	Dinas PU Pengairan Jawa Tengah	Bengawan Solo	50	47	tad	3,97	3,27	1,20	Irigasi
16. Garung	1978-1983	PT PLN (Persero)	Serayu	tad	67	tad	tad	27	12,1	Lisirik 48 GWH/Thn
17. Gembong	1930-1933	Dinas PU Pengairan Jawa Tengah	Sani	tad	110	tad	9,62	9,50	tad	Irigasi 3.855 ha

Nama Waduk	Tahun dibangun	Pengelola	Nama Sungai	Luas permukaan air waduk (Ha)			Volume waduk (x 10 ⁶ m ³)			Fungsi & Manfaat
				Max	Normal	Min	Max	Normal	Min	
18. Greneng	1919	Dinas PU Pengairan Jawa Tengah	Gowak	tad	51	tad	tad	2,3	0,393	Irigasi 251 ha
19. Gunung Rowo	1918-1925	Dinas PU Pengairan Jawa Tengah	Gunung Rawa Jawa Tengah	tad	tad	tad	5,25	5,160	0,160	Irigasi 6.052 ha
20. Keitro	1975-1984	Dinas PU Pengairan Jawa Tengah	Bengawan Solo	110	81,6	8	3,77	2,8	0,1	Irigasi 400 ha
21. Krisak	1943	Dinas PU Pengairan Jawa Tengah	Bengawan Solo	tad	44	tad	tad	3,717	1,025	Irigasi 274 ha
22. Malahayu	1935-1940	Dinas PU Pengairan Jawa Barat	Kabuyutan	80,09	70,20	12,60	52,48	39,88	1,86	Irigasi 18.456 ha
23. Mrica	1984-1989	PT PLN (Persero)	Seryu	tad	1,250	tad	tad	193,50	47	Listrik 580 GWH/thn
24. Nawangan	1974-1976	Dinas PU Pengairan Jawa Tengah	Bengawan Solo	11	10,40	0,240	1,015	0,800	0,093	Irigasi 3.354 ha
25. Ngancar	1944-1946	Dinas PU Pengairan Jawa Tengah	Jarak	35,6	34	5,20	2,85	2,05	0	Irigasi 1.300 ha
26. Parangjoho	1973-1980	PPWS Bengawan Solo	Bengawan Solo	204,25	200	tad	tad	1,76	0,05	Irigasi 650 ha
27. Penjalin	1930-1934	Dinas PU Pengairan Jawa Tengah	Pemali	132	120	19	10,6	9,5	19	Irigasi 29.000 ha
28. Plumbon	1918-1982	Dinas PU Pengairan Jawa Tengah	Bengawan Solo	tad	121	tad	1,20	1,05	0,51	Irigasi 1.045 ha
29. Sutami	1975-1977	Perum Jasa Tirta	Brantas	1.700	1.500	500	390	343	90	Irigasi 34.000 ha, Listrik 488 juta KWH/thn
30. Solorejo	1963-1970	Perum Jasa Tirta	Brantas	420	400	100	62,50	62,30	12,20	Irigasi 5.700 ha, Listrik 49 juta KWH/thn
31. Wonogiri	1976-1982	Proyek Bengawan Solo	Bengawan Solo	9.100	7.360	2.670	735	560	120	Irigasi 23.600 ha, Listrik 28.200 MWH/thn
32. Wlingi	1975-1977	Perum Jasa Tirta	Brantas	tad	380	tad	tad	24	18,80	Irigasi 13.600 ha, Listrik 188 juta KWH/thn
33. Widias/Bening	1977-1984	Perum Jasa Tirta	Bening	590	570	73	37,50	33	4,50	Irigasi 8.600 ha
34. Gondang	1976-1986	Proyek PWS Bengawan Solo	Gondang	660	544	535	28,80	25,90	2,90	Irigasi 10.500 Ha
35. Klampis	1974-1976	Dinas pengairan Jatim	Klampis	280	244	90	12,80	10,25	3	Irigasi 2.080 ha Pemasok air ke Bendungan Sutami (Karangkates)
36. Lahor	1973-1975	Perum Jasa Tirta	Lahar	300	260	tad	tad	36,10	6,70	

