

**NILAI MANFAAT AIR DAN TARIFIKASI LAYANAN AIR  
DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) KALI BRANTAS**

**TESIS**

Untuk Memenuhi Persyaratan

Memperoleh Gelar Magister



Oleh:

**RAYMOND VALIANT**

**NIM 0421000098**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
MINAT PENGELOLAAN SUMBERDAYA AIR**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG**

**2007**

**NILAI MANFAAT AIR DAN TARIFIKASI LAYANAN AIR DI  
DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) KALI BRANTAS**

**TESIS**

Untuk Memenuhi Syarat  
Memperoleh Gelar Magister

Oleh:

RAYMOND VALIANT

NIM 0421000098

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
MINAT PENGELOLAAN SUMBERDAYA AIR**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
PROGRAM PASCASARJANA  
MALANG**

**2007**

JUDUL TESIS :

Nilai Manfaat Air dan Tarifkasi Layanan Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Brantas

Nama Mahasiswa : Raymond Valiant

NIM : 0421000098

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Magister Pengelolaan Sumberdaya Air

KOMISI PEMBIMBING :

Ketua : DR.Ir. Rispiningtati, M.Eng

Anggota : Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS

SK Pembimbing : 72/SK.PPSUB/2007

TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : DR.Ir. H. Mohammad Bisri, MS

Dosen Penguji 2 : Ir. Mohammad Sholichin, MT

Tanggal Ujian : 8 Nopember 2007

SK Penguji : 28/PMTS/UT/SK.PPSUB/2007

# TESIS

## NILAI MANFAAT AIR DAN TARIFIKASI LAYANAN AIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) KALI BRANTAS

Oleh :

**RAYMOND VALIANT**

Dipertahankan di depan penguji  
Pada Tanggal **08 Nopember 2007**  
Dan dinyatakan memenuhi syarat

Komisi Pembimbing,

Dr. Ir. Rispiningtati.,M.Eng

Ketua

Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS.

Anggota

\_\_\_\_\_  
Anggota

Malang, **04 DEC 2007**

Universitas Brawijaya  
Program Pascasarjana  
Direktur,



Prof. Dr. H. Djanggan Sargowo, dr, SpPD., SpJP (K), FIHA., FACC  
NIP. 130 531 873

## PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam Naskah TESIS ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah TESIS ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia TESIS ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (MAGISTER) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. (UU NO. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang, 08 Nopember 2007

Mahasiswa,



Nama : RAYMOND VALIANT  
NIM : 0421000098.....  
PS : Teknik Sipil.....  
PPSUB

## RIWAYAT HIDUP



Raymond Valiant dilahirkan 12 Agustus 1969 di Malang dari orangtua RONALDA AUGUSTA TOMASOWA dan CHARLES RURITAN. Menamatkan pendidikan di bidang pengairan dari Fakultas Teknik Universitas Brawijaya (1996). Bekerja di Perum Jasa Tirta I. Pernah menempuh pelatihan di bidang hidrologi, erosi dan sedimentasi, antara lain dari Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia dan Universitas Kyōtō, Jepang. Menikah dengan Bertha Krisnayani dan saat ini memiliki dua putra: Gabriel dan Paschalis.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pertama-tama berterima kasih kepada DR. Ir. Rispiningtati, M.Eng. dan Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS dari Universitas Brawijaya sebagai komisi pembimbing yang telah mengarahkan tesis ini hingga selesai.

Dalam menyusun tesis ini, penulis berterima kasih karena mendapat bantuan dari Ir. Adi Santoso, Dip.HE, Rentjana Sembiring, SE, Drs. Sunadji, MM, Fahmi Hidayat, ST, MT dan Asfi Fitrianingtyas, ST dari Perum Jasa Tirta I; Ir. Djoko Hendrito Utomo dan Mudjiono dari Perseroan Terbatas (PT) Perkebunan Nusantara X; Ir. I Nyoman Ngurah W. dari PT Pembangkitan Jawa Bali; serta Ir. Santoso, Drs. Tritjipto S. dan Ir. Yuliarin Astutik Ningsih dari PT Pabrik Gula Rajawali I.

Ungkapan syukur juga tertuju kepada orangtua penulis Drg. R.A. Tomasowa, DDPH, serta Sumarno Florentinus dan Ignatia Sutarsih, yang telah memberi doa dan semangat. Selain itu teriring juga rasa hormat penulis kepada Pdt. DR. Benjamin Agustinus Abednego, almarhum guru yang kami takzimi.

Akhirnya, ini semua tak akan selesai bila tanpa disertai pengorbanan dari Bertha Krisnayani serta Gabriel dan Paschalis – yang rajin bertanya «Papa ini sekolah apa *sih*, *koq ndak* selesai-selesai?» Mereka bertiga membuat hidup penulis menjadi (sebenarnya) indah. *La vita es bella*.

## RINGKASAN

**Raymond Valiant.** 0421000098. Program Pascasarjana Universitas Brawijaya, 8 Nopember 2007. Nilai Manfaat Air dan Tarififikasi Layanan Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Brantas; Komisi Pembimbing, Ketua: Rispiningtati; Anggota: Rini Wahyu Sayekti.

Penerapan ekonomi rekayasa sebagai instrumen dalam pengelolaan sumberdaya air merupakan suatu upaya menciptakan alokasi air yang sangkil dan pembebanan biaya pengelolaan yang optimal, demi kelestarian sumberdaya itu sendiri.

Penelitian ini bertujuan mengkaji penerapan ekonomi rekayasa sebagai instrumen pengelolaan air untuk mengetahui manfaat air dan melakukan pembebanan biaya pengelolaan secara optimal di DAS Kali Brantas.

Metode penelitian dilakukan dengan terlebih dulu menghitung manfaat air, lalu mengalokasikan biaya jasa pengelolaan melalui suatu pemrograman linier. Pemrograman ini melibatkan variabel-variabel: pemakaian air, nilai manfaat dan biaya serta diterapkan pada lima sektor pemanfaat air (pertanian, pembangkitan energi, air baku untuk industri dan domestik, serta pengendalian banjir) sehingga akhirnya didapatkan suatu pembebanan biaya pengelolaan yang optimal.

Hasil analisa menunjukkan nilai manfaat air per-tahun 2006 adalah sebagai berikut: sektor pertanian Rp 1.003,48/m<sup>3</sup>; pembangkitan energi Rp 29,61/kW-jam; air baku untuk industri Rp 9.137,48/m<sup>3</sup>; air baku untuk domestik Rp 780,27/m<sup>3</sup> dan pengendalian banjir Rp 12,44/m<sup>3</sup>. Melalui optimasi (pemrograman linier) didapat persamaan berpangkat untuk menghitung harga layanan jasa air di DAS Kali Brantas. Untuk tahun 2006 persamaan memberi harga jasa pengelolaan air yang optimal bagi pengguna air adalah: sektor pertanian Rp 60/m<sup>3</sup>; pembangkitan energi Rp 39/kW-jam; air baku untuk industri Rp 626/m<sup>3</sup>; air baku untuk domestik Rp 43/m<sup>3</sup> dan pengendalian banjir Rp 67/m<sup>3</sup>, untuk tingkat pemakaian air seperti pada tahun 2006.

Persamaan dari hasil pemrograman ini bersifat generik dan dapat digunakan menghitung harga layanan air sesuai alokasi layanan yang dipergunakan. Bila harga layanan air dibebankan pada sektor komersial sesuai kebijakan subsidi Pemerintah saat ini, maka timbul deviasi yang seharusnya ditanggung Pemerintah.

Disarankan untuk mengembangkan penelitian ini agar dapat diaplikasikan dalam proses pengambilan keputusan oleh Pemerintah, maupun untuk tujuan ilmiah dengan penerapan teori-teori alokasi sumberdaya lainnya.

**Kata kunci:** nilai manfaat air, biaya jasa pelayanan air, pemrograman linier

## SUMMARY

**Raymond Valiant.** 0421000098. Postgraduate Program of Brawijaya University, November 8, 2007. Water Value and Water Service Tariff in the Brantas River Basin; Chief Supervisor: Rispiningtati, Co-Supervisor: Rini Wahyu Sayekti.

Engineering economics has been widely accepted as a management instrument to enable an optimum resources allocation, especially in the field of water resources management.

This research objective is to analyze water value and to optimize water allocation and water service fee within the Brantas River Basin.

The research method is initiated by firstly calculating the water value, and then upon the achieved result, optimize water service fee through linear programming. Linear programming involves the following variables: water allocation, water value and management cost requirement among the five user groups (agricultural sector, energy, bulkwater supply for industries and domestic purposes, and flood control).

Result of the analysis shows: water value based on the prices of 2006 for the agricultural sector is estimated to be close to Rp 1,003.48/m<sup>3</sup>; energy Rp 29.61/kWh; bulk water for industries Rp 9,137.48/m<sup>3</sup>; bulk water for domestic water supply Rp 780.27/m<sup>3</sup> and flood control Rp 12.44/m<sup>3</sup>. From the optimization process (linear programming), power equations were obtained that enables calculation of water service fee for the Brantas River Basin. These equations calculates that water service fee at the 2006 water use level as example, for the agricultural sector is close to Rp 60/m<sup>3</sup>; energy Rp 39/kW-jam; bulk water for industries Rp 626/m<sup>3</sup>; bulk water for domestic water supply Rp 43/m<sup>3</sup> and flood control Rp 67/m<sup>3</sup>.

These generic equations could be used to compute water service fee in accordance to the water use for each sector. The current policy of restricting water service fee only to the commercial sector propagates cost deviation that actually must be borne by the Government.

It is recommended to extend this research into application for decision-making processes by the Government as well as further research in the field of applied resource allocation-theory.

**Keywords:** water value, water service fee, linear programming

## KATA PENGANTAR

Tesis ini merupakan syarat akademik pada pendidikan Magister Teknik Sipil dengan minat Pengelolaan Sumberdaya Air Sistem Moduler pada Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Penulis menempuh pendidikan ini melalui jalan yang relatif panjang dan memberi banyak pengalaman, sebagai karyasiswa Departemen Pekerjaan Umum.

Dalam penulisan tesis ini, diteliti hal-hal baru yang barangkali bermanfaat namun mungkin juga tidak. Bila yang terjadi adalah yang terakhir, maka itu semata-mata karena kekurangan penulis. Dengan demikian, saran dan masukan bagi perbaikan tesis ini tentu penulis sambut dengan baik dan penuh terima kasih.

Malang, 8 Nopember 2007



Raymond Valiant

## DAFTAR ISI

Ringkasan .....	i
Summary .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Daftar Isi .....	iv
Daftar Tabel .....	vi
Daftar Gambar.....	vii
Daftar Lampiran.....	viii
Daftar Simbol, Singkatan dan Takrif.....	ix
Bab I    Pendahuluan .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Identifikasi Masalah.....	3
1.3    Pembatasan Masalah.....	6
1.4    Rumusan Masalah.....	7
1.5    Tujuan dan Manfaat.....	7
1.6    Sistematika Pembahasan.....	8
1.7    Diagram Kerangka Pemikiran.....	8
Bab II    Tinjauan Pustaka.....	10
2.1    Keterlibatan Pemerintah dalam Pengelolaan Air .....	10
2.2    Prinsip Ekonomi dalam Pengelolaan Sumberdaya Air.....	12
2.3    Metode Perhitungan Manfaat Air.....	16
2.3.1    Penilaian Air sebagai Bahan Baku.....	19
2.3.2    Penilaian Air sebagai Barang Konsumsi .....	23
2.3.3    Penilaian Manfaat Air untuk Publik.....	26
2.4    Program Optimasi.....	28
2.5    Studi yang Pernah Dilakukan .....	29
2.6    Simpulan .....	31
Bab III    Metodologi Penelitian .....	33
3.1    Lokasi Penelitian .....	33
3.2    Metode Penelitian.....	33
3.3    Variabel Penelitian .....	34
3.4    Metode Pengumpulan Data.....	35
3.5    Metode dan Proses Analisa.....	36
3.5.1    Pengolahan Awal .....	36
3.5.2    Analisa Penggunaan Air.....	36
3.5.3    Analisa Manfaat Air.....	37
3.5.4    Evaluasi Nilai Prasarana .....	38
3.5.5    Proses Optimasi Layanan Air.....	39
Bab IV    Hasil Penelitian.....	40
4.1    Analisa Pendahuluan.....	40
4.1.1    Nilai Aset Prasarana Pengairan .....	40

4.1.2	Pemakaian Air di DAS Kali Brantas .....	41
4.1.3	Analisa Sektorial Pengguna Air.....	42
4.1.4	Penentuan Sifat Pasar .....	44
4.2	Perhitungan Manfaat Air Secara Ekonomis .....	46
4.2.1	Sektor Pertanian .....	46
4.1.2	Pembangkitan Energi Listrik .....	48
4.1.3	Industri dan Perniagaan .....	50
4.1.4	Layanan Air Bersih.....	52
4.1.5	Pengendalian Banjir.....	52
4.2	Optimasi Harga Layanan Air.....	54
4.2.1	Pemrograman Linier untuk Kelompok Prasarana.....	56
4.3.1	Pemrograman Linier untuk Seluruh DAS .....	58
4.4	Pemilihan Hasil Pemrograman .....	60
Bab V	Simpulan dan Saran .....	64
5.1	Simpulan .....	64
5.2	Saran.....	65
	Daftar Pustaka .....	66
	Lampiran .....	71

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel II.1	Istilah biaya, nilai dan harga .....	12
Tabel II.2	Ikhtisar metode penilaian manfaat air .....	17
Tabel II.2	Contoh perhitungan CINI .....	21
Tabel II.3	Contoh hasil survei kerelaan membayar.....	26
Tabel III.1	Data sekunder yang dikumpulkan .....	35
Tabel III.2	Klasifikasi kegiatan ekonomi berdasar ISIC.....	36
Tabel IV.1	Prasarana pengairan di DAS Kali Brantas.....	40
Tabel IV.2	Pemakaian air permukaan Kali Brantas.....	41
Tabel IV.3	Klasifikasi pemakaian air di DAS Kali Brantas .....	43
Tabel IV.4	Hasil analisa elastisitas .....	44
Tabel IV.5	Perbandingan masa pra-pengembangan dan masa kini.....	47
Tabel IV.6	Hasil perhitungan manfaat air bagi sektor pertanian .....	47
Tabel IV.7	Kapasitas dan potensi pembangkitan energi listrik .....	48
Tabel IV.8	Energi listrik tenaga air di DAS Kali Brantas.....	49
Tabel IV.9	Hasil perhitungan biaya pembangkitan energi.....	50
Tabel IV.10	Industri gula di DAS Kali Brantas.....	51
Tabel IV.11	Laba sektorial dari industri di DAS Kali Brantas .....	51
Tabel IV.12	Luas genangan yang terkendali.....	53
Tabel IV.13	Kendala untuk kelompok prasarana pengairan.....	57
Tabel IV.14	Konstanta hasil regresi untuk kelompok prasarana .....	58
Tabel IV.15	Rekapitulasi manfaat layanan air.....	58
Tabel IV.16	Konstanta hasil regresi untuk seluruh DAS .....	59
Tabel IV.17	Konstanta hasil regresi baru untuk seluruh DAS .....	61
Tabel IV.18	Perbandingan harga jasa pengelolaan air .....	62
Tabel IV.19	Perbandingan harga layanan air dan tarif.....	63

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar I.1	Daerah aliran sungai (DAS) Kali Brantas.....	4
Gambar I.2	Gaftar alir kajian .....	9
Gambar II.1	Kurva permintaan-pemenuhan suatu barang.....	13
Gambar II.2	Kondisi optimalitas Pareto .....	14
Gambar II.3	Biaya dari pelayanan air .....	15
Gambar II.4	Skema metode perbandingan biaya alternatif .....	23
Gambar II.5	Kurva permintaan dan pemenuhan.....	24
Gambar III.1	Skematisasi aliran Kali Brantas .....	33
Gambar III.2	Beberapa prasarana pengairan di DAS Kali Brantas.....	34
Gambar IV.1	Pemakaian air permukaan DAS Kali Brantas .....	42
Gambar IV.2	Proses filtrasi dengan perangkat lunak lembar kerja .....	44
Gambar IV.3	Perkembangan pemakaian air permukaan .....	46
Gambar IV.4	Tampilan fasilitas <i>solver</i> .....	55
Gambar IV.5	Contoh hasil optimasi harga .....	60
Gambar IV.6	Perbandingan hasil regresi.....	62

## DAFTAR LAMPIRAN

L.1	Perhitungan Nilai Manfaat Irigasi (Metode CINI) .....	71
L.2	Perhitungan Nilai Manfaat Pembangkitan Energi .....	73
L.3	Perhitungan Nilai Manfaat Air untuk Industri Gula .....	74
L.4	Perhitungan Nilai Manfaat Air untuk Industri Non Gula.....	76
L.5	Perhitungan Nilai Manfaat Pengendalian Banjir .....	77
L.6	Contoh Lembar Optimasi dengan Program Linier.....	80

## DAFTAR SIMBOL, SINGKATAN DAN TAKRIF

BJPSDA	Biaya jasa pengelolaan sumberdaya air
BPS	Badan Pusat Statistik
BUMN	Badan usaha milik negara
CINI	Change in net income, metode perhitungan manfaat residu
DAS	Daerah aliran sungai
DPU	Departemen Pekerjaan Umum
GW-jam	Giga-watt per-jam, energi setara $10^9$ watt per-jam
HSD	High speed diesel, minyak diesel (kalori tinggi)
IHK	Indeks harga konsumen
ISIC	International Standard of Industrial Classification atau Standar Internasional Klasifikasi Industri
MFO	Marine fuel oil, minyak bakar
MVP	Marginal value of product atau nilai marjinal produk
MW	Mega-watt, kapasitas pembangkitan energi setara $10^6$ watt
PDAM	Perusahaan daerah air minum
PJT	Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta
PLTA	Pembangkit listrik tenaga air
PLTD	Pembangkit listrik tenaga diesel
PLTG	Pembangkit listrik tenaga gas
PLTGU	Pembangkit listrik tenaga gas-uap, siklus kombinasi ( <i>combined cycle</i> )
PLTP	Pembangkit listrik tenaga panas bumi
PLTU	Pembangkit listrik tenaga uap
TVP	Total value of product atau nilai total produk

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Air lazim dipandang sebagai sumberdaya milik bersama, sehingga pemanfaatannya kerap kali didekati dengan kerangka berpikir sebagai benda milik umum (*common property*). Pandangan ini menimbulkan dampak kerusakan karena para pengguna menganggap dirinya bebas memakai tanpa batasan. Fenomena ini digambarkan Hardin (1968) dengan istilah «tragedi milik bersama» atau *tragedy of the commons*.