Nama Waduk	Tahun dibangun	Pengelola	Nama Sungai	Luas permukaan air waduk (Ha)			Volume waduk (x 10 ⁶ m ³)			Fungsi & Manfaat
				Max	Normal	Min	Max	Normal	Min	
37. Pacal	1927-1933	Sub Dinas PU Pengairan Bojonegoro	Pacal	tad	520	390	tad	41,18	2,01	Irigasi 16.600 ha
38. Pondok	1993-1995	PPWS Bengawan Solo	Madiun	430	380	84,6	38,1	30,9	2,9	Irigasi 3.600 ha , Listrik 0,6 MWH/thn
39. Prijaten	1910-1916	Sub Dinas PU Pengairan Jatim	Prijaten	tad	170	tad	tad	12,10	2,60	Irigasi 4.600 ha
40. Sempene Baru	1973-1983	Dinas PU Pengairan Jatim	Smpene	57,60	35	24	tad	2,80	0,9	Irigasi 9.800 ha
41. Songguruh	1982-1988	Perum Jasa Tirta	Branias	260	237	220	24,50	23	20,50	Listrik 98,5 juta KWH/thn
42. Sermo	1994-1996	Proyek Irigasi Kali Progo	Serang	180	159	37,5	30	25	3,1	Irigasi 3.550 ha
43. Tlogo Ngebel	1930	Sub Dinas PU Pengairan Jatim	Jeram dan Talum	tad	143	tad	tad	23,50	4,30	Irigasi 10.000 ha , Listrik 2,25 MWH/thn
BALI dan NUSA TENGGARA										
44. Palasari	1989-1991	PU Pengairan Bali	Sagiang Gede	120	40	5,2	11,32	8,0	1,50	Irigasi 1.300 ha
45. Groggak	1994	Proyek Irigasi Bali	Groggak	380	305	120	tad	3,75	1,25	Irigasi 1.700 ha
46. Batuajai	1977-1982	PU Pengairan NTB	Panunjak	890	tad	tad	25	23,50	5,50	Irigasi 3.350 ha
47. Mamak	1990-1992	Proyek PKSA Sumbawa	Mamak	295	270	49,5	43,30	30	2,30	Irigasi 5.428 ha , listrik 550 KW
KALIMANTAN										
48. Riam Kanan	1963-1973	PLN Wil. VI-Kalsel	Barito dan Riam kanan	9.200	3.200	tad	tad	1.200	600	Irigasi 30.000 ha, Listrik 136 juta KWH/th, Air baku 1,25 m ³ /dlk
49. Sambolja	1959-1979	PU Pengairan Kaltim	Serayu	Tad	197	tad	tad	3,72	Tad	Irigasi 1.000 ha
50. Manggar	1978-1980	PDAMI Kodya Balikpapan	Manggar Besar	200	127	tad	3,80	3,30	0,40	Air baku 0,4 m ³ /dlk
SULAWESI										
51. Larona	1976-1978	PT INCO	Larona	tad	tad	tad	tad	10	0	Listrik 1.224.600 MMWH
52. Kalola	1992-1995	Proyek Irigasi Bila	Kalola, Bila	2150	1330	200	126	70	12,2	Irigasi 6.803 ha, Listrik 300-800 KWH/thn, Air baku 14,219 m ³ /dlk
53. Bili-Bili	1991-1999	PIPW sungai Jeneberang Sulsel	Jeneberang	18.500	17.000	2.100	375	305	29	Irigasi 24.585 ha , Listrik 16,30 MWH/thn, Air baku 33 m ³ /dlk
54. Bakaru	1976-1990	PT PLN Wil VIII Sulsel	Sadang, Mamasa	212	199,85	96,12	8,38	6,92	1,06	Listrik 612 juta KWH/thn

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum - Direktorat Jenderal Pengairan

LAMPIRAN 7

DATA DANAU DAN SITU DI INDONESIA

Propinsi	Jumlah		Luas Daerah Tangkapan Air (Ha)	Luas (Ha)	Volume Tampung (m ³)
	Danau	Situ			
Nanggroe Aceh Darussalam	15	229	t.a.d	6,842	6,699,520
Sumatera Utara	7	95	t.a.d	736	3,350,900
Sumatera Barat	58	0	1,393	408	6,069,356
Riau	26	2	t.a.d	9	221,000
Jambi	6	0	t.a.d	5,000	t.a.d
Sumatera Selatan	57	3	t.a.d	317	15,000,000
Bengkulu	7	0	t.a.d	t.a.d	t.a.d
Lampung	45	0	t.a.d	97	5,884,790
SUMATERA	221	329			
DKI Jakarta	0	38	t.a.d	25	t.a.d
Jawa Barat	235	222	t.a.d	2,597	760,763
Jawa Tengah	88	19	t.a.d	3	389,160
DI Yogyakarta	69	48	t.a.d	2,407	895,300
Jawa Timur	8	0	t.a.d	t.a.d	t.a.d
JAWA	400	327			
BALI	4	14	t.a.d	1	t.a.d
Nusa Tenggara Barat	2	0	8,008	31	25
Nusa Tenggara Timur	34	27	t.a.d	26	995,612
NUSA TENGGARA	36	27			
Kalimantan Barat	0	0	82,082	306	t.a.d
Kalimantan Tengah	0	0	94,094	195	t.a.d
Kalimantan Selatan	2	0	t.a.d	t.a.d	t.a.d
Kalimantan Timur	22	0	t.a.d	t.a.d	t.a.d
KALIMANTAN	24	0			
Sulawesi Utara	28	7	t.a.d	5	100,000
Sulawesi Tengah	19	0	t.a.d	t.a.d	t.a.d
Sulawesi Selatan	26	30	t.a.d	104	6,435,755
Sulawesi Tenggara	15	0	t.a.d	264	749,632
Gorontalo	2	0	t.a.d	t.a.d	t.a.d
SULAWESI	90	37			
MALUKU	17	0	t.a.d	t.a.d	t.a.d
PAPUA	51	2	t.a.d	t.a.d	t.a.d
TOTAL	843	736	185,577	19,373	47,551,813

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah - Water Resources Data Center (WRDC)
<http://sda.kimpraswil.go.id>

LAMPIRAN 8

DATA EMBUNG DI INDONESIA

Propinsi	Jumlah Embung Potensi	Embung Potensi Baru/ Pemerintah	Embung Potensi Pemerintah/ Rehabilitasi	Embung Potensi Desa/ Rehabilitasi	Embung Potensi Rakyat/ Rehabilitas	Kapasitas (m ³)
Sumatera Utara	179	0	0	0	179	9.315.517
Riau	8	8	0	0	0	9.287.925
Lampung	30	0	0	0	30	6.135.419
Jawa Barat	40	0	22	2	16	15.020.980
Jawa Tengah	56	0	0	47	9	25.847.500
Jawa Timur	246	0	160	71	15	76.310.974
Bali	29	0	0	0	29	3.134.093
NTB	421	225	0	161	35	47.263.072
NTT	165	0	0	0	165	31.885.976
Sulawesi Tengah	17	0	0	0	17	1.560.000
Sulawesi Selatan	111	0	0	0	111	12.657.175
Sulawesi Tenggara	10	0	0	10	0	9.230.390
Maluku	13	0	0	0	13	1.039.880
Papua	16	0	0	0	16	228.413
Total	1.341	233	182	291	635	248.917.31

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah - Water Resources Data Center (WRDC)
<http://sda.kimpraswil.go.id>

LAMPIRAN 9

KONDISI DAN PERMASALAHAN UTAMA YANG DIHADAPI BEBERAPA SITU DI JAKARTA DAN BOGOR

Nama	Lokasi	Diteliti Tahun	Fungsi	Kondisi dan Permasalahan Utama
Situ Baru	DKI Jakarta	1997	Sumber air minum dan air penyiram tanaman di Bumi Perkemahan Wiladatika	Luas awal situ 8 Ha, kini tinggal 5 Ha akibat digunakan sebagai jalan tol. Sekitar situ ditanami tanaman keras (akasia, saga, kelapa, sawo). Memiliki sumber mata air. Dulunya situ ini merupakan tempat rekreasi air dan kegiatan perikanan dalam KJA, dengan jenis ikan: Mas, Nila, dan Mujair. Jumlah jenis fitoplankton: 30 genera.
Situ Taman Mini Indonesia Indah	DKI Jakarta	1994	Rekreasi	Luas situ sekitar 11 Ha; 17% dari permukaan situ tertutup tanaman air. Air relatif lunak (softwater dengan kesadahan total sekitar 33 mg/l). Keanekaragaman hayati: plankton (27 genera), benthos (7 genera), tanaman air (6 genera, seluruhnya dari jenis yang tenggelam/submerged), ikan (9 genera).
Situ Fakultas Perikanan – IPB	Bogor	1996	Suplai air untuk kolam-kolam budidaya Fakultas Perikanan IPB	Situ ini dibangun tahun 1995 dengan luas sekitar 1,5 Ha. Lelak Situ Perikanan berdampingan dengan Situ Leutik yang juga terletak di dalam Kampus IPB Darmaga. Pada musim kemarau air situ dapat habis, hal tersebut diduga karena porositas tanahnya yang cukup tinggi. Terdapat daratan terapan di dalamnya. Jumlah jenis fitoplankton: 40 genera.
Situ Gunung Putri Kidul	Bogor	1988, 1989	Tandon air/penampung air hujan, irigasi sawah	Luas situ 5,33 Ha. Sekitar situ terdapat pabrik elektronik, karoseri mobil, pabrik bahan baku gelas, sawah, kolam ikan, pemukiman, semak belukar, dan tanaman palawija. Inlet situ ada tiga dan outlet ada satu. Di sebelah Barat situ terdapat sawah dan banyak ditumbuhi tanaman air (<i>Nymphaea</i> sp.), pada musim hujan lumpur dari sawah masuk ke dalam situ (akibat pengelontoran) dan mengakibatkan pendangkalan. Tanaman air lain yang dijumpai (<i>Salvinia molesta</i> , <i>Nelumbo</i> sp., <i>Nypha</i> sp., <i>Scirpus</i> sp., <i>Eichornia crassipes</i> , dan <i>Hydrilla</i> sp.).
Situ Bojongsari	Bogor	1991, 1994	Tandon air, irigasi sawah	Meskipun situ saat ini masih bersifat oligotrofik, tapi keberadaan pemukiman, sawah, kebun, dan lapangan golf di sekitarnya berpotensi menimbulkan masalah eutrofikasi dan pencemaran air di kemudian hari, apalagi inlet situ ini berasal dari sawah.