Sejauh air masih tersedia secara memadai, pemakaian secara bebas tidak menimbulkan masalah, tetapi dalam kenyataan air yang dapat dimanfaatkan secara layak makin terbatas sehingga selalu muncul ketimpangan dan persaingan untuk memenuhi kebutuhan hayat manusia (Hoekstra, 1998; Rogers, 2002; Tenière-Buchot, 2004). Ketimpangan dan persaingan ini berangkat dari suatu kelangkaan relatif menurut David Ricardo, yang beranggapan kebutuhan manusia tidak terbatas sehingga suatu sumberdaya justru menjadi terbatas dan akhirnya langka (Yakin, 2004: 33).

Ketimpangan dan persaingan memang tidak dapat dihindari karena air memiliki rivalitas dan eksternalitas yang tinggi sehingga pemakaiannya senantiasa menimbulkan kompetisi secara terus menerus (Young, 2005: 43). Walau demikian, tidak mustahil untuk menciptakan alokasi sumberdaya yang memberi kemaslahatan bagi orang banyak.

Alokasi sumberdaya bagi kesejahteraan orang banyak dapat diciptakan dengan melibatkan berbagai instrumen yang mendorong pemanfaatan sumberdaya itu secara efektif dan efisien. Selain pengembangan perangkat kelembagaan untuk mengelola air, berbagai literatur dalam pengelolaan sumberdaya, seperti Just *et.al.*

(1982), Pearce (1993) dan Merret (1997) menyarankan ekonomi sebagai instrumen pengelolaan yang mendorong terbentuknya alokasi air optimal bagi kesejahteraan bagi sebanyak mungkin pihak.

Secara praktis penerapan instrumen ekonomi dalam pengelolaan sumberdaya air merupakan suatu teknik pembebanan biaya kepada para pengguna agar alokasi air dapat dimanfaatkan secara sangkil. Biaya yang dibebankan adalah sesuai dengan ongkos yang dikeluarkan untuk mengelola dan melayani air tersebut, yang lazim disebut proses pengembalian biaya (*cost-recovery*).

Persoalan selanjutnya adalah: bagaimana membebani secara adil para pengguna sehingga tidak muncul dampak lain. Untuk itu diperlukan mekanisme pembebanan biaya yang berkaitan dengan nilai manfaat air yang dirasakan para pengguna air. Penetapan nilai manfaat air pada dasarnya merupakan persoalan ekonomi neo-klasik (Young, 2005).

Setiap sumberdaya dalam sudut pandang neo-klasik dianggap memiliki eksternalitas ekonomi yang dapat dikuantifikasi sebagai biaya yang diperoleh atau dikeluarkan (Colman & Young, 1989). Nilai manfaat air dengan demikian adalah eksternalitas positif dari air yang diperoleh. Untuk menciptakan alokasi air yang sangkil dengan sendirinya besar biaya yang ditanggung pengguna air harus bersesuaian dengan manfaat yang diperoleh. Metode yang ini relatif sederhana, masih saja mengundang pembahasan luas yang tidak saja dialami di Indonesia tetapi juga di berbagai penjuru dunia (Dinar & Subramanian, 1997).

Tesis ini akan mengkaji bagaimana ekonomi rekayasa dapat berperan menjadi instrumen pengelolaan air permukaan yang mendorong alokasi secara optimal untuk kesejahteraan bagi sebanyak mungkin pihak. Dua hal yang akan ditinjau secara khusus adalah tentang «nilai manfaat air» dan «harga jasa pengelolaan air». Kedua istilah ini tidak sama walaupun tampak serupa. Nilai

manfaat air adalah produktifitas air permukaan yang diukur dengan pendekatan ekonomi. Sedangkan harga jasa pengelolaan air adalah beban biaya pengelolaan yang dibebankan kepada pengguna air permukaan.

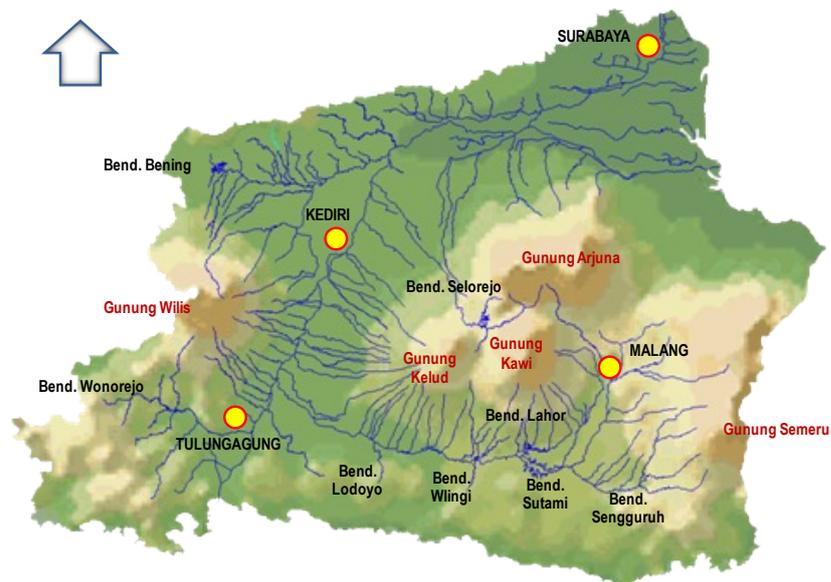
## 1.2 Identifikasi Masalah

Sebagai kepulauan, Indonesia memiliki potensi hidro-meteorologis yang unik. Keberadaan potensi air di Indonesia beragam dan sangat tergantung pada kondisi geografis dan sebaran hujan (Nontji, 1994). Menurut Sunaryo *et.al.* (2004), implikasi dari karakter sungai di Indonesia yang pendek, curam dan memiliki debit fluktuatif karena curah hujan, adalah pengembangan infrastruktur pengairan kerap kali sulit dan mahal. Investasi prasarana pengairan yang besar akan menimbulkan beban operasi-pemeliharaan dan biaya lingkungan yang relatif besar.

Salah satu Daerah Aliran Sungai (DAS) di Indonesia yang telah dikembangkan secara bertahap dan memiliki sistem pelayanan air permukaan yang menyatu adalah Kali Brantas di Provinsi Jawa Timur. Pembangunan prasarana pengairan secara modern di DAS ini telah dimulai sejak 1958 dan hingga saat ini telah melampaui empat rencana induk pengembangan wilayah sungai, sehingga memiliki kelengkapan prasarana, kelembagaan dan tata kelola (Bhat *et.al.*, 2006).

Penerapan instrumen ekonomi dalam pengelolaan air permukaan yang dikaji dalam tesis ini berusaha mencari tahu «nilai manfaat air» dan «harga jasa pengelolaan air» di DAS Kali Brantas. DAS ini memiliki sistem pelayanan air permukaan yang telah beroperasi melalui sebuah badan usaha milik negara (BUMN) yang mengelola sarana-prasarana pengairan, yakni Perusahaan Umum Jasa Tirta (PJT) I. Perum ini didirikan melalui Peraturan Pemerintah (PP) No. 5 Tahun 1990 dan diperbarui PP No. 93 Tahun 1999. Peta DAS Kali Brantas dan beberapa prasarana terpenting dapat dilihat pada **Gambar I.1**.

Penentuan nilai manfaat air merupakan dasar penerapan instrumen ekonomi dalam pengelolaan sumberdaya air DAS Kali Brantas. Bila nilai air ini dapat diketahui, diharapkan diperoleh gambaran manfaat dari pelayanan air permukaan oleh sarana-prasarana yang dikelola. Sejauh ini, penelitian tentang hal itu sejauh ini masih relatif terbatas. Bila nilai manfaat air dapat diketahui maka ini akan membantu proses alokasi dari biaya pengelolaan air. Para pengguna air permukaan dapat dibebani harga jasa pengelolaan air secara jelas dan transparan sesuai manfaat yang diterima.



**Gambar I.1** Daerah aliran sungai (DAS) Kali Brantas  
Sumber: PJT I

Penentuan harga jasa pengelolaan air diperoleh melalui optimasi dengan proses pemrograman linier. Pemrograman ini memaksimalkan manfaat air dengan mengalokasikan biaya (harga) jasa pengelolaan air secara bertalian dengan pemakaian air permukaan oleh masing-masing pemanfaat. Untuk melakukan optimasi ini dilakukan perhitungan dengan suatu fungsi obyektif. Dalam fungsi ini, nilai air dan besar volume air yang diterima tiap pengguna menjadi variabel proses linier untuk mendapatkan harga jasa pengelolaan air yang optimal.

Harga jasa pengelolaan yang optimal ini dapat dibebankan sebagai «tarif» yang memberi kecukupan biaya bagi «pengelola sumberdaya air» untuk menjalankan kegiatan operasional dan pemeliharaan berdasarkan pungutan yang dikenakan pada masing-masing pengguna air.

Sampai sejauh ini, Undang-undang (UU) No. 7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya Air telah mengatur dalam Pasal 70 agar pengguna air dikenakan iuran yang dinamakan Biaya Jasa Pengelolaan Sumberdaya Air (BJPSDA). Iuran ini digunakan mendanai pelaksanaan O&P prasarana pengairan dan konservasi DAS. Walaupun demikian BJPSDA lebih merupakan «tarif» yang ditetapkan oleh regulator (Pemerintah) dan belum mencerminkan harga jasa yang optimal.

Sejauh ini di Indonesia, BJPSDA diterapkan di DAS Kali Brantas dan Bengawan Solo melalui Perum Jasa Tirta (PJT) I serta DAS Citarum melalui PJT II. Biaya yang dihimpun sampai saat ini masih terbatas, pada 2006 PJT I memungut BJPSDA sebesar Rp 73,13 miliar dari pengguna air yang bersifat komersial, seperti industri, perusahaan air bersih dan pembangkitan listrik sedangkan petani yang menikmati air irigasi dan pemanfaatan air untuk pengendalian banjir, samasekali tidak dikenai biaya jasa dimaksud.

Dalam tesis ini, melalui penentuan nilai manfaat air dan biaya pengelolaan air dapat dihitung secara optimal sehingga proses pembebanan biaya untuk tiap sektor pengguna dapat diketahui. Bila terdapat kebijakan untuk menetapkan subsidi bagi sektor tertentu, maka biaya yang mesti ditanggung pemerintah sebagai kewajiban pelayanan umum (KPU) atau *public service obligation* dapat pula diketahui. Besar KPU yang ditanggung pemerintah sebanding selisih antara nilai manfaat air dan harga jasa pengelolaan yang seharusnya dihimpun dari para pengguna air. Selisih ini dapat dipandang sebagai subsidi yang seharusnya

ditanggung pemerintah sebagai peran serta dalam menyelenggarakan pelayanan manfaat atas air kepada rakyat.

Dalam kenyataan BJPSDA masih belum mencukupi kebutuhan biaya pengelolaan sarana-prasarana pengairan sehingga keterbatasan ini menyebabkan kegiatan operasi dan pemeliharaan masih belum dapat dilakukan secara ideal. Penundaan ini dalam jangka panjang dapat mengakibatkan penurunan fungsi prasarana pengairan yang mengurangi umur teknis dan kinerja bangunan tersebut, bahkan menimbulkan biaya rehabilitasi yang lebih besar sebagaimana dilaporkan DPU (2001). Oleh karena itu, perhitungan biaya pengelolaan air permukaan secara optimal diharapkan dapat memberi solusi lebih baik dan adil dalam rangka mencukupi kebutuhan biaya dimaksud.

### **1.3 Pembatasan Masalah**

Batasan masalah yang diteliti dalam tesis ini adalah:

- 1) Kajian dilaksanakan pada sarana-prasarana pengairan yang dikelola PJT I di DAS Kali Brantas.
- 2) Air dianggap tunduk pada prinsip-prinsip keterbatasan relatif dari Ricardo.
- 3) Kajian didasarkan pada pendekatan ekonomi neo-klasik.
- 4) Pengertian «nilai manfaat air» adalah eksternalitas positif (manfaat) yang dinikmati para penggunaan air permukaan (bukan air bawah tanah).
- 5) Pengertian «harga jasa pengelolaan» adalah biaya jasa pengelolaan air permukaan.
- 6) Biaya jasa pengelolaan dapat dibebankan (seluruh maupun sebagian) ke pengguna air sebagai BJPSDA.
- 7) Kajian akan mengabaikan pajak dan retribusi atas air.

- 8) Penetapan «harga jasa pengelolaan» dilakukan dengan optimasi pemrograman linier.

#### **1.4 Rumusan Masalah**

Tesis ini berjudul: «Nilai manfaat air dan tarififikasi layanan air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Brantas». Rumusan masalah yang akan dikaji adalah:

- 1) Berapa nilai manfaat dari jasa air yang diterima para pengguna air di DAS Kali Brantas melalui ketersediaan sarana-prasarana pengairan yang ada?
- 2) Berapa harga jasa pengelolaan air yang optimal dan dapat dibebankan ke pengguna air untuk DAS Kali Brantas?

#### **1.5 Tujuan dan Manfaat**

Tujuan dari kajian ini adalah:

- 1) Mengetahui nilai manfaat air dari pelayanan air permukaan yang diterima para pengguna air di DAS Kali Brantas.
- 2) Mencari harga jasa pengelolaan air yang optimal melalui alokasi dan manfaat yang diterima para pengguna sehingga dapat dilakukan pembebanan yang mencukupi biaya operasi dan pemeliharaan sarana-prasarana pengairan di DAS Kali Brantas.

Manfaat dari kajian ini adalah:

- 1) Memberikan gambaran mengenai nilai manfaat dari jasa air yang diterima sebagai dasar bagi penentuan harga jasa pengelolaan sumberdaya air di DAS Kali Brantas.
- 2) Merumuskan metode perhitungan dari harga jasa pengelolaan sumberdaya air yang lebih memadai dan adil dengan memaksimalkan

manfaat dan mengoptimasikan beban biaya yang ditanggung para pengguna secara proporsional terhadap manfaat yang diterima.