Nama	Lokasi	Diteliti Tahun	Fungsi	Kondisi dan Pemasalahan Utama
Situ Jalijajar	Bogor	1987, 1990	Tandon air, perikanan, rekreasi	Situ bersifat oligotrofik-eutrofik dan mengalami pendangkalan yang serius akibat banyaknya tanaman air dari jenis teratai (<i>Nymphaea</i> sp. dan abradi bagian tepinya. Luas situ semula (1930) adalah sebesar 9 Ha kemudian pada tahun 1987 menyusut menjadi 6,17 Ha, dan pada tahun 1990 tinggal 3 Ha. Di sekitar situ terdapat pemukiman, ladang, kebun, dan sawah. Ada mala air di dalam situ, dan situ ini juga menerima input dari Sungai Cibaluk. Air bersifat lunak (kesadahan 20-35 mg/l), agak asam (pH 6,5), dan kurang produktif (alkalinitas 16-34 mg/l).
Situ Leutik	Bogor	1987	Menyiram tanaman, tandon air, daerah resapan air	Luas situ sekitar 1,5 Ha. Terdapat 3 jenis tanaman air di dalamnya: <i>Hydrilla</i> sp., <i>Ceratophyllum</i> sp., dan <i>Pandanus</i> sp. Kualitas air masih baik namun pH air agak asam (5,5-6,5). Sumber air hanya berasal dari surface run-off (tidak ada inlet maupun outlet).
Situ Dua (INAGRO)	Bogor	1998	Penampung air hujan untuk menyiram tanaman hortikultura PT INAGRO	Merupakan salah satu situ yang terdapat di dalam kawasan PT INAGRO. Luas situ 1,13 Ha dan mengalami pendangkalan yang serius; kedalaman tahun 1994 3,5 m dan pada tahun 1998 tinggal 2,8 m. Pendangkalan situ disebabkan oleh masuknya bahan-bahan tersuspensi dari luar (sawah dan pinggirannya) yang terbawa surface run-off. Airnya bersifat lunak (DHL 60-64 $\mu\text{mhos/cm}$, asam (pH 5), dan kurang produktif (alkalinitas 10-14 mg/l). Keanekaragaman hayati: 12 jenis fitoplankton (dominan jenis <i>Cladophora</i> sp.), 6 jenis ikan (Nila, Gabus, Mujair, Sepat rawa, dan Julung julung), serta biawak (<i>Varanus salvator</i>).
Situ Cibuntu	Bogor	1997	Penampung air hujan, mengairi kebun, MCK	Luas situ 1,4 Ha. Dikelola oleh Puslitbang Limnologi-LUPI. Di sekitarnya terdapat gedung (Bakosurtanal dan LPI), kebun singkong, jagung, dan lada. Sumber air situ: mala air, namun dulunya juga menerima input dari Sungai Kalibaru (karena adanya pembangunan gedung-gedung, situ ini tidak lagi menerima input dari Sungai Kalibaru). Sebesar 89% dari luas permukaan situ tertutup oleh tanaman air (terutama teratai (<i>Nymphaea pubescens</i>) dan ganggang (<i>Hydrilla verticillata</i>). Total jenis tanaman air yang dijumpai ada 8 jenis. Akibat adanya tanaman air tersebut, situ mengalami pendangkalan. Kesuburan perairan diduga telah mencapai tingkat hiper-eutrofik.
Situ Cikaret	Bogor	1987, 1988	Irigasi sawah, perikanan, pariwisata	Situ telah menyusut dari luas semula 29,5 Ha kini tinggal 10 Ha (terutama karena situ dirurug masyarakat untuk dijadikan sawah/kebun dan invasi tanaman air yang jumlahnya mencapai 20 jenis). Luas penutupan tanaman air mencapai 20,4% dari luas permukaan situ. Di sekitar situ terdapat kebun cengkeh, sawah, ladang, pemukiman, kolam ikan, dan semak alang-alang. Ditemukan 25 jenis ikan dalam situ ini (yang dominan adalah ikan karnivor, yaitu Hampala <i>macrolepidota</i>).