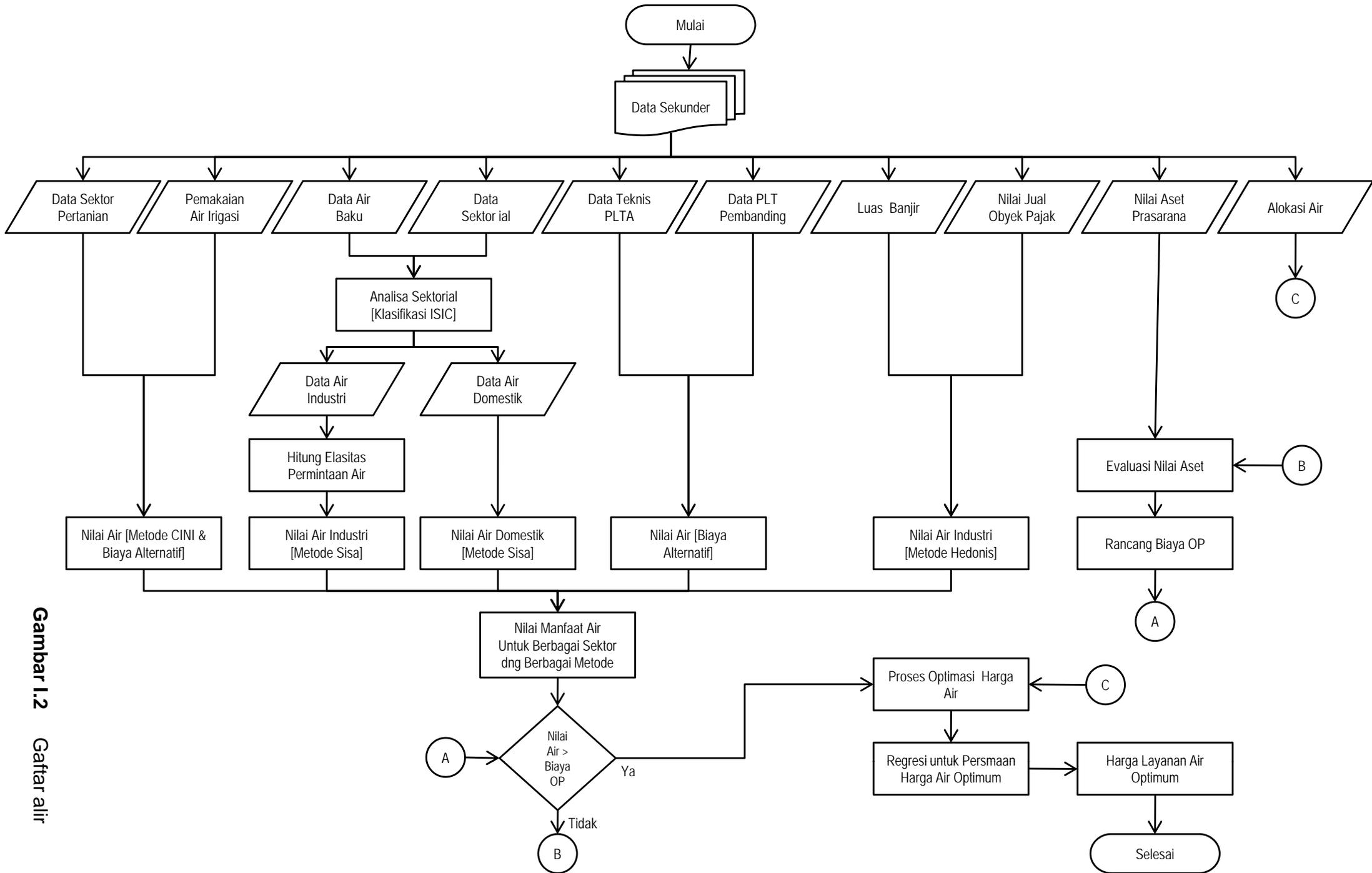
## **1.6 Sistematika Pembahasan**

Tesis ini memiliki sistematika penulisan sebagai berikut:

- 1) Bab I merupakan pendahuluan, yang menyajikan latar belakang masalah, identifikasi dan pembatasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, sistematika pembahasan dan diagram kerangka pemikiran.
- 2) Bab II merupakan tinjauan pustaka, yang menyajikan latar belakang ilmiah dari penilaian manfaat air dan jasa pengelolaan dari berbagai tinjauan pustaka yang ada.
- 3) Bab III merupakan metodologi penelitian, yang menguraikan lokasi, metode dan variabel penelitian, metode pengumpulan data, metode analisa, dan diagram alir metode penelitian.
- 4) Bab IV menyajikan hasil dan pembahasan hasil penelitian.
- 5) Bab V merupakan daftar pustaka yang digunakan dalam penelitian ini.

## **1.7 Diagram Kerangka Pemikiran**

Diagram alir pemikiran tesis terdapat **Gambar I.2** berikut ini.



Gambar 1.2 Gafar air

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Keterlibatan Pemerintah dalam Pengelolaan Air

Undang-undang (UU) No. 7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya Air menetapkan kewenangan mengembangkan dan mengelola air berada di tangan Pemerintah Republik Indonesia. Oleh karena Pemerintah tidak dapat semata-mata bertindak sebagai penyelenggara, maka untuk memperluas dan pemeratakan manfaat atas air maka sebagian kewenangan itu dapat dilimpahkan kepada instansi pemerintah (daerah) dan atau badan-badan hukum tertentu.

Menurut Hyman (1973), ihwal turut campurnya Pemerintah dalam sektor perekonomian seperti pengelolaan sumberdaya air, merupakan tindakan untuk mengatasi kegagalan mekanisme pasar dalam mendistribusikan suatu sumberdaya secara optimal. Kegagalan mekanisme pasar ini terjadi pertama-tama karena struktur pasar itu sendiri, di mana tingkat teknologi yang diterapkan menimbulkan peningkatan biaya (*cost technology*). Hal ini dalam pengelolaan sumberdaya air mengakibatkan pelayanan air menjadi terpusat di tangan pemilik modal, sehingga secara alamiah terbentuk suatu monopoli ataupun oligopoli secara alamiah.

Apabila terjadi monopoli atau oligopoli seperti halnya dalam pelayanan air maka «pasar» akan dikuasai oleh sebuah atau beberapa pengelola yang memiliki kekuatan untuk mendapatkan keuntungan yang berlebihan dengan mengurangi produksi dan menaikkan harga di atas biaya marjinal. Campur tangan Pemerintah dimaksudkan untuk mencegah hal ini terjadi, dengan jalan mengawasi dan mengatur serta tetap mempertahankan efisiensi dari *economics of scale*. Pengawasan ini dapat dilakukan melalui pengaturan-pengaturan, misalnya dengan *anti-trust policy* atau melalui kepemilikan langsung oleh Pemerintah dalam suatu badan usaha milik negara (BUMN) yang melayani keperluan publik (*public utilities*).

Penyebab kegagalan mekanisme pasar yang kedua adalah eksternalitas, yakni adanya perbedaan antara nilai dan manfaat sosial (*value and benefit*) dengan nilai atau manfaat pribadi. Eksternalitas negatif terjadi bila biaya produksi atau biaya pengolahan dampak tidak ditanggung oleh penyedia layanan air atau pengguna produk yang bersangkutan. Eksternalitas positif terjadi bila pengguna menerima manfaat yang tidak diperhitungkan dalam struktur harga produk yang bersangkutan. Teknologi dapat menurunkan biaya namun juga dapat menimbulkan eksternalitas negatif yang meningkatkan biaya sosial. Sebaliknya teknologi juga dapat menghasilkan eksternalitas positif, yang meningkatkan manfaat sosial karena kemajuan teknologi menunjang sektor usaha lain yang menggunakan produk yang bersangkutan sebagai bahan baku.

Bila yang dikehendaki adalah eksternalitas yang positif inilah, maka campur tangan Pemerintah diperlukan. Internalitas terjadi apabila partisipan pasar dipaksa untuk menyadari adanya keterkaitan (*interdependensi*) dengan membayar kompensasi atas nilai manfaat atau biaya eksternal kepada pihak yang secara eksternal terkena pengaruh. Campur tangan Pemerintah dalam hal ini dapat berupa pemberian subsidi atau paten untuk eksternalitas positif, serta pengaturan atau pengawasan untuk mengendalikan eksternalitas negatif.

Sejauh ini di Indonesia, Pemerintah telah mendelegasikan sebagian kewenangannya dalam bentuk konsesi dengan mendirikan badan usaha milik negara (BUMN) berbentuk Perusahaan Umum (Perum). Melalui PP No. 5 Tahun 1990 *juncto* PP No. 93 Tahun 1999, Perum Jasa Tirta (PJT) I menjadi BUMN dengan wewenang mengusahakan jasa air dan memelihara prasarana pengairan air di DAS Kali Brantas. Wilayah kerja PJT I meliputi DAS Kali Brantas beserta 39 anak sungainya dan melalui Keputusan Presiden No. 129 tahun 2000 ditambahkan DAS Bengawan Solo beserta 25 anak sungainya.

Kelembagaan seperti PJT I direkomendasikan untuk pengelolaan air secara profesional, namun ironisnya tidak banyak dianut di dunia (Bhat *et.al.*, 2006: 18). Sejauh ini dari sejumlah besar lembaga pengelola sumberdaya air di dunia, ada sebuah badan usaha milik Negara Bagian Ceará di Brasil yang memakai bentuk kelembagaan seperti PJT I (Mody, 2004: 41-42).

## 2.2 Prinsip Ekonomi dalam Pengelolaan Sumberdaya Air

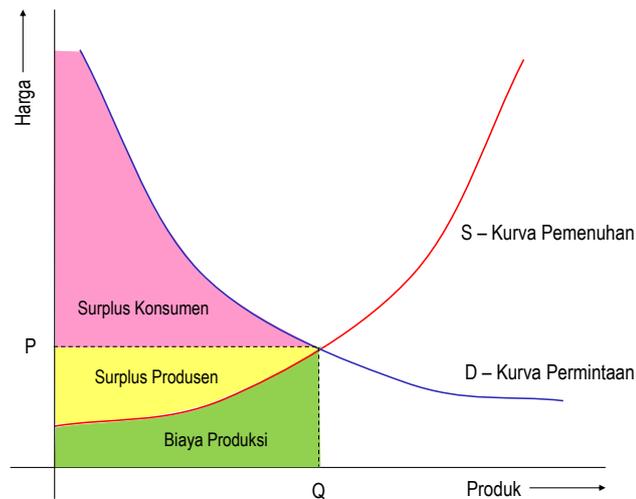
Dalam tesis ini, pengertian ekonomis dari manfaat air dapat ditakrifkan sebagai penilaian dalam satuan uang untuk mengukur kepuasan atau kesejahteraan yang diterima manusia oleh karena pilihannya (Young, 2000: 23). Tentu saja nilai ini tidak dapat ditemukan secara absolut di alam nyata karena air merupakan sumberdaya esensial yang memiliki eksternalitas yang besar (Pearce, 1993: 13). Untuk memperjelas perbedaan istilah antara biaya, nilai dan harga, digunakan pentakrifan sebagaimana **Tabel II.1** sebagai berikut:

**Tabel II.1** Istilah biaya, nilai dan harga

Biaya ( <i>cost</i> )	Ongkos yang harus dikeluarkan untuk operasi dan pemeliharaan, mengembalikan modal (investasi), menggantikan suatu kesempatan ( <i>opportunity cost</i> ), menanggung eksternalitas ekonomi dan lingkungan
Nilai ( <i>value</i> )	Manfaat yang diterima pengguna air, manfaat sisa aliran ( <i>return flow</i> ), manfaat tak langsung dan aspek-aspek intrinsik
Harga ( <i>price</i> )	Tarif yang ditetapkan pemerintah atau kekuatan politik lainnya, guna menjamin pengembalian biaya secara «adil dan keberlanjutan». Harga dapat disubsidi maupun tidak dan besarnya ditentukan biaya yang dikeluarkan.

Sumber: Rogers (2002: 3)

Dalam menentukan nilai ekonomi pada penggunaan air, digunakan kerangka berpikir «ekonomi kesejahteraan» atau *welfare economics* dari Alfred Marshall (Merret, 1997). Dalam kerangka berpikir ini kesejahteraan di masyarakat diukur berdasarkan surplus yang dinikmati oleh dua kelompok yang berhadapan, yakni kelompok produsen dan konsumen (Dinwiddy & Teal, 1996: 8). Gambaran dari konsep ini dapat dilihat pada **Gambar II.1** berikut ini.



**Gambar II.1** Kurva permintaan-pemenuhan suatu barang

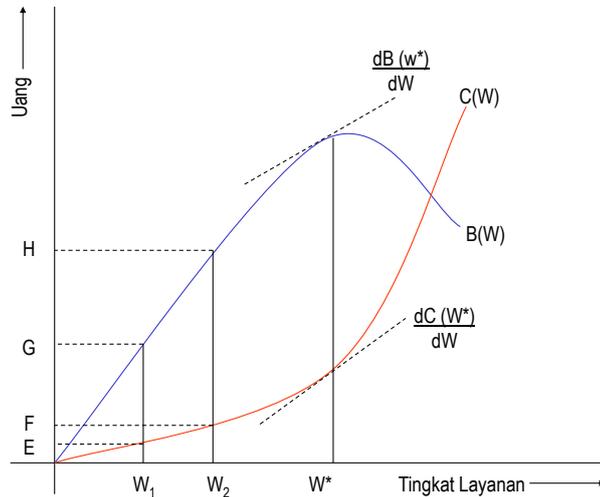
Sumber: Dinwiddy & Teal (1996)

Pada harga  $P$ , konsumen akan memperoleh barang sejumlah  $Q$ . Luasan di atas garis horizontal  $P$  yang dibatasi kurva  $D$  (permintaan) adalah surplus (keuntungan) yang diterima konsumen. Semakin besar  $P$  semakin kecil surplus konsumen, demikian pula sebaliknya semakin kecil  $P$  semakin besar surplus yang diterima konsumen. Adapun luasan di bawah garis horizontal  $P$  yang dibatasi kurva  $S$  (pemenuhan) adalah surplus yang diterima produsen. Semakin besar  $P$  semakin besar surplus produsen, sebaliknya semakin kecil  $P$  maka surplus yang diterima produsen juga mengecil.

Dapat disimpulkan, kurva permintaan-pemenuhan suatu barang merupakan agihan dari sejumlah sumberdaya (barang atau uang) yang dipertukarkan antara kelompok produsen dan konsumen. Dalam jasa pelayanan air, kelompok produsen adalah penyelenggara layanan air, baik pemerintah maupun perusahaan yang mendapat konsesi dari pemerintah, sedangkan konsumen adalah para pengguna air, baik yang bersifat spesifik maupun tidak, komersial maupun tidak.

Untuk memakai konsep ini menghitung manfaat air, diambil anggapan terdapat suatu keseimbangan produksi dan konsumsi, sehingga tidak ada

kemungkinan alokasi lain yang dapat meningkatkan manfaat yang diperoleh pengguna maupun penyedia layanan air (Dinwiddy & Teal, 1996: 200). Kondisi ini disebut optimalitas Pareto (Colman & Young, 1989: 198; Young, 2005: 30).



**Gambar II.2** Kondisi optimalitas Pareto

Sumber: Young (2005)

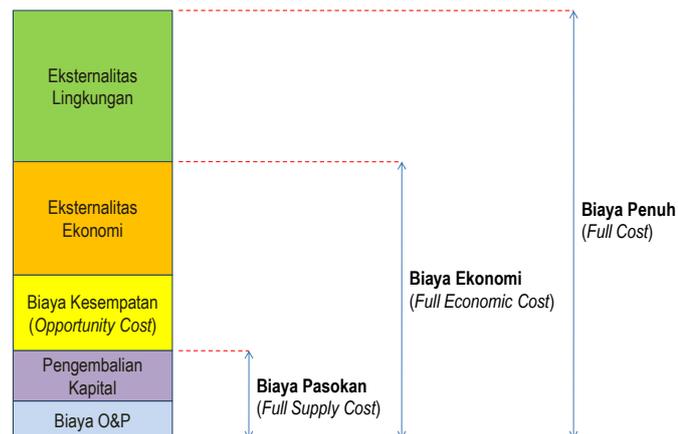
Dalam optimalitas Pareto, keuntungan marginal dari penggunaan suatu barang atau jasa adalah sebanding dengan biaya marginal untuk memasok barang atau jasa tersebut. Kondisi optimal ini dapat digambarkan dalam suatu kurva tingkat layanan terhadap keuntungan, sebagaimana **Gambar II.2**.