Nama	Lokasi	Diteliti Tahun	Fungsi	Kondisi dan Permasalahan Utama
Situ Cigudeg	Bogor	1997	Penampung air hujan, MCK	Luas situ sekitar 2,6 Ha. Sekitar situ terdapat kebun karet, pemukiman, dan jalan raya. Di pinggirannya situ terdapat tanaman air (Eceng gondok) yang diduga sebagai penyebab pendangkalan situ. Situ juga menjadi tempat pembuangan sampah/limbah domestik dari pemukiman di sekitarnya.
Situ Citatah	Bogor	1986	Penampung air hujan, MCK	Dijumpai ada 15 jenis tanaman air, <i>Salvinia molesta</i> paling dominan (sekitar 75% dari luas permukaan situ tertutup <i>Salvinia molesta</i>). Terjadi pendangkalan. Luas semula 6 Ha namun kini tinggal 3 Ha. Di sekitarnya terdapat kebun, sawah, kolam ikan, pemukiman, dan kuburan. Sebagian situ telah berubah jadi daratan/sawah dan ditanami kangkung.
Situ Telaga Warna	Bogor	1989	Penampung air hujan, rekreasi	Luas sekitar 1,3 Ha (volume air = 44.886 m ³). Berada dalam kawasan hutan lindung, dikelilingi bukit dan pepohonan. Sering dijumpai adanya ular, baik di dalam situ maupun di daratannya. Kualitas air: O ₂ habis (0 ppm) pada kedalaman 5 meter (kedalaman maksimum 8,8 m); nilai alkalinitas berkisar antara 28-40 mg/l; pH 5,2-7,5. Substrat/dasar situ mengandung banyak cangkang diatomae dan plankton lain yang telah mati (seperti <i>Botryococcus</i> sp.). Keekaragaman hayati: ada 14 jenis fitoplankton dan didominasi oleh jenis <i>Botryococcus</i> sp.
Situ Tengah	Bogor	1993	Perikanan, MCK	Luas situ sekitar 1,2 Ha (volume air = 3.432 m ³). Sumber air situ: mata air dan sungai. Pendangkalan situ disebabkan karena di bagian inlet terdapat banyak barang-kandang aya. Pada bagian outlet dibangun kolam ikan. Pinggirannya situ banyak ditumbuhi eceng gondok (5% dari luas permukaan situ), pohon bambu, dan palaem. Air bersifat lunak (kesadahan 12-13 mg/l), agak asam (pH 6,3-6,9), kurang produktif (alkalinitas 5-6 mg/l). Keekaragaman hayati: ada 6 jenis ikan (Tambakan, Gurame, Mas, Tawar, dan Mujair), bivalva (<i>Anadonta</i> sp.), krusasea (1 jenis), gastropoda (4 jenis), fitoplankton (21 jenis), dan tanaman air (4 jenis).