Kurva  $B(W)$  menggambarkan keuntungan (secara agregat) yang dinikmati pengguna pada berbagai tingkat layanan air ( $W$ ), sedangkan kurva  $C(W)$  menggambarkan biaya yang harus dikeluarkan. Kedua kurva ini merupakan pendekatan ekonometris untuk mengukur «kesejahteraan sosial». Asumsi dari kurva-kurva ini adalah: keuntungan meningkat lalu melambat (bahkan menurun) seiring peningkatan jumlah produk atau tingkat layanan. Sebaliknya, biaya selalu naik untuk menyediakan jumlah produk atau tingkat layanan yang lebih baik. Kondisi efisien secara ekonomi, atau optimalitas Pareto tercapai pada  $W^*$  di mana

terdapat jarak vertikal terbesar antara kurva B(W) dan C(W). Pada  $W^*$  terjadi keuntungan marjinal yang menyamai biaya marjinal.

Kondisi efisiensi ekonomi (atau optimalitas Pareto) dapat digunakan untuk menyusun suatu mekanisme pengembalian biaya (*cost recovery*) yang diharapkan menjamin manfaat dari sarana-prasarana pengairan sesuai umur ekonomis yang direncanakan. Hal ini dimungkinkan, sebab menurut Just (1982) dalam Young (2005: 16) mekanisme pengembalian biaya pada dasarnya adalah suatu analisa biaya-manfaat (*cost-benefit analysis*).

Adapun biaya pengelolaan sumberdaya air terdiri dari beberapa komponen. Rogers *et.al.* (2002) menyatakan biaya itu mencakup: biaya operasi pemeliharaan, pengembalian investasi, biaya kesempatan (*opportunity cost*), eksternalitas ekonomi dan eksternalitas lingkungan. Biaya kesempatan menurut Colman & Young (1989: 17) adalah besar biaya dari pilihan terbaik berikutnya yang tidak jadi diambil. Keseluruhan biaya ini dapat disebut sebagai «biaya penuh» atau *full cost*. Gambaran skematis dapat dilihat pada **Gambar II.3**.



**Gambar II.3** Biaya dari pelayanan air

Sumber: Rogers *et.al.* (2002)

Menetapkan biaya yang harus dikembalikan para pengguna air merupakan keputusan politik, sebab memutuskan besar beban yang ditanggung para pengguna memiliki implikasi ekonomi pada banyak pihak. Bila pemerintah hendak melindungi suatu sektor usaha tertentu, beban biaya tadi dapat diringankan. Implikasi dari keringanan ini diharapkan memacu pertumbuhan sektor dimaksud. Ini merupakan subsidi yang diambil sebagai suatu keputusan politik.

Beban yang ditanggung pengguna air disederhanakan dengan istilah «harga jasa pengelolaan» dan merupakan sebagian kecil dari biaya penuh. Dasar penentuan «harga jasa pengelolaan» adalah kerelaan membayar (*willingness to pay*), yang merupakan kesanggupan suatu segmen – konsumen, produsen maupun pemerintah – membayar barang atau jasa yang diberikan atau diterima. Sebaliknya, juga terdapat konsep «kerelaan dibayar» atau *willingness to accept compensation* (WAC) yang menyatakan seberapa besar suatu segmen bersedia dibayar untuk kehilangan kesempatan memanfaatkan suatu barang atau jasa.

Para pengguna air diwajibkan membayar biaya tertentu dalam rangka menghimpun uang dari masyarakat untuk membiayai investasi atau kegiatan pengelolaan sumberdaya air. Pengguna air dalam hal ini dapat ditakrifkan sebagai semua pihak yang menerima manfaat atas keberadaan air baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Pihak yang mencemari air misalnya, dapat dikategorikan sebagai «pemanfaat» karena telah mengkonsumsi daya dukung badan air (kapasitas asimilasi) tatkala membuang limbahnya.

### **2.3 Metode Perhitungan Manfaat Air**

Pendekatan untuk menilai manfaat air umumnya mengikuti cara pandang non-pasar atau *non-market valuing* (Young, 2005). Secara garis besar, pendekatan ini dapat dipilah dalam kelompok induktif maupun deduktif. Beberapa metode yang dikembangkan, sebagaimana disajikan pada **Tabel II.2** berikut ini.

Tabel II.2 Ikhtisar metode penilaian manfaat air

Metode	Deskripsi Metode	Penerapan
<b>Pendekatan Induktif</b>		
1. Nilai transaksi air pada kondisi kuasi-pasar	Pengamatan terhadap harga transaksi alokasi air antar sektor ( <i>market transactions</i> ).	Penilaian manfaat air secara langsung pada sistem di mana terdapat hak pemakaian air.
2. Perkiraan produksi dan biaya produksi	Data primer/sekunder dari industri, domestik & pertanian dianalisa secara statistik.	Penilaian manfaat air secara <i>in situ</i> .
3. Biaya perjalanan ( <i>travel cost</i> )	Pilihan langsung pengguna ( <i>revealed preference</i> ) yang mengukur kemauan mengeluarkan uang.	Penilaian manfaat air pada usaha wisata air.
4. Nilai hedonis	Pilihan langsung pengguna ( <i>revealed preference</i> ) dengan analisa ekonometrika untuk memperkirakan variabilitas nilai manfaat air.	Penilaian manfaat air pada lokasi-lokasi yang terpengaruh oleh keberadaan suatu layanan air secara berbeda-beda.
5. Biaya kerusakan	Kemauan membayar ( <i>willingness to pay</i> ) maksimal untuk menangkal dampak yang diketahui melalui survei.	Penilaian manfaat air pada pengendalian banjir atau pengelolaan kualitas air.
6. Evaluasi nilai kontingen ( <i>contingency valuation</i> )	Pilihan tak langsung dari pengguna ( <i>expressed preference</i> ) melalui survei nilai manfaat ke konsumen.	Penilaian secara langsung dari manfaat air pada pemakaian secara <i>in-stream</i> .
7. Pemodelan pilihan ( <i>choice modelling</i> )	Pilihan tak langsung dari pengguna ( <i>expressed preference</i> ) melalui survei kemauan membayar.	Penilaian secara langsung dari manfaat air pada pemakaian secara <i>in-stream</i> .
8. Perpindahan manfaat ( <i>transfer of benefit</i> )	Analisa kebijakan di mana pemindahan keuntungan di satu sektor mengakibatkan keuntungan di sektor lain.	Berdasar pendekatan surplus produsen/konsumen, dapat dikembangkan melalui <i>meta-analysis</i> .
<b>Pendekatan Deduktif</b>		
1. Pendekatan residu manfaat	Menggunakan model residu produksi untuk menghitung keuntungan (bersih) yang diterima pengguna air	Penilaian manfaat air secara <i>in-situ</i> untuk suatu produk tunggal
2. Perubahan Suku Bunga	Menggunakan model residu produksi dengan interval tertentu untuk menghitung keuntungan (bersih) yang diterima pengguna air	Penilaian manfaat air secara <i>in situ</i> untuk kombinasi sejumlah produk
3. Pemrograman matematika	Menggunakan model untuk menghitung keuntungan bersih atau keuntungan marjinal melalui proses optimasi dengan biaya tetap	Penilaian manfaat air secara <i>in situ</i> untuk kombinasi sejumlah produk atau sejumlah teknologi

Metode	Deskripsi Metode	Penerapan
4. Nilai tambah	Menggunakan model untuk menghitung pendapatan yang dipengaruhi layanan air berdasarkan masukan-keluaran suatu proses produksi	Dipakai pada perhitungan manfaat dari produk <i>off-stream</i> yang memakai air sebagai bagian proses produksi, namun dianggap takal
5. Keseimbangan umum ( <i>general equilibrium</i> )	Menggunakan model untuk menghitung keuntungan bersih dari pelayanan air dengan optimasi pada satuan sistem	Baru diterapkan pada perhitungan manfaat dari produk <i>off-stream</i> sebagai usaha menghapus sifat takal
6. Biaya alternatif	Manfaat dianggap sebagai biaya yang dapat dihindari bila diambil alternatif terbaik berikutnya	Penilaian manfaat air secara <i>in situ</i> baik untuk produk <i>off-stream</i> (pertanian, industri) maupun <i>in-stream</i> (energi, transportasi).

Sumber: Johansson *et.al.* (2002), Monteiro (2005) dan Young (2005)

Pendekatan induktif umumnya menggunakan data transaksi atau hasil survei terhadap pengguna air (*preference*) untuk mengetahui nilai manfaat air, sedangkan pendekatan deduktif menggunakan abstraksi (persamaan matematika) untuk menghitung nilai tersebut.

Pada metode deduktif, persamaan untuk menghitung manfaat air pada suatu sektor usaha diperoleh dengan menurunkan suatu persamaan keuntungan yang terdiri atas sejumlah variabel biaya yang menjadi masukan dan proses terhadap masukan-masukan tadi menghasilkan keluaran berupa sebuah produk. Persamaan keuntungan tersebut ditulis Young (2005: 54):

$$Y = Y(X, W, K) \dots\dots\dots (2.1)$$

Di mana: Y = hasil proses produksi;  $P_y$  = harga produk; X = masukan proses produksi;  $P_x$  = harga variabel; W = variabel air; dan  $P_w$  = harga air. Untuk melengkapi persamaan terhadap faktor-faktor yang tidak diperkirakan sebelumnya, ditambahkan suatu konstanta dengan notasi K. Persamaan keuntungan usaha  $\Pi(\cdot)$  dapat dilengkapi sehingga menjadi:

$$\Pi(P_y, P_x, W, K) = P_y Y(X, W, K) - P_x X(P_y, P_x, W) - K \dots\dots\dots (2.2)$$

Di mana,  $Y = (X, W, K)$  adalah keluaran dari proses yang berupa produk dan  $P_y$ ,  $Y(X, W, K)$  adalah nilai keseluruhan produk atau *total product value*, disingkat TVP. Persamaan keuntungan usaha,  $Y = (X, W, K)$  dapat diturunkan sesuai varian biaya yang dilibatkan dalam proses produksi. Varian biaya dalam suatu proses produksi mencakup: (a) biaya tetap yang merupakan beban tetap sekalipun proses produksi dihentikan; dan (b) biaya tidak tetap yang terkait erat dengan intensitas proses produksi.

### 2.3.1 Penilaian Air sebagai Bahan Baku

Air dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku (*intermediate good*), misalnya dalam pemakaiannya untuk suatu proses industri yang menghasilkan suatu produk baru/lain. Beberapa metode yang lazim digunakan untuk mengukur nilai ekonomi air pada pemanfaatan ini adalah: (i) pendekatan «residu» atau *residual approach*; dan (ii) pendekatan biaya alternatif atau *alternative cost*.

#### Pendekatan «Residu»

Pendekatan «residu» disarankan untuk mengukur nilai ekonomi air pada pemanfaatannya di sektor pertanian (Johansson, 2002 dan Young, 2005). Bentuk paling sederhana dari pendekatan ini adalah penganggaran (*budgeting*) di mana proses perhitungan dilakukan dengan mengurangi beban biaya non-air dari pendapatan untuk suatu produk. Hasil pengurangan ini memberi suatu residu (*residual surplus*) yang dianggap sebagai pendapatan yang timbul dari pemanfaatan air secara ekonomis.

Beberapa teknik perhitungan analitis dapat dikembangkan di dalam kerangka pendekatan «residu» ini, sehingga dapat digambarkan akibat penambahan produk, perubahan masukan, proses atau penggunaan teknologi tertentu dalam pemakaian air pada nilai manfaat air (Varela-Ortega *et.al.*, 1998;

Doppler *et.al.*, 2002 dan Gómez-Limón & Riesgo, 2004). Walaupun dapat memberi hasil yang tajam, namun pendekatan ini juga memiliki kelemahan misalnya, ketidaktepatan dalam memperkirakan harga beberapa masukan (selain air) dapat menghasilkan penilaian yang tidak tepat dari manfaat air sebenarnya.

Persamaan dari pendekatan «residu» dibangun dari menuliskan keluaran dan masukan suatu model statis, sebagai berikut (Young, 2005):

$$Y = f(K, L, R, W) \dots\dots\dots (2.3)$$

Di mana: Y = vektor keluaran berupa produk; K = vektor modal (kapital); L = vektor tenaga kerja; R = vektor sumberdaya lain; dan W = vektor manfaat air. Jika faktor kompetisi pasar diasumsikan stabil dan harga-harga konstan maka persamaan di atas dapat ditulis kembali:

$$TVP_Y = (VMP_k \times Q_k) + (VMP_l \times Q_l) + (VMP_r \times Q_r) + (VMP_w \times Q_w) \dots\dots (2.4)$$

Di mana: TVP adalah *total value product* atau nilai keseluruhan produk Y; VMP adalah *value marginal product* atau nilai marjinal produk dari masukan i; dan Q adalah jumlah masukan i yang dipergunakan. Bila harga masukan ( $P_i$ ) disubstitusikan sebagai  $VMP_i$  maka diperoleh persamaan:

$$TVP_Y = (P_k \times Q_k) + (P_l \times Q_l) + (P_r \times Q_r) + (P_w \times Q_w) \dots\dots\dots (2.5)$$

Persamaan (2.5) dapat diperluas pemakaiannya untuk mencari selisih pendapatan bersih atau *change in net income* yang disingkat sebagai CINI (Colman & Young, 1989). Jika Y adalah vektor keluaran dari suatu produk dan X adalah vektor masukannya, sedangkan P adalah harga dari masukan dan keluaran, maka pendapatan bersih (*net income*) diberi simbol Z dapat ditulis dalam persamaan:

$$Z = \sum_{i=1 \dots m} (Y_i^* \times P_{yi}) - \sum_{j=1 \dots n} (X_j^* \times P_{xj}) \dots\dots\dots (2.6)$$

Sehingga, perubahan pendapatan bersih atau CINI adalah:

$$\Delta Z = Z_1 - Z_0 \dots\dots\dots (2.7)$$

Di mana subskripsi 0 dan 1 menyatakan kondisi «tanpa proyek» dan «dengan proyek» sedangkan  $\Delta Z$  merupakan peningkatan pendapatan yang disebabkan oleh adanya «proyek». Contoh perhitungan dengan metode residu ini diberikan dalam Gittinger (1982: 228-232) untuk proyek irigasi Maharashtra, Bhima, India. Tabulasi hasil perhitungan dicontohkan pada **Tabel II.3** berikut.

**Tabel II.3** Contoh perhitungan CINI

Komponen Perhitungan	Nilai (x 1.000 Rs)		
	Tanpa Proyek	Ada Proyek	Kenaikan
<u>Produk pertanian</u>			
– Hasil panen (tanpa pajak)	7.500	33.380	25.880
– Nilai penjualan	3.750	28.380	24.630
Biaya produksi	(2.690)	(11.690)	(9.030)
Nilai kotor – biaya produksi = (keuntungan)	4.810	21.690	16.880
Nilai kotor – nilai penjualan	1.060	16.690	15.630
<u>Keuntungan dikurangi:</u>			
– Depresiasi	0	0	0
– Residu tenaga kerja	(720)	(1.350)	(630)
– Residu biaya pengelolaan	(70)	(1.030)	(960)
– Residu pengembalian modal	0	0	0
– Kontingensi	(3.380)	(10.010)	(6.630)
– Pajak (secara umum)	0	0	0
Keuntungan ( <i>economic rent</i> )	640	9.300	8.660
Persentase keuntungan (%)	13	43	51
Kenaikan biaya jasa air	–		1.290
Kenaikan manfaat pajak	–		1.530
Seluruh kenaikan	–		2.820
Persentase pengembalian biaya (%)	–		33

Sumber: Gittinger (1982)

Dari perhitungan pada **Tabel II.3** di atas, perbandingan sebelum dan sesudah proyek menunjukkan diperoleh keuntungan sebesar Rs 2.820.000 sebagai peningkatan hasil secara keseluruhan. Nilai keuntungan ini dapat langsung dibagi dengan volume air yang diberikan di jaringan selama periode tinjauan itu untuk mengetahui berapa manfaat air per satuan volumetrik air.

Perhitungan CINI memerlukan asumsi-asumsi secara *a priori*, seperti proses dan hasil produksi. Jika salah satu masukan dari proses diubah – misalnya layanan air irigasi – maka kombinasi dari masukan-masukan yang lain juga akan berubah. Pada kondisi di mana layanan air irigasi dibatasi oleh suatu harga, petani akan berusaha memaksimalkan pertaniannya dengan menghemat pupuk dan menanam tanaman yang lebih mahal harga jualnya di pasar.

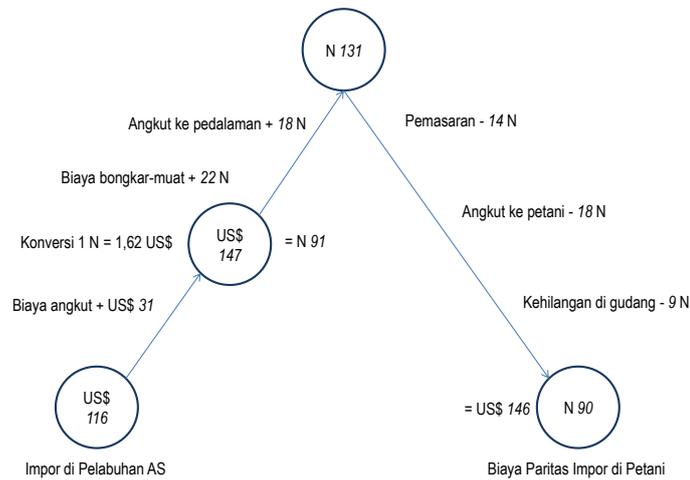
### **Pendekatan Biaya Alternatif**

Pendekatan deduktif lain untuk memperkirakan manfaat air di sektor pertanian, agribisnis atau penyediaan energi adalah dengan metode alternatif biaya. Metode ini menganggap: bila suatu proses dengan teknologi tertentu menimbulkan biaya yang lebih efisien dari proses serupa dengan teknologi dan biaya yang lain, maka manfaat dari proses yang dipilih adalah sebesar biaya yang ditimbulkan proses serupa dengan teknologi dan biaya lain yang kurang efisien tadi. Metode ini dapat diterapkan khususnya pada analisa ekonomi untuk pembangkitan listrik atau pada sistem pertanian (Gittinger, 1982: 65-83), pasokan air bersih, pembangkitan listrik dengan tenaga termal, atau proses pengolahan/pengenceran limbah cair industri (Colman & Young, 1989; Monteiro, 2005 dan Young, 2005).

Walaupun demikian, pendekatan ini memiliki kelemahan karena hanya dapat diterapkan secara terbatas pada suatu peristiwa di mana prasarana yang hendak dikaji memiliki fasilitas pembanding yang bersesuaian.

Contoh perhitungan dengan pendekatan biaya alternatif diberikan untuk rencana pengembangan jaringan irigasi yang dipakai melayani lahan pertanian padi di Nigeria oleh Gittinger (1982). Manfaat pembangunan jaringan ini dibandingkan terhadap impor beras. Dari hasil perhitungan tampak, harga 1 ton beras yang diimpor dari Amerika Serikat ketika diterima petani Nigeria memiliki paritas 90 *naira* = US\$ 146. Harga ini dapat dibandingkan dengan harga beras yang dihasilkan

petani bila jaringan irigasi dibangun. Jika harga beras impor masih lebih murah, maka manfaat pembangunan jaringan irigasi untuk pertanian padi dianggap tidak menguntungkan. Skematisasi perbandingan ini diberikan **Gambar II.4** berikut ini.

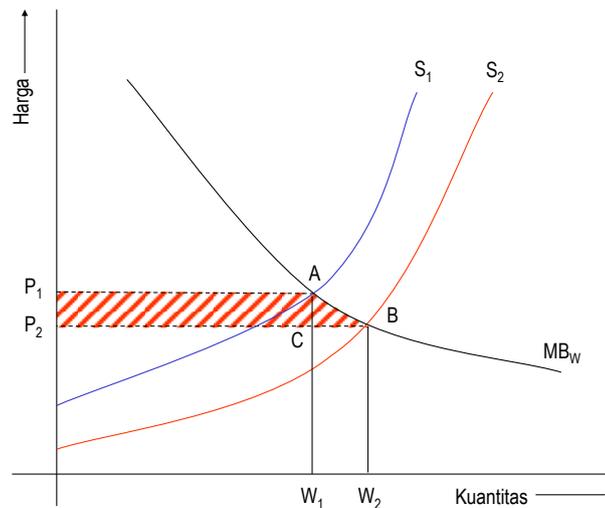


**Gambar II.4** Skema metode perbandingan biaya alternatif

Sumber: Gittinger (1982: 81)

### 2.3.2 Penilaian Air sebagai Barang Konsumsi

Bila air dimanfaatkan secara langsung oleh manusia untuk keperluan konsumsi sehari-hari (minum, masak, mencuci dan lain-lain) maka metode penilaian manfaat air dapat menggunakan pendapatan induktif maupun deduktif (Young, 2005). Penilaian terhadap manfaat ekonomi dari air dapat digambarkan melalui kurva permintaan-pemenuhan. Kurva ini menggambarkan secara hipotetis hubungan antara harga pemakaian air dengan volume pemakaiannya secara riil, sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar II.5**. Kurva ini mengilustrasikan hubungan permintaan-pemenuhan akan air pada suatu kondisi kuasi-pasar.



**Gambar II.5** Kurva permintaan dan pemenuhan

Sumber: Young (2005)

Kurva  $MB_w$  adalah kurva permintaan yang menggambarkan jumlah maksimum dari komoditi ( $w$ ) yang dapat «dibeli» oleh pengguna pada berbagai tingkatan harga. Kurva  $MB_w$  melandai ke arah kanan, menunjukkan pengguna akan memperoleh lebih banyak komoditi jika harga komoditi itu turun. Sebaliknya, kurva ini juga dapat dipahami sebagai harga yang harus rela dibayar pada berbagai ketersediaan jumlah komoditi, sehingga juga disebut *fungsi manfaat marjinal*.

Kurva  $S_1$  dan  $S_2$  menggambarkan fungsi pasokan untuk komoditi yang ada. Dapat dimisalkan  $S_1$  adalah ketersediaan air dalam kondisi awal tanpa pengembangan prasarana pengairan; sedangkan  $S_2$  adalah pemenuhan pasokan air. Pengguna akan menikmati dua keuntungan, yakni: penurunan harga dari  $P_1$  ke  $P_2$  dan kenaikan pasokan dari  $w_1$  ke  $w_2$ . Poligon  $P_1ABP_2$  menggambarkan keuntungan yang diperoleh pengguna akibat perubahan kurva  $S_1$  menjadi  $S_2$ .

Dengan berubahnya pasokan dari  $w_1$  menjadi  $w_2$  maka penyedia layanan air menikmati perubahan, yakni dari  $P_1AD$  menjadi  $P_2BE$ . Keuntungan bersih dari surplus ekonomi ini, yakni jumlah pengurangan keuntungan dengan kerugian,

adalah poligon DABE. Dapat dikatakan nilai ekonomi dari air adalah sebesar surplus ekonomi tadi.

Walau pun demikian Howe (1971) *dalam* Young (2005: 31) mencatat empat keadaan yang umum ditemui di kenyataan:

1. Terdapat harga pasar dan harga itu mencerminkan kelangkaan barang atau jasa dimaksud;
2. Terdapat harga pasar yang dapat diamati tetapi tidak mencerminkan nilai sebenarnya, namun harga tersebut masih dapat dikoreksi;
3. Tidak terdapat harga pasar namun dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai pengganti dari harga tersebut (*surrogate market price*);
4. Baik harga pasar maupun nilai pengganti harga pasar tidak ada.

Keadaan ke 3 dan 4 lazim ditemui, sehingga untuk menganalisa manfaat-biaya dari layanan air, harus diterapkan suatu harga bayangan (*shadow price* atau *accounting price*) yang dipakai menggantikan harga pasar (Drèze & Stern, 1994). Penetapan harga bayangan dapat dikaitkan dengan sifat dari benda yang ditinjau, yakni apakah benda tadi diperdagangkan atau tidak diperdagangkan (Dinwiddy & Teal, 1996: 99). Walaupun demikian, air merupakan sumberdaya yang tidak dapat mutlak diasosiasikan dengan salah dari kedua kelompok di atas.

Salah satu cara menemukan harga bayangan adalah dengan menentukan kerelaan membayar (*willingness to pay*) sebagai acuan. Kerelaan membayar adalah gambaran kesanggupan suatu segmen – baik perorangan, kelompok, produsen maupun pemerintah – membayar atau dibayar atas barang atau jasa yang diberikan atau diterima. Hal ini dapat dipahami dengan mudah untuk harga pasar, sebab harga pasar mencerminkan keseimbangan antara jumlah «pembeli potensial» yang masih sanggup membeli barang atau jasa yang tersedia di pasar.

Untuk barang atau jasa yang tidak dipasarkan, maka konsep kerelaan membayar ini pun dapat digunakan menghitung harga bayangan.

Contoh penerapan kerelaan membayar dapat dilihat pada kajian Minten *et.al.* (2002) yang menggunakan survei terstrata dan *cohort* untuk menemukan keinginan masyarakat membayar layanan air bersih di Madagaskar. Penelitian dilakukan pada perusahaan air minum milik negara, Jiro Sy Rano Malagasy (JIRAMA). Hasil olahan dalam satuan *franc-Malagasy* (F.Mg) ada pada **Tabel II.4**.

**Tabel II.4** Contoh hasil survei kerelaan membayar

Kategori Pemanfaat	Persentase	Plafon Kerelaan Membayar
	%	F.Mg/m <sup>3</sup>
Melalui keran umum (tidak membayar)	13,6	0
Melalui keran umum (membayar)	1,1	975
Pemakai kecil (< 1.000 m <sup>3</sup> )	47,0	1.828
Pemakai besar (> 1.000 m <sup>3</sup> )	3,3	2.305
Badan usaha	31,6	2.303
Pemakaian intern perusahaan penyedia	3,4	

Sumber: Minten *et.al.* (2002)

### 2.3.3 Penilaian Manfaat Air untuk Publik

Pemanfaatan air dalam kerangka kepentingan publik, khususnya yang berkaitan dengan aspek estetis dan ekologis telah didekati dengan berbagai metode untuk mengetahui nilai manfaat ekonomisnya. Pendekatan yang dikembangkan umumnya berlandaskan pilihan yang dibuat pengguna, atau yang dikenal dalam literatur sebagai *revealed preference*. Sebaliknya, terdapat pula metode *stated preference*, di mana perilaku pengguna diuji dengan metode statistik untuk mendapatkan keputusan harga terbaik yang mencerminkan minat pengguna.

#### Metode Biaya Perjalanan

Manfaat dari air untuk keperluan rekreasi atau wisata dapat didekati dengan metode biaya perjalanan atau *travel cost*. Metode induksi dengan tipologi

*revealed preference* ini dipakai khususnya untuk menilai manfaat suatu lokasi rekreasi air, seperti kolam renang atau danau (Young, 2005: 120-128) atau manfaat keairan lain yang berkaitan dengan lingkungan (Birol *et.al.*, 2006)

Contoh metode biaya perjalanan dapat dilihat sebagai berikut: anggap sebuah lokasi rekreasi air tidak mengenakan karcis atau bea masuk untuk para pengunjung. Jika para pelancong dari berbagai tempat datang mengunjungi lokasi tersebut maka nilai manfaat air adalah setara agregat biaya yang dikeluarkan para pelancong untuk tiba dari tempat tinggalnya ke lokasi rekreasi.

Bila pelancong bersedia mengeluarkan biaya yang besar untuk datang ke lokasi tersebut maka ini merupakan cerminan terhadap kemauan membayar karcis masuk yang kelak dikenakan. Bila karcis masuk itu melampaui agregat biaya yang bersedia dikeluarkan pelancong maka jumlah pelancong akan menurun. Semakin besar biaya secara agregat yang bersedia dikeluarkan pelancong maka semakin besar manfaat air yang diberikan kepada pemanfaatnya.

### **Metode Nilai Hedonis**

Metode penilaian hedonis dipergunakan mengukur nilai manfaat suatu barang yang diketahui memiliki sejumlah faktor yang mempengaruhi harga namun tidak dapat dipilah semata-mata berdasarkan harga barang tersebut, misalnya pada harga properti atau tanah. Walau demikian, metode ini telah dipakai dalam menilai pengaruh resiko banjir sebagaimana diteliti Shilling *et.al.* (1989) dan Blanchard-Boehm *et.al.* (2001), bahkan dalam aspek pengelolaan air lain, seperti kajian Bouma *et.al.* (2005), Birol *et.al.* (2006) dan Eshet *et.al.* (2007).

Coelli *et.al.* (1991) memberi persamaan nilai hedonis dari Rosen (1974) yang terdiri atas dua tahap. Tahap pertama adalah persamaan umum nilai hedonis:

$$P_i = f(Z_i) + u_i \dots \dots \dots (2.8)$$

Di mana:  $P_i$  = harga penjualan produk dengan atribut  $i$ ;  $Z_i$  adalah sebuah vektor ( $k \times i$ ) yang merupakan vektor dari karakteristik  $k$  untuk produk dengan atribut  $i$ ; dan  $u_i$  = bilangan acak yang merepresentasikan gangguan (*disturbance*). Tahap kedua adalah persamaan permintaan dan pemenuhan, sebagai berikut:

$$P_j = G_j(Z, Y_1) + v_j \dots\dots\dots (2.9)$$

$$P_j = H_j(Z, Y_2) + w_j \dots\dots\dots (2.10)$$

Di mana:  $P_j$  = harga untuk atribut  $j$ ;  $Y_1$  dan  $Y_2$  adalah vektor untuk mewakili karakteristik penjual dan pembeli;  $v_j$  dan  $w_j$  adalah bilangan acak yang merepresentasikan gangguan (*disturbance*).

## 2.4 Program Optimasi

Pemrograman linier merupakan suatu langkah perhitungan berulang (rekursif) yang bertujuan untuk mendapatkan penyelesaian (solusi) dari sejumlah variabel yang bertalian. Penerapan program linier untuk mengoptimasikan pemanfaatan air sudah dikenal luas, khususnya untuk alokasi air irigasi (Varela-Ortega *et.al.*, 1998; Doppler *et.al.*, 2002, Gómez-Limón & Riesgo, 2004) maupun alokasi air dari waduk (Moradi-Jalal *et.al.*, 2007 dan Mushtaq *et.al.*, 2007). Penerapan pemrograman linier untuk memberi hasil optimal secara hidro-ekonomi pada tingkatan DAS Kali Brantas telah dilaporkan Rodgers & Hellegers (2005) dan Rispiningtati (2006).

Suatu program linier umumnya dinyatakan dalam suatu persamaan matematika yang disebut fungsi obyektif. Fungsi ini menjadi tujuan dari seluruh perhitungan. Contoh dari fungsi obyektif untuk optimasi manfaat dari rangkaian waduk diberikan Labadie (2001) *dalam* Rispiningtati (2006: 25) sebagai berikut:

$$MaxF_x = \sum_{i=1}^n B_i \times X_i \dots\dots\dots (2.11)$$

Adapun batasan (*constraint*) persamaan tersebut adalah:  $X_i > q_i$  dan  $\sum q_i \leq Q$ . Di mana:  $X_i$  = besaran satuan air (volume) yang dialokasikan untuk tiap pengguna berupa variabel berubah yang dicari melalui perhitungan;  $B_i$  = besar pemasukan (harga layanan air) yang diterima;  $q_i$  = besaran satuan air yang diperlukan; dan  $Q$  = volume keseluruhan air yang tersedia.

Penyelesaian dari persamaan dalam pemrograman linier dapat dilakukan secara grafik maupun aritmatik. Penyelesaian secara grafik tidak menguntungkan bila batasan persamaan relatif banyak; sehingga disarankan menggunakan penyelesaian aritmatik dengan metode simpleks. Untuk memecahkan persamaan dengan variabel bertalian seperti halnya dalam pemrograman linier harus dilakukan eliminasi melalui penukaran variabel yang dikenal sebagai metode Gauss-Jordan. Metode ini memerlukan iterasi yang cukup panjang, namun dengan adanya modul *solver* pada piranti lunak lembar kerja (*spreadsheet*) maka penyelesaian persamaan dengan variabel bertalian lebih mudah dilakukan.