Keterangan: MCK = mandi cuci kakus

Sumber: dari berbagai sumber dalam Suryadiputra, 1998

LAMPIRAN 10

POTENSI GALIAN GOLONGAN C MENURUT PROPINSI DI INDONESIA PADA TAHUN 1998

Pulau	Propinsi	Luas Total (Ha)	Aktif (Ha)	Tidak Aktif* (Ha)
Sumatera	D.I Aceh	1.843,12	1.717,39	125,73
	Sumatera Utara	223,67	169,99	53,68
	Sumatera Barat	5.521,47	3.588,95	1.932,52
	Riau	2.598,22	1.565,62	1.032,60
	Jambi	1.076,70	1.076,70	
	Sumatera Selatan	11.675,92	11.442,40	233,52
	Bengkulu	481,40	72,85	408,55
	Lampung	1.494,40	1.265,90	228,50
JUMLAH		24.914,90	20.899,80	4.015,10
Jawa	DKI Jakarta	t.a.d	t.a.d	t.a.d
	Jawa Barat	168.943,75		168.943,75
	Jawa Tengah	2.143,96	2.143,96	
	D.I Yogyakarta	2.462,16	1.398,36	1.063,80
	Jawa Timur	8.227,72	8.227,72	
JUMLAH		181.777,59	11.770,04	107.007,55
Bali	Bali	1.247,96	144,57	1.103,39
JUMLAH		1.247,96	144,57	1.103,39
Nusa Tenggara	NTT	3.762,57	5,19	3.757,38
	NTB	997	142,35	854,65
JUMLAH		4.759,57	147,54	4.612,03
Kalimantan	Kalimantan Timur	7.303,71	5.452,46	1.851,25
	Kalimantan Barat	10.146,38	3.399,86	6.746,52
	Kalimantan Tengah	5.535,84	5.535,84	
	Kalimantan Selatan	22.577,23	15.221,73	7.355,50
JUMLAH		45.563,16	29.609,89	15.953,27
Sulawesi	Sulawesi Utara	t.a.d	t.a.d	t.a.d
	Sulawesi Tengah	t.a.d	t.a.d	t.a.d
	Sulawesi Tenggara	t.a.d	t.a.d	t.a.d
	Sulawesi Selatan	10.454,10	7.945,12	2.508,98
JUMLAH		10.454,10	7.945,12	2.508,98
Maluku	Maluku	2.962,86	2.192,52	770,34
JUMLAH		2.962,86	2.192,52	770,34
Irian	Irian Jaya	198,66	63,57	135,09
JUMLAH		198,66	63,57	135,09
JUMLAH TOTAL		271.878,80	72.773,50	199.105,75

Keterangan: * = Kontrak kegiatan pertambangan sudah selesai atau sumberdaya galian tambang sudah habis

t.a.d = Tidak ada data

Sumber: Data Basis Lahan Galian Golongan C sampai 31 Agustus 1998, Sub Direktorat Bina Konservasi dan Rehabilitasi Lingkungan, Direktorat Jenderal Bina Pembangunan Daerah, Departemen Dalam Negeri.

LAMPIRAN 1 1

A. LUAS LAHAN PERTANIAN INDONESIA YANG DILAYANI OLEH IRIGASI DESA

Propinsi	Luas Lahan	Irigasi Desa		
		Sudah Rehab	Belum Rehab	Total
NAD	471,16	64,45	53,55	118,01
Sumut	719,25	92,67	45,39	138,06
Sumbar	423,14	72,05	66,51	138,56
Riau	177,57	5,46	10,04	15,50
Jambi	145,22	39,76	8,26	48,02
Sumsel	716,97	53,28	97,32	150,60
Bengkulu	138,28	27,99	4,61	32,60
Lampung	393,08	41,20	23,12	64,32
Jabar	1.392,37	177,71	230,06	407,77
Jateng	1.169,30	68,78	74,17	142,95
DI Yogyakarta	196,10			17,46
Jatim	2.455,75	101,19		101,19
Bali	112,62	22,32		22,32
NTB	291,24	54,63	51,24	105,87
NTT	272,68	37,38	49,35	86,73
Kalbar	261,79	28,61	26,00	54,61
Kalteng	375,37	29,09	30,13	59,22
Kalsel	295,04			40,33
Kaltim	121,44			51,74
Sulsel	1.011,41	100,66	82,18	182,84
Sulteng	212,97	29,72	10,79	40,52
Sultera	278,88	52,68	8,11	60,79
Sulut	117,71	22,80	5,28	28,08
Maluku	41,61	9,06	2,62	11,68
Irja	259,88	5,50	0,30	5,80

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air (2004)

B. LUAS LAHAN PERTANIAN INDONESIA YANG DILAYANI OLEH IRIGASI SEDERHANA/NON-TEKNIS

Propinsi	Luas Lahan (Ha)	Irigasi Sederhana										Total (Ha)
		Ada Jaringan Utama					Belum Ada Jaringan Utama					
		Belum Sawah (Ha)	Sudah Sawah			Total (Ha)	Belum Sawah (Ha)	Sudah Sawah			Total (Ha)	
			Berfungsi (Ha)	Belum Optimal (Ha)	Alih Fungsi (Ha)			Total (Ha)	Belum Sawah (Ha)	Sudah Sawah (Ha)		
NAD	471,16	7,41	25,80	29,86		55,66	63,06	46,82	20,06	66,88	129,94	
Sumut	719,25	9,24	12,10	3,74	15,83	25,07	26,83	5,96	32,79	57,86		
Sumbar	423,14	6,12	43,43	3,80	47,23	53,35	5,12	7,50	12,61	65,96		
Riau	177,57	7,67	16,91	14,30	31,21	38,87	2,36	10,93	13,29	52,16		
Jambi	145,22	2,88	2,27		2,27	5,15				0	5,15	
Sumsel	716,97	1,22	4,26	1,42	5,67	6,89	12,96	2,89	15,85	22,74		
Bengkulu	138,28	2,21	3,68	9,61	13,29	15,50	0,6		0,6	16,10		
Lampung	393,08											
Jabar	1.392,37		54,98		4,32	59,30				59,30		
Jateng	1.169,30		129,38	33,58	1,26	164,23				164,23		
DI Yogyakarta	196,10									4,66		
Jatim	2.455,75		89,53	1,85	0,47	91,86				91,86		
Bali	112,62											
NTB	291,24		0,8			0,8		0,43	0,14	0,56	1,36	
NTT	272,68	1,05	5,62	8,65		14,27	15,32	0,34	0,02	0,35	15,67	