## 2.5 Studi yang Pernah Dilakukan

Berbagai sumber telah mengulas metode pembebanan biaya dan penilaian manfaat air secara ekonomis, namun penerapan dari metode dan teknik penilaian tersebut ke dalam praktek sehari-hari sangat berbeda dari suatu negara ke negara lain. Laporan tentang proses penilaian manfaat air di 22 negara yang diterbitkan Bank Dunia (World Bank) menunjukkan hingga 10 tahun lalu penilaian ekonomi atas manfaat air masih sangat beragam dan berada pada berbagai tingkat penerapan (Dinar & Subramanian, 1997).

Bank Dunia, Bank Pembangunan Asia (Asian Development Bank) maupun organisasi ekonomi sektoral seperti Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) merekomendasikan instrumen ekonomi sebagai langkah menciptakan ketersediaan air yang layak di seluruh dunia. Pengelolaan air irigasi

disarankan menerapkan prinsip ekonomi untuk menjamin efisiensi dan ketepatan alokasi (Tsur *et.al.*, 2000)

Uni-Eropa adalah eksponen internasional yang menetapkan instrumen ekonomi sebagai bagian dari kebijakan pengelolaan air untuk negara-negara anggotanya. Penelitian Hrovatin & Bailey (2001) memberi gambaran dari kebijakan di balik penerapan instrumen ini. Proses tarifikasi layanan air di beberapa negara anggota Uni-Eropa juga telah ditinjau secara rinci, antara oleh Nauges *et.al.* (1998), Hern (2001), Montginoul (2004) dan Garcia & Reynaud (2004) dan Job (2006). Penelitian terhadap pemakaian instrumen ekonomi untuk menciptakan pengelolaan air irigasi yang efisien dan efektif juga diberikan Varela-Ortega *et.al.* (1998), Johansson *et.al.* (2002), Ortega *et.al.* (2004) dan Gómez-Limón & Riesgo (2004).

Sementara itu untuk kawasan Afrika, penerapan instrumen ekonomi untuk mendukung upaya konservasi, khususnya di daerah beriklim kering sudah mendapat perhatian. Penelitian Qdais & Nassay (2001), Arbués (2003) dan Zekri & Dinar (2003) menunjukkan instrumen ekonomi dapat berperan mengendalikan pemakaian air di sektor domestik dan meningkatkan efisiensi. Sementara di Madagaskar telah diteliti penerapan tarifikasi layanan air bersih domestik berdasar prinsip «kemauan membayar» atau *willingness to pay* (Minten *et.al.*, 2002).

Proses pemanfaatan air irigasi yang dihubungkan dengan pengembalian biaya untuk daerah beriklim kering di Afrika Utara telah dikaji Bazza & Ahmad (2002) dan Facon (2002). Penggunaan instrumen ekonomi direkomendasikan dalam mengelola air lintas negara di Afrika Selatan (Lange *et.al.*, 2007) juga untuk mengelola kualitas air di daerah beriklim kering (Eshet *et.al.*, 2007).

Untuk kawasan Asia-Oseania, proses penilaian manfaat air telah cukup berkembang. Kajian di India oleh Nagaraj (1999) dan Thailand oleh Molle (2002) telah memberi gambaran penerapan pengembalian biaya investasi baik untuk

pengelolaan air secara umum maupun jejaring irigasi. Hal serupa juga dikaji pada salah satu DAS yang penting di Vietnam (Fontenelle & Molle, 2002) dan juga untuk sektor pertanian di Cina (Yang *et.al.*, 2003 dan Shahbaz, *et.al.*, 2007). Sementara di Australia – yang telah lama menerapkan prinsip pengguna membayar dalam pengelolaan air – sedang dikaji penerapan instrumen ekonomi untuk pemulihan lingkungan (Mac.Donald *et.al.*, 2001).

Sementara itu di Indonesia, secara terbatas sudah terdapat penelitian tentang nilai manfaat air. Sejarah membuktikan, air telah memiliki nilai ekonomi sejak manusia mengenal peradaban. Salah satu contoh penting adalah kontribusi layanan air pada zaman Kerajaan Majapahit di Pulau Jawa. Menurut Dwijanto (1997: 226) kontribusi ini dicatat Prasasti Jiyu (1486 M), yang menyebutkan pengguna air dari Bendung Trailokyapuri wajib membayar pajak antara 3 hingga 8 *chin* beras dan sejumlah uang. Penarikan iuran di atas menggambarkan prinsip pengembalian biaya (*cost recovery*).

Sejauh ini pada beberapa DAS di Indonesia sudah menerapkan instrumen ekonomi dalam bentuk prinsip «pengembalian biaya» namun masih terbatas pada penarikan biaya O&P dan belum mencakup manfaat air secara luas. Untuk DAS Kali Brantas, selain kombinasi optimasi hidrologi-ekonomi sebagaimana dilaporkan Rodgers & Hellegers (2005) serta penelitian oleh Rispiningtati (2006) dan BPPK (2007), belum terdapat penelitian yang menelaah manfaat air dan mengoptimasi biaya jasa pengelolaan air secara memadai.

## **2.6 Simpulan**

Pengelolaan sumberdaya air berkelanjutan menuntut adanya mekanisme pengembalian biaya (*cost recovery*) yang menjamin kesenimbangan manfaat dari sarana-prasarana pengairan tersebut sesuai umur ekonomis yang direncanakan. Biaya yang timbul akibat pembangunan dan pengoperasian sarana-pengairan

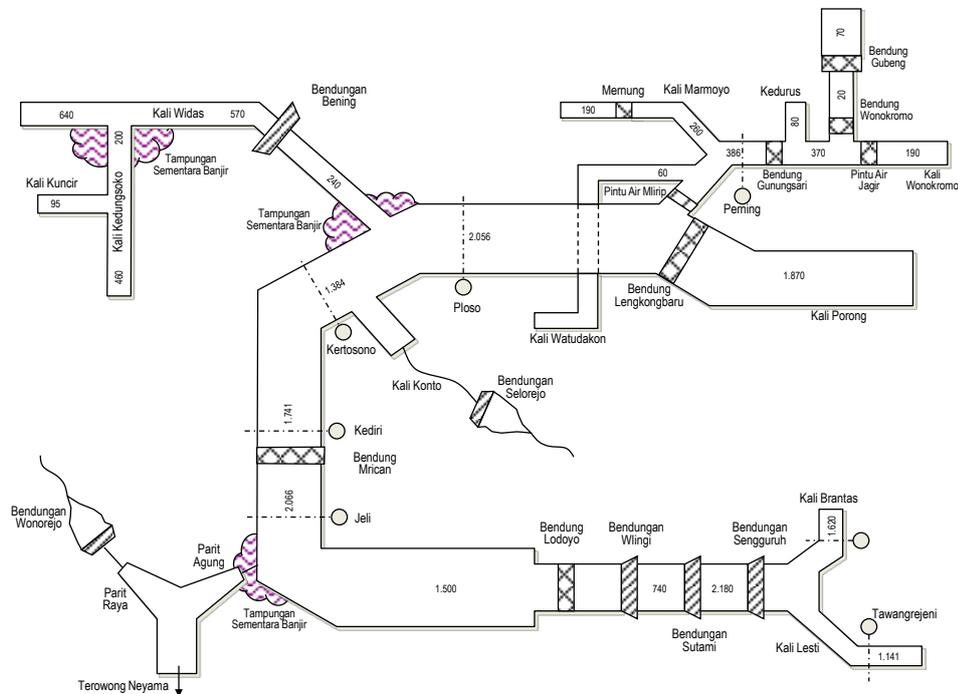
mencakup: investasi, operasi-pemeliharaan dan jasa pengelolaan (*overhead*). Untuk mengembalikan biaya-biaya tersebut, pendekatan ekonomi neoklasik menawarkan prinsip «pengguna membayar» atau *beneficiary to pay principle* sebagai azas untuk menghimpun uang dari masyarakat untuk membiayai investasi dan kegiatan yang berkenaan dengan pengelolaan sumberdaya air.

Prinsip tersebut mengisyaratkan adanya penetapan nilai ekonomi atas air, di mana ini sebenarnya merupakan analisa biaya-manfaat (*cost-benefit analysis*). Untuk alokasi biaya yang adil dan transparan, dapat dilakukan optimasi dengan pemrograman linier. Penentuan besar biaya yang harus ditanggung masing-masing sektor pengguna air dapat dilakukan secara proporsional terhadap nilai manfaat air yang diperoleh dan besar air yang dipergunakan. Untuk menilai manfaat air, dapat dipergunakan beberapa metode sesuai karakteristik penggunaan air. Metode dibedakan atas keadaan di mana: (a) air dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk membuat produk lain sehingga air menjadi *intermediate good*; (b) air dimanfaatkan langsung oleh manusia; dan (c) air memberi manfaat bagi masyarakat secara umum sebagai barang publik.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah di DAS Kali Brantas. Sistem pengairan di DAS Kali Brantas disajikan secara skematis pada **Gambar III.1**. Dalam proses optimasi harga jasa pengelolaan, akan dilakukan perhitungan secara kesatuan terhadap seluruh prasarana pengairan yang dipakai memberi pelayanan air di DAS Kali Brantas. Situasi beberapa bendungan yang ada dapat pada **Gambar III.2**.



**Gambar III.1** Skematisasi aliran Kali Brantas

Sumber: PJT I (2007)

### 3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah analisa melalui pendekatan deterministik yang diwujudkan dalam bentuk persamaan matematika. Analisa yang dikembangkan menggunakan kerangka berpikir teoritis hasil kajian referensi, literatur dan jurnal.



**Gambar III.2** Beberapa prasarana pengairan di DAS Kali Brantas  
 Sumber: PJT I

**3.3 Variabel Penelitian**

Variabel penelitian mencakup adalah sesuai persamaan optimasi manfaat yang diberikan Rispiningtati (2006: 46):

$$\Pi = \sum_{i=1..n}(B_i - Y_i) X_i \dots\dots\dots (3.1)$$

Tujuan	$\Pi$ (maksimalkan)	:	manfaat bagi pengguna ( $i = 1 \dots n$ )
Variabel	$Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$	:	harga jasa pengelolaan = $z_n / x_n$
	$Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$	:	alokasi biaya untuk tiap sektor
	$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$	:	alokasi air
	$B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$	:	manfaat air (hasil perhitungan terpisah)
Batasan	$X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$	$\leq$	kapasitas waduk (batas volume)
	$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$	$\geq$	kebutuhan pengguna (batas volume)
	$Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n$	$=$	kebutuhan biaya pengelolaan

Kerangka variabel penelitian:

- 1) Rentang data sekunder yang menjadi komponen masukan ( $Z_n$ ,  $X_n$  dan  $B_n$ ) diolah dari data historis dengan rentang 5 sampai 10 tahun.
- 2) Proses optimasi dilakukan pada  $\Pi$  untuk sejumlah kelompok pengguna (subskrip:  $n$ ). Untuk menghilangkan *noise* dilakukan *debugging* dengan mengambil membandingkan alokasi air terhadap manfaat air.
- 3) Untuk mempertimbangkan dampak kebijakan politik atau kejadian sosial tertentu, dicoba skenario subsidi dengan memindahkan pembebanan harga jasa pengelolaan air ( $Y_n$ ) dari kelompok satu ke yang lain.
- 4) Hasil optimasi  $\Pi$  diregresikan terhadap variabel-variabelnya ( $Y_n$ ,  $X_n$  atau  $Z_n$ ) untuk mendapat persamaan generik.
- 5) Persamaan regresi ini dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai analog perhitungan yang dapat dikalibrasi sesuai kebutuhan di kemudian waktu.

### 3.4 Metode Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini seluruhnya merupakan data sekunder. Daftar simbol data yang akan dikumpulkan adalah sebagaimana **Tabel III.2** berikut ini.

**Tabel III.1** Data sekunder yang dikumpulkan

No.	Jenis Data	Instansi
1	<u>Data Hidrologi</u> – Debit <i>inflow</i> dan <i>outflow</i> waduk – Pemberian air di <i>intake</i> irigasi – Pemakaian air baku	PJT I Dinas PU Pengairan Provinsi Jatim PJT I
2	<u>Data Energi</u> – Pembangkitan energi (PLTA)	PT Pembangkit Jawa Bali
3	<u>Data Fisik</u> – Spesifikasi bangunan prasarana	PJT I
4	<u>Data Tarif</u> – Tarif BJPSDA	PJT I
5	<u>Statistik Regional</u> – Indeks harga konsumen	BPS Provinsi Jatim

No.	Jenis Data	Instansi
	– Inflasi regional dan nasional	
	– Produksi tanaman pangan regional	
6	<u>Pajak</u>	
	– Nilai jual obyektif pajak	Kantor Pelayanan Pajak
7	<u>Pembangkitan Energi</u>	
	– Biaya pembangkitan energi non-air	PT Pembangkit Jawa Bali
8	<u>Industri Gula</u>	
	– Analisa biaya produksi gula	PT Perkebunan Nusantara X
	– Produksi gula ( <i>time series</i> )	PT Pabrik Gula Rajawali (PGR) I PT Kebon Agung Indonesia (KBI)
9	<u>Industri Non Gula</u>	
	– Input dan output industri	Dinas Perindustrian Provinsi Jatim

### 3.5 Metode dan Proses Analisa

Metode analisa dilakukan dengan proses sebagai berikut.

#### 3.5.1 Pengolahan Awal

Pengumpulan data dilakukan ke instansi terkait. Data yang diperoleh akan diolah sesuai daftar. Untuk data yang masih dalam bentuk tercetak akan diproses sehingga menjadi data elektronik dengan piranti lunak lembar kerja (*spreadsheet*).

#### 3.5.2 Analisa Penggunaan Air

Data pemakaian air dikelompokkan menggunakan kodifikasi International Standard Industrial Classification (ISIC) sehingga terpilah menjadi kelompok-kelompok pengguna. Pemakaian air akan dianalisa berdasarkan kelompok-kelompok ini. Ketentuan ISIC sebagaimana pada **Tabel III.2**.

**Tabel III.2** Klasifikasi kegiatan ekonomi berdasar ISIC

Grup	Jenis Kegiatan	Kode SIC
A	Pertanian, kehutanan dan perikanan	01 sampai 03
B	Pertambangan	05 sampai 09
C	Manufaktur	11 sampai 33
D	Listrik, gas, uap dan pendingin udara	34
E	Air bersih, limbah cair dan pengolahan limbah	35 sampai 38
F	Konstruksi	39 sampai 41
G	Perdagangan dan perniagaan	42 sampai 43

Grup	Jenis Kegiatan	Kode SIC
H	Pengangkutan dan pergudangan	44 sampai 50
I	Akomodasi dan layanan makan	51 sampai 52
J	Informasi dan komunikasi	53 sampai 57
K	Pembiayaan dan asuransi	59 sampai 61
L	Properti, penyewaan dan <i>leasing</i>	62 sampai 63
M	Layanan profesi dan jasa	64 sampai 70
N	Administrasi dan layanan dukungan	71 sampai 75
O	Pendidikan	76
P	Layanan kesehatan dan sosial	77 sampai 79
Q	Seni, hiburan dan rekreasi	80 sampai 83
R	Lain-lain	84 sampai 86
S	Administrasi publik dan militer	87
T	Kegiatan domestik	88 sampai 89
U	Lembaga ekstra-teritorial	90

Sumber: UNSD (2004)

Catatan: kode SIC 04, 49 dan 58 tidak digunakan

### 3.5.3 Analisa Manfaat Air

Data sekunder yang berasal dari instansi dipilah menurut klasifikasi pengguna air sebagaimana diuraikan sebelumnya.

- 1) Pemakaian air irigasi dan data-data statistik hasil pertanian diolah secara bersama-sama dengan pendekatan *change in net income* (CINI) untuk mendapatkan gambaran nilai produktif keseluruhan.
- 2) Pembangkitan energi dianalisa dengan metode biaya alternatif (perbandingan pembangkitan alternatif seperti termal). Harga energi per-kW-jam dari pembangkit alternatif dianggap sebagai biaya kesempatan atau *opportunity cost* dari pembangkit listrik dengan tenaga air. Besar energi yang dibangkitkan menentukan nilai manfaat keseluruhan.
- 3) Pemanfaatan air secara konsumtif untuk kebutuhan manusia seperti perusahaan air minum dianalisa dengan mencari keuntungan margin berdasarkan *total value product* (TVP). Nilai produktif air ditentukan dari besarnya surplus produsen yang dinikmati perusahaan air minum.

- 4) Pemanfaatan air sebagai bahan baku dalam industri dihitung dengan mencari tahu terlebih dulu besar pemakaian air menurut kelompok kegiatan ekonomi. Elastisitas pemakaian air dianalisa dan nilai produktif air dihitung dengan pendekatan «residu» untuk memperoleh surplus produsen.
- 5) Perlindungan terhadap banjir dikuantifikasi dengan pendekatan harga hedonik. Manfaat air dinilai dari produktifitas yang diperoleh akibat adanya kegiatan pengendalian banjir.

#### **3.5.4 Evaluasi Nilai Prasarana**

Penentuan nilai prasarana pengairan merupakan tahapan dalam menetapkan besaran biaya operasi dan pemeliharaan (O&P) ideal. Sesuai kajian DPU (1993) maka nilai O&P ideal untuk prasarana pengairan diperkirakan 0,6-1,9% dari nilai investasi yang ditanamkan.

Nilai investasi sarana prasarana pengairan dihitung secara *present value*. Perhitungan ini menggunakan perkalian nilai tukar uang asing (bila investasi menggunakan dana luar negeri) dan Indikator Harga Konsumen (IHK). IHK atau *consumer price index* (Mankiw, 1999: 30) adalah faktor penting dalam memutakhirkan suatu nilai investasi. IHK merupakan perbandingan antara harga suatu barang pada tahun dasar tertentu (katakan: 1970) terhadap tahun yang ditinjau (misalnya: 2006). IHK dihitung dari perubahan harga berbagai produk secara agregat dan tertimbang. IHK dapat berfungsi mendekati indeks deflator.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan biaya O&P ideal yang diperoleh dari standar operasi dan prosedur O&P yang diterapkan PJT I. Dari perhitungan ini dapat ditentukan besar BJPSDA yang menjadi kebutuhan ideal dalam pemeliharaan sarana-prasarana di DAS Kali Brantas. Biaya O&P hasil perhitungan harus memenuhi kriteria DPU (1993).

Bila biaya O&P melampaui nilai manfaat air maka perlu dilakukan tinjauan terhadap jenis-jenis pekerjaan dan intensitas pemeliharaan yang diatur dalam standar dan prosedur O&P, agar diperoleh hasil perhitungan ulang lebih bersifat rasional. Jika peninjauan ulang ini tidak dapat dilakukan karena kesulitan dalam memilah pekerjaan O&P maka dilakukan perkiraan dengan menetapkan biaya O&P ideal sebagai prosentase tertentu (*determined*) dari nilai investasi masa kini.

### 3.5.5 Proses Optimasi Layanan Air

Dari hasil perhitungan nilai manfaat air, dapat dilakukan optimasi untuk mendapatkan harga jasa pengelolaan air atau tarif BJPSDA yang sesuai. Fungsi tujuan ditakrifkan: memaksimalkan alokasi dan manfaat air, meminimalkan biaya (harga) air tanpa mengurangi tujuan keseluruhan biaya yang diperlukan untuk melaksanakan operasi dan pemeliharaan sarana-prasarana pengairan. Hasil optimasi  $\Pi$  untuk sejumlah  $j$  (tahun) akan diregresikan terhadap variabel-variabelnya ( $Y_n$ ,  $X_n$  atau  $Z_n$ ) untuk mendapat persamaan generik yang dapat digunakan memperkirakan harga jasa pengelolaan air di masa mendatang.

Proses regresi akan menggunakan fungsi pada piranti lunak lembar kerja (*spreadsheet*). Untuk mempertimbangkan dampak suatu kebijakan politik atau kejadian sosial tertentu, dicoba skenario subsidi dengan memindahkan pembebanan harga jasa pengelolaan air ( $Y_n$ ) dari suatu kelompok ke kelompok tertentu yang lain. Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat ditarik simpulan dari penelitian ini.

## BAB IV HASIL PENELITIAN

### 4.1 Analisa Pendahuluan

#### 4.1.1 Nilai Aset Prasarana Pengairan

Pembangunan prasarana pengairan secara modern di DAS Kali Brantas dimulai sejak 1958 dan hingga saat ini telah melampaui empat rencana induk pengembangan wilayah sungai. Investasi pembangunan berasal dari berbagai sumber: pampasan perang, pinjaman, hibah maupun dana pendamping setempat.

Nilai investasi prasarana pengairan masa kini diperoleh melalui konversi dengan deflator IHK dan perbandingan nilai tukar uang asing. Nilai deflator diambil dari kajian DPU (2005) sedangkan nilai tukar mata uang asing diambil dari kurs tengah rerata BI (2007). Hasil perhitungan menunjukkan investasi prasarana pengairan di DAS Kali Brantas seluruhnya bernilai Rp 17.943 miliar (nilai 2006). Rincian pada **Tabel IV.1**.

**Tabel IV.1** Prasarana pengairan di DAS Kali Brantas

<b>Prasarana</b>	<b>Nama Sungai</b>	<b>Nilai</b> Rp 1.000.000
<b>Bendungan Serbaguna</b>		
Bendungan Sutami	Brantas	3.556.905
Bendungan Selorejo	Konto	588.278
Bendungan Lahor	Lahor	671.171
Bendungan Sengguruh	Brantas-Lesti	1.364.473
Sabo hulu DAS Kali Brantas	Brantas	18.661
Bendungan Wonorejo	Song	2.051.942
<b>Fasilitas Pengendali Air</b>		
Bendungan Wlingi	Brantas	1.106.721
Bendung Lodoyo	Brantas	732.639
Terowongan Tulungagung Selatan	Parit Raya-Agung	479.931
<b>Fasilitas Pelayanan Air</b>		
Bendung Gerak Lengkong Baru	Brantas	109.705
Pintu Air Mlirip	Brantas	110.762
Bendung Gerak Gunungsari	Surabaya	99.438
Pintu Air Jagir	Surabaya	1.522
Pintu Air Wonokromo	Surabaya	17.634

<b>Prasarana</b>	<b>Nama Sungai</b>	<b>Nilai</b> Rp 1.000.000
Bendung Karet Gubeng	Mas	14.025
Bendung Karet Menturus	Brantas	88.818
Bendung Karet Jatimlerek	Brantas	62.475
Bendung Gerak Mrican	Brantas	142.689
Bendungan Bening	Widas	326.549
<b>Pengendalian Banjir</b>		
Perbaikan Kali Porong	Porong	668.722
Perbaikan Kali Brantas Tengah	Brantas	2.809.818
Perbaikan Kali Surabaya	Surabaya	702.921
Perbaikan Kali Kedurus	Kedurus	452.909
Drainase Tulungagung Selatan	Parit Raya-Agung	1.255.497
Perbaikan Kali Widas	Widas	324.477
Flood Forecast & Warning System		184.657
<b>Nilai Prasarana DAS Brantas</b>		<b>17.943.339</b>

Sumber: PJT I (2007) dan hasil perhitungan

Biaya O&P ideal yang diperlukan di DAS Kali Brantas dihitung sebesar Rp 224,29 miliar per-tahun atau 1,25% dari nilai investasi masa kini, dengan demikian hasil perhitungan masih memenuhi kriteria 0,6-1,9% yang ditetapkan DPU (1993).

#### 4.1.2 Pemakaian Air di DAS Kali Brantas

Informasi mengenai pemakaian air permukaan di DAS Kali Brantas diambil dari transaksi (kontrak pelayanan air) PJT I dengan para pengguna air, serta dari izin pengambilan air permukaan yang diterbitkan Pemerintah Provinsi Jawa Timur. Para pemakai air permukaan di DAS Kali Brantas diklasifikasikan kelompok: pertanian, industri dan domestik (lihat **Tabel IV.2**).

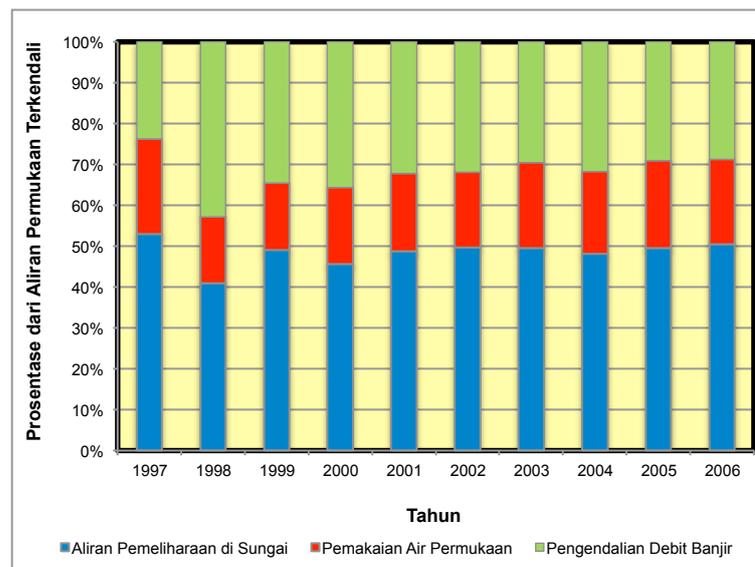
**Tabel IV.2** Pemakaian air permukaan Kali Brantas

<b>Sektor</b>	<b>Satuan</b>	<b>Rerata</b>	<b>2006</b>
Pertanian	m <sup>3</sup>	2.598.493.032	2.543.582.200
Industri	m <sup>3</sup>	137.589.916	135.278.558
Domestik	m <sup>3</sup>	233.543.645	282.010.650
Energi (PLTA)	m <sup>3</sup>	11.759.854.290	11.803.465.498
	kW-jam	1.037.854.290	992.140.519
	m <sup>3</sup> /kW-jam	11,3	11,9

Sumber: PJT I dan hasil perhitungan

Keterangan: Rerata dari data 10 tahun terakhir

Rerata 10 tahun terakhir menunjukkan potensi air permukaan di DAS Kali Brantas sebesar 14.305 juta m<sup>3</sup> per-tahun. Sekitar 11.759 juta m<sup>3</sup> dilalukan melalui bendungan serbaguna, di mana 2.960 juta m<sup>3</sup> (21%) dimanfaatkan sektor irigasi, air baku untuk industri dan domestik. Sekitar 4.114 juta m<sup>3</sup> merupakan *outflow* puncak (kondisi banjir) sedangkan selebihnya mengalir sebagai aliran pemeliharaan di sungai. Gambaran aliran utama di DAS Kali Brantas diberikan **Gambar IV.1**.



**Gambar IV.1** Pemakaian air permukaan DAS Kali Brantas

Sumber: Hasil perhitungan

#### 4.1.3 Analisa Sektorial Pengguna Air

Pemakaian air yang dinamis untuk sektor industri dan domestik mengisyaratkan perlunya klasifikasi pengguna air. Tahap analisa pertama adalah mengklasifikasikan pengguna air baku berdasar sistem ISIC. Klasifikasi mempergunakan fasilitas filtrasi pada piranti lunak lembar kerja (*spreadsheet*).

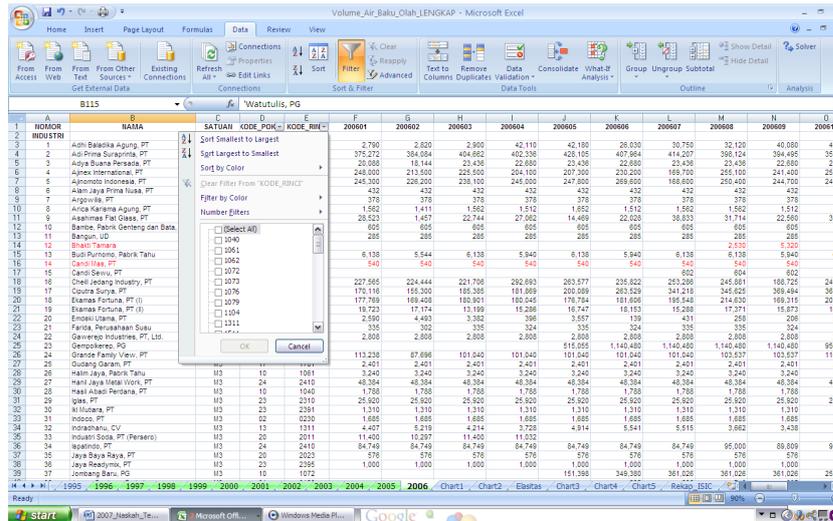
Dari hasil analisa tampak pemakai air utama di luar pertanian untuk DAS Kali Brantas adalah: (1) pengolahan air (sektor domestik), (2) industri makanan khususnya pabrik gula, (3) industri kertas dan karton; dan (4) utilitas perumahan. Hasil klasifikasi disajikan pada **Tabel IV.3**.

**Tabel IV.3** Klasifikasi pemakaian air di DAS Kali Brantas

Kode ISIC	Uraian	Rerata 10	Tahun 2006
		Thn Terakhir	
		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Kelompok [01]	Pertanian & peternakan	59.767	62.069
Kelompok [02]	Perhutanan	20.888	20.220
Kelompok [03]	Perikanan	5.341	432
Kelompok [10]	Produk makanan	74.064.493	64.498.785
Kelompok [11]	Produk minuman	313.792	176.734
Kelompok [13]	Tekstil	75.791	97.953
Kelompok [15]	Kulit & penyamakan	34.858	33.132
Kelompok [16]	Produk olahan kayu	56.078	71.916
Kelompok [17]	Kertas dan karton	45.747.229	49.898.163
Kelompok [20]	Kimia	5.935.355	6.292.536
Kelompok [21]	Obat-obatan	137.293	200.880
Kelompok [23]	Manufaktur non-metal	3.575.017	3.236.013
Kelompok [24]	Manufaktur metal	1.625.749	1.769.726
Kelompok [25]	Manufaktur olahan metal	305.007	297.185
Kelompok [27]	Manufaktur kelistrikan	2.320	0
Kelompok [29]	Manufaktur kendaraan	3.214	1.296
Kelompok [34]	Energi listrik (non-PLTA)	170.340	925.149
Kelompok [35]	Pengolahan air bersih	234.147.340	283.188.250
Kelompok [51]	Akomodasi & perhotelan	107.551	103.680
Kelompok [52]	Rumah makan	631	0
Kelompok [62]	Utilitas perumahan	3.836.905	5.489.155
Kelompok [81]	Wisata	403.874	453.600
Kelompok [83]	Fasilitas olahraga	455.469	464.422
Kelompok [86]	Lain-lain (cuci mobil)	31.537	7.906
		<b>371.133.561</b>	<b>417.289.202</b>

Sumber: Hasil perhitungan

Hal yang perlu dicatat dalam proses klasifikasi ini adalah, pengolahan air bersih yang merupakan pelayanan air domestik, merupakan pengguna terbesar air permukaan di DAS Kali Brantas. Selain pengolahan oleh perusahaan daerah air minum (PDAM), juga tumbuh beberapa usaha pengolahan air partikelir.



**Gambar IV.2** Proses filtrasi dengan perangkat lunak lembar kerja

**4.1.4 Penentuan Sifat Pasar**

Pemakaian air permukaan oleh sektor industri dan domestik bersifat dinamis sehingga perlu ditelaah lebih lanjut apakah mekanisme pasar (market) dalam proses transaksi layanan air ini. Pengambilan air permukaan sejauh ini dikenakan iuran BJPSDA yang ditarik oleh Pemerintah melalui PJT I. Oleh karena merupakan suatu proses transaksi maka perlu dilakukan analisa untuk menggambarkan secara hipotesis hubungan antara harga pemakai air dengan volume pemakaiannya secara riil. Hasil analisa terhadap pemakaian air permukaan oleh sektor industri dan pengolahan air bersih (domestik) disajikan pada **Tabel IV.4**.