		Irigasi Sederhana										Total (Ha)
Propinsi	Luas Lahan (Ha)	Ada Jaringan Utama					Belum Ada Jaringan Utama					
		Belum Sawah (Ha)		Sudah Sawah			Belum Sawah (Ha)			Sudah Sawah		
		Bertungsi (Ha)	Belum Optimal (Ha)	Alih Fungsi (Ha)	Total (Ha)	Total (Ha)	Belum Sawah (Ha)	Sudah Sawah (Ha)	Total (Ha)			
Kalbar	261,79	0,60	1,86	1,44	0,03	3,32	3,92	0,61	0,49	0,66	4,59	
Kalieng	375,37	0,27	1,77			1,77	2,04	1,22	0,11	1,33	3,37	
Kalsel	295,04										8,72	
Kallim	121,44										2,62	
Sulsel	1.011,41	0,23	5,51	0,27	0,44	6,23	6,46	6,00	5,83	11,83	18,29	
Sulleng	212,97	6,71	9,80	0,03		9,83	16,54	0,40	0,28	0,67	17,22	
Sullera	278,88					0						
Sulut	117,71	0,76	2,66	0,91		3,58	4,33	0,76		0,76	5,09	
Maluku	41,61		0,22			0,22	0,22				0,22	
Irija	259,88	0,39	3,44	0,84	0,48	4,77	5,16	0,24		0,24	5,40	

Sumber: Departemen Perumukiman dan Prasarana Wilayah, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air (2004)

C. LUAS LAHAN PERTANIAN INDONESIA YANG DILAYANI OLEH IRIGASI SEMI TEKNIS

Propinsi	Luas Lahan (Ha)	Irigasi Semi Teknis										Total (Ha)
		Ada Jaringan Utama					Belum Ada Jaringan Utama					
		Belum Sawah (Ha)		Sudah Sawah (Ha)			Belum Sawah (Ha)		Sudah Sawah (Ha)			
		Berfungsi (Ha)	Belum Optimal (Ha)	Alih Fungsi (Ha)	Total (Ha)	Total (Ha)	Belum Sawah (Ha)	Sudah Sawah (Ha)	Total (Ha)			
NAD	471,16	1,01	32,64	14,28	46,92	47,93	1,64	11,13	12,76	60,69		
Sumut	719,25	12,50	78,50	21,63	100,13	112,63	11,72	7,36	19,08	131,71		
Sumbang	423,14	9,27	54,98	3,41	58,40	67,66	2,22	0,86	3,09	70,75		
Riau	177,57	11,81	2,66	9,30	11,96	23,76	3,86	2,62	6,48	30,24		
Jambi	145,22	2,18	8,15		8,15	10,33				10,33		
Sumsel	716,97	12,42	35,89	8,56	44,44	56,86	11,23	19,66	30,89	87,76		
Bengkulu	138,28	10,22	15,83	1,39	17,22	27,44	1,30	0,03	1,32	28,76		
Lampung	393,08	2,82	7,92	0,46	8,39	11,20	0,29		0,30	11,50		
Jabar	1.392,37		104,72		8,77	113,49				113,49		
Jateng	1.169,30		65,19	18,43	0,69	84,31				84,31		
DI Yogyakarta	196,10									28,06		
Jatim	2.455,75		93,71	0,39	0,76	94,86				94,86		
Bali	112,62	3,25	47,83	3	2,73	53,56				56,81		
NTB	291,24	0,31	53,02	1,32	54,34	54,65	2,52	1,45	3,96	58,61		

Propinsi	Luas Lahan (Ha)	Irigasi Semi Teknis										Total (Ha)
		Ada Jaringan Utama					Belum Ada Jaringan Utama					
		Belum Sawah (Ha)		Sudah Sawah (Ha)			Belum Sawah (Ha)		Sudah Sawah (Ha)			
		Berfungsi (Ha)	Belum Optimal (Ha)	Alih Fungsi (Ha)	Total (Ha)	Total (Ha)	Total (Ha)	Total (Ha)				
NTT	272,68	0,98	12,16	16,68		28,83	29,81	0,25	1,08	1,33	31,14	
Kalbar	261,79	2,46	4,53	7,68	0,45	12,66	15,12	4,18	4,55	8,73	23,85	
Kalteng	375,37	0,35	0,33	0,17		0,50	0,85	0,29		0,29	1,14	
Kalsel	295,04										2,47	
Kaltim	121,44										3,18	
Sulsel	1.011,41	3,34	57,27	5,23	6,56	69,06	72,40	4,02	6,05	10,08	82,48	
Sulteng	212,97	11,90	18,60	0,08		18,68	30,58	6,33	0,76	7,09	37,67	
Sultra	278,88	9,53	7,58		2,65	10,23	19,76	6,79	0,21	7,00	26,75	
Sulut	117,71	4,33	20,53	1,38		21,91	26,24	0,49	0,63	1,12	27,37	
Maluku	41,61	0,53	1,13	0,19		1,32	1,85	1,58	0,70	2,28	4,13	
Irija	259,88	0	0,4		0,63	1,03	1,03			0	1,03	

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air (2004)

D. LUAS LAHAN PERTANIAN INDONESIA YANG DILAYANI OLEH IRIGASI TEKNIS

Propinsi	Luas Lahan (Ha)	Irigasi Teknis										Total (Ha)	
		Ada Jaringan Utama					Belum Ada Jaringan Utama						Total (Ha)
		Belum Sawah (Ha)	Sudah Sawah			Total (Ha)	Belum Sawah (Ha)	Sudah Sawah		Total (Ha)			
			Berfungsi (Ha)	Belum Optimal (Ha)	Alih Fungsi (Ha)			Total (Ha)	Belum Sawah (Ha)		Sudah Sawah (Ha)		
NAD	471,16	0,87	82,44	5,96		88,40	1,55	8,50	89,27	10,05	99,32		
Sumut	719,25	4,40	98,72	23,74		122,46	0,42	1,25	126,86	1,67	128,53		
Sumbang	423,14	15,41	58,51	6,19		64,69	14,40	11,54	80,11	25,94	106,04		
Riau	177,57									0	0		
Jambi	145,22	0,34	6,60	0,88		7,49	0,66	5,70	7,82	6,36	14,18		
Sumsel	716,97	0,49	30,13	5,54		35,68	36,02	10,83	36,16	46,85	83,01		
Bengkulu	138,28	7,81	21,26	6,17		27,42	4,65	2,67	35,23	7,32	42,55		
Lampung	393,08	39,82	127,06	8,52		135,58	9,30	3,26	175,40	12,56	187,95		
Jabar	1.392,37		655,93	1,95	26,25	684,12		10,32	684,12	10,32	694,44		
Jateng	1.169,30		561,9	13,91	7,20	583,01			583,01		583,01		
DI Yogyakarta	196,10										23,92		
Jatim	2.455,75		710,14	3,70	23,25	737,09			737,10		737,09		
Bali	112,62	2,07	30,01		1,23	31,24			33,31		33,31		
NTB	291,24		81,79	1,10		82,89	0,97	2,24	82,89	3,22	86,11		

Propinsi	Luas Lahan (Ha)	Irigasi Teknis										Total (Ha)	
		Ada Jaringan Utama					Belum Ada Jaringan Utama						
		Belum Sawah (Ha)	Sudah Sawah			Total (Ha)	Belum Sawah (Ha)	Sudah Sawah		Total (Ha)	Belum Sawah (Ha)		Sudah Sawah (Ha)
			Berfungsi (Ha)	Belum Optimal (Ha)	Alih Fungsi (Ha)			Total (Ha)					
NIT	272,68	0,95	14,25	2,48			16,73	17,68				17,68	
Kalbar	261,79		0,77	4,39			5,16	5,16	1,89			1,89	7,05
Kalteng	375,37	1,05	1,02	2,66			3,68	4,72	6,71	4,43		11,14	15,87
Kalsel	295,04												45,42
Kaltim	121,44												0,20
Sulsel	1.011,41	7,96	184,76	25,65	12,86		223,27	231,23	7,88	8,16		16,04	247,27
Sulteng	212,97	15,77	31,58	3,94			35,52	51,30	1,10	3,86		4,96	56,26
Sultra	278,88	18,24	20,65		3,30		23,94	42,18	44,86	7,49		52,36	94,54
Sulut	117,71	10,36	28,88	0,52			29,41	39,77	1,27	0,42		1,69	41,45
Maluku	41,61	2,13	11,38	1,23			12,61	14,74	3,10	1,78		4,87	19,61
Irija	259,88	2,74	3,90	5,81	0,00		9,71	12,46	24,40	0,5		24,89	37,35

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air (2004)