**Tabel IV.4** Hasil analisa elastisitas

Pemakaian air oleh sektor industri:

Harga	Kuantitas	Transaksi	Nilai Elastisitas	Kriteria
Rp/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	Rp		
111.8	137.650.000	15.385.319.160	(0,03)	Inelastis
82.5	138.910.000	11.464.265.271	0,03	Inelastis
51.0	136.770.000	6.975.270.000	0,01	Inelastis
30.0	135.350.000	4.060.500.000	0,13	Inelastis
16.0	121.730.000	1.947.680.000		

Pemakaian air oleh sektor pengolahan air bersih:

Harga	Kuantitas	Transaksi	Nilai Elastis	Kriteria
Rp/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	Rp		
55.0	277.690.000	15.272.950.000	0,19	Inelastis
40.0	259.050.000	10.362.000.000	1,36	Elastis
35.0	216.870.000	7.590.450.000	1,33	Elastis
30.0	177.600.000	5.328.000.000	0,28	Inelastis
18.0	149,820,000	2,696,760,000	1.27	Elastis
16.0	129,300,000	2,068,800,000		

Sumber: Hasil perhitungan

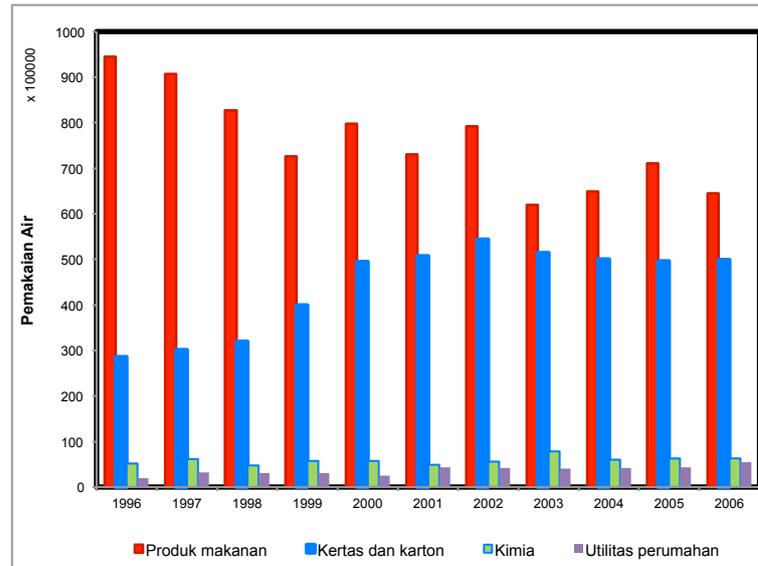
Catatan: Harga pada tabel-tabel di atas merupakan BJPSDA yang dipungut PJT I sesuai Surat Keputusan Menteri Pekerjaan Umum. Untuk sektor industri sejak 2002 berlaku tarif progresif.

Dari analisa elastisitas di atas, dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

- 1) Untuk pemakaian air permukaan oleh sektor industri, hubungan permintaan-pemenuhan bersifat inelastis. Artinya, kenaikan iuran BJPSDA hanya sedikit mempengaruhi kenaikan volume pemakaian air. Hal ini menunjukkan perubahan harga disikapi dengan hati-hati oleh kelompok industri dan pemakaian air oleh sektor ini relatif efisien.
- 2) Untuk pemakaian air permukaan oleh sektor pengolahan air bersih, hubungan permintaan-pemenuhan bersifat temporer, kadang-kadang elastis namun di lain waktu inelastis. Artinya, kenaikan iuran BJPSDA sampai derajat tertentu tidak berpengaruh pada pemakaian air baku, namun bila kenaikan ini cukup besar, pengguna akan bereaksi dengan mengendalikan pemakaian.
- 3) Pengolahan air bersih untuk keperluan domestik merupakan sektor oligopolis di mana mekanisme pasar tidak berlaku dengan sempurna.

Perkembangan pemakaian air baku untuk sektor industri di DAS Kali

Brantas disajikan pada **Gambar IV.3**.



**Gambar IV.3** Perkembangan pemakaian air permukaan

Sumber: Perhitungan

## 4.2 Perhitungan Manfaat Air Secara Ekonomis

### 4.2.1 Sektor Pertanian

Perhitungan manfaat air untuk sektor pertanian padi dan palawija (irigasi teknis) dilakukan dengan pendekatan CINI. Untuk itu, dibangun suatu struktur biaya (penerimaan-pengeluaran) untuk kegiatan usaha tani yang digunakan untuk menghitung manfaat yang diterima petani pada masa sebelum prasarana pengairan dikembangkan dan membandingkannya dengan masa kini setelah prasarana pengairan tersedia (lihat **Lampiran L.1**).

Hasil pengembangan prasarana pengairan di DAS Kali Brantas untuk sektor pertanian ditandai peningkatan luas lahan pertanian yang menerima layanan irigasi teknis. Peningkatan ini menambah intensitas tanam pada pertanian padi (*Oryza sativa*) dengan sistem sawah di DAS Kali Brantas. Perbandingan luas lahan pertanian dan intensitas tanam pada masa sebelum dan sesudah pengembangan prasarana pengairan dapat dilihat pada **Tabel IV.5**.

**Tabel IV.5** Perbandingan masa pra-pengembangan dan masa kini

Kondisi	Baku Sawah ha	Intensitas Tanam	Luas Panen ha	Produksi kg/ha
Pra-pengembangan (1972)	69.617	84%	58.658	3.119
Masa kini (2006)	100.691	201%	201.957	5.570

Sumber: DPU (1972, 1998 dan 2006)

Berdasarkan analisa dengan metode CINI terhadap struktur biaya usaha tani, diperoleh perbandingan manfaat ekonomis antara masa sebelum dan sesudah pengembangan prasarana pengairan. Perhitungan dilakukan untuk dua jenis tipe tanaman: padi dan palawija. Untuk padi diambil anggapan bibit yang digunakan adalah varietas unggul. Adapun untuk palawija dianggap petani memilih jenis jagung (*Zea mays*), kacang tanah (*Arachis hypogea*) dan ketela pohon (*Manihot cassava*). Ikhtisar hasil diberikan pada **Tabel IV.6** berikut ini.

**Tabel IV.6** Hasil perhitungan manfaat air bagi sektor pertanian

Kondisi	Nilai Sesaat Rp	Nilai Kini Rp	Jumlah Nilai Kini Rp
Pra-pengembangan (1972)			181.860.000.000
Padi	2.264.000.000	147.363.000.000	
Palawija	530.000.000	34.497.000.000	
Masa kini (2006)			2.055.784.000.000
Padi		1.970.990.000.000	
Palawija		84.794.000.000	
Residu manfaat			1.873.924.000.000

Sumber: Hasil perhitungan

Dalam analisa, terdapat keterbatasan-keterbatasan sebagai berikut:

- 1) Struktur biaya usaha tani yang dipergunakan merupakan hasil sensus oleh Badan Pusat Statistik (BPS) pada pemilik lahan pertanian di Jawa, sehingga dalam hal ini tentu saja nilai sewa lahan tidak diperhitungkan.
- 2) Usaha pertanian padi di Indonesia memiliki sistem subsidi dan proteksi terselubung yang ditandai pengendalian harga-harga (mulai gabah hingga

sarana pendukung produksi pertanian, seperti pupuk, insektisida dan herbisida), selain itu penyerapan hasil tani masih bersifat monopoli.

Walaupun demikian, berdasarkan analisa didapat hasil yang cukup rasional untuk menggambarkan manfaat yang diterima sektor pertanian berkat adanya irigasi teknis di DAS Kali Brantas. Manfaat bersih yang dinikmati sektor pertanian dari padi dan palawija adalah Rp 1.873.924.000.000 per-tahun 2006.

#### 4.1.2 Pembangkitan Energi Listrik

Perhitungan manfaat air untuk sektor pembangkitan energi listrik dilakukan dengan pendekatan biaya alternatif. Dalam perhitungan ini, diambil anggapan energi listrik yang semula dibangkitkan PLTA di DAS Kali Brantas digantikan seluruhnya oleh pembangkit tipe lain, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Gas-Uap (PLTGU) atau Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Sehingga manfaat air adalah sama dengan biaya yang harus dikeluarkan untuk membangkitkan pagu energi listrik yang sama besarnya namun dengan metode pembangkitan lain.

Dalam lingkup DAS Kali Brantas terdapat kapasitas pembangkitan energi sebagaimana pada **Tabel IV.7** dan **Tabel IV.8**. Secara keseluruhan kapasitas pembangkitan listrik di DAS Kali Brantas sekitar 10% dari Jawa-Bali dan 8% secara nasional (Sarwono & Siswoyo, 2007).

**Tabel IV.7** Kapasitas dan potensi pembangkitan energi listrik

No.	Tipe	DAS Brantas	Jawa-Bali
		MW	MW
1	PLTA	260,2	2.597,0
2	PLTG	0	953,8
3	PLTGU	0	5.507,2
4	PLTU	150	5.749,0
5	PLTP	0	305,0
6	PLTD	0	75,8
<b>Total</b>		<b>410,2</b>	<b>15.187,8</b>

Sumber: PT PJB (2007)

Penyediaan energi listrik dilakukan sesuai beban pemakaian listrik yang berfluktuasi sepanjang hari. Secara umum, beban pemakaian listrik diklasifikasikan dalam dua etape, yakni beban dasar dan beban puncak. Beban dasar adalah pemakaian energi listrik yang terjadi sepanjang hari dan jumlahnya stabil, sedangkan beban puncak terjadi pada saat pemakaian listrik meningkat umumnya antara jam 18.00 sampai 24.00 tiap hari dan bersifat fluktuatif.

PLTA dari waduk tahunan umumnya menyediakan energi listrik untuk beban dasar, sedangkan PLTGU atau PLTU oleh karena biaya operasional pembangkitannya lebih mahal, membangkitkan energi listrik untuk beban puncak.

**Tabel IV.8** Energi listrik tenaga air di DAS Kali Brantas

No.	Nama PLTA		Kapasitas	Produksi Rerata
			MW	10 Thn Terakhir
				GW-jam
1	Selorejo	(1972)	4.5	23,76
2	Mendalan-Siman	(1922-1938)	20,0	124,60
3	Karangkates	(1973-1975)	105.0	454,67
4	Wlingi	(1978-1979)	54,0	158,06
5	Lodoyo	(1983)	4.5	37,40
6	Bening	(1984)	0.7	0,00
7	Sengguruh	(1988)	29.0	78,47
8	Tulungagung Selatan	(1991)	36.0	132,11
9	Wonorejo	(2002)	6.5	16,76
<b>Total</b>			<b>260.2</b>	<b>1.025,83</b>

Sumber: PJTI (2007)

Catatan: PLTM Bening tidak dioperasikan sejak 1984

PLTA Wonorejo beroperasi April 2002

Berdasarkan analisa biaya pembangkitan diketahui energi yang dihasilkan PLTGU atau PLTU sangat bervariasi. Biaya tersebut terkait dengan teknologi yang dipergunakan, kapasitas pembangkitan, usia pembangkit dan jam operasi (lihat **Lampiran L.2**). Bila variabel tersebut ditambahkan biaya kesiapan yang merupakan aspek pengembalian investasi dan biaya tetap operasional maka besar biaya tadi semakin bervariasi. Hasil perhitungan disajikan pada **Tabel IV.9**.

**Tabel IV.9** Hasil perhitungan biaya pembangkitan energi

No.	Tipe Pembangkit	Bahan Bakar	Biaya (Rp/kW-jam)		
			Tetap	Variabel	Total
1	PLTU	Batubara	213,9	153,8	367,7
	PLTU	MFO	150,1	863,4	1.013,5
2	PLTG	HSD	139,7	2.680,3	2.820,0
3	PLTGU	Gas	161,2	942,0	1.103,2
		HSD	161,2	5.558,0	5.719,3

Sumber: Perhitungan

Mengambil alternatif pembangkitan PLTU dengan bahan bakar, maka biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan energi listrik sebesar 1.037 GW-jam (rerata produksi energi dari PLTA di DAS Kali Brantas) maka biaya yang harus dikeluarkan setara dengan Rp 381.461.000.000 per-tahun 2006.

#### 4.1.3 Industri dan Perniagaan

Perhitungan manfaat air untuk sektor industri dan perniagaan dilakukan dengan pendekatan analisa biaya produksi. Oleh karena sektor industri dan perniagaan memakai air untuk berbagai keperluan, yang berkaitan langsung dengan proses produksi maupun tidak, maka harus dilakukan pemilahan terhadap manfaat air untuk masing-masing industri dan perniagaan.

Salah satu sektor yang mendapatkan perhatian cukup rinci adalah sektor industri makanan, khususnya gula. Sebagai agroindustri, sifat usaha gula yang kompleks (Mardianto *et.al.*, 2005) menyebabkan industri ini harus dianalisa secara hati-hati. Industri gula di DAS Kali Brantas berupa pabrik yang mengolah tebu (*Sacharrum officinarum* L.) menjadi gula hablur, dengan produksi sampingan tetes (*molasses*) dan sepah (*bagasse*). Meskipun pemakaian air permukaan oleh industri gula di DAS Kali Brantas cenderung menurun, namun masih cukup besar dengan rerata 10 tahun terakhir 47,9 juta m<sup>3</sup> per-tahun. Terdapat 14 pabrik di DAS Kali Brantas (2006) dan memiliki karakteristik sebagaimana **Tabel IV.10**.

**Tabel IV.10** Industri gula di DAS Kali Brantas

Uraian	Satuan	2002	2003	2004	2005	2006
Luas Tebu	ha	91.148	80.984	83.463	100.292	102.443
Volume Tebu	1.000 ton	7.285,22	6.179,34	7.112,76	8.933,49	8.608,29
Gula Hablur	1.000 ton	477,73	424,30	502,65	599,25	651,80
Rendemen	%	6,34	6,73	6,94	6,61	7,60
Air Permukaan	1.000 m <sup>3</sup>	55.939,06	43.156,01	47.131,55	41.236,72	51.999,50

Sumber: PTPN X (2007), PT PGR I (2007) & PT KBI (2007)

Berdasarkan analisa biaya terhadap industri gula diketahui manfaat bersih yang diterima sektor ini di DAS Kali Brantas seluruhnya Rp 1.135.215.000.000 di mana manfaat petani tebu adalah Rp 691.978.000.000 dan untuk industri gula sendiri Rp 443.237.000.000. Struktur analisa biaya terdapat pada **Lampiran L.3**.

Industri lain yang memiliki pemakaian air cukup signifikan dan memiliki surplus produsen yang cukup besar adalah kertas dan karton. Terdapat 12 industri kertas dan karton pemakai air di DAS Kali Brantas dengan laba bersih (2006) setara Rp 485.904.000.000. Setelah kertas dan karton, industri yang memiliki surplus produsen besar adalah sektor kimia dan obat-obatan dengan laba Rp 164.238.000.000 dan sektor makanan (non-gula) dengan laba Rp 163.254.000.000. Rincian laba sektorial dari industri-industri lain beserta pemakaian airnya adalah sebagaimana **Tabel IV.11** dan rincian di **Lampiran L.4**.

**Tabel IV.11** Laba sektorial dari industri di DAS Kali Brantas

No.	Jenis Industri	Jumlah Industri	Laba 2006 x 1.000.000 Rp	Pemakaian Air Permukaan x 1.000.000 m <sup>3</sup>
1	Makanan (non gula)	26	163.254	12,499
2	Kertas dan karton	12	485.904	49,898
3	Kimia dan obat-obatan	8	164.238	6,493
4	Utilitas perumahan	4	502	5,489
5	Logam	9	134.905	2,068
6	Non-logam	14	157.765	3,236
7	Lain-lain	46	293.063	2,417
	Jumlah	119	1.399.631	82,100

Sumber: BPS (2007) dan PJT I (2007)

#### 4.1.4 Layanan Air Bersih

Pengolahan air bersih merupakan sektor pemakai air yang signifikan di DAS Kali Brantas. Pengolahan air terbesar dilakukan oleh perusahaan daerah air minum (PDAM) yang mencakup 87% pemakaian air baku permukaan dari Kali Brantas dan anak-anak sungainya, sedangkan sisanya oleh perusahaan pengolahan air bersih partikelir.

Sebagai produk yang digunakan langsung sebagai bahan baku (secara konsumtif untuk kebutuhan manusia) maka pemanfaatan air oleh perusahaan air minum dianalisa dengan mencari keuntungan margin berdasarkan *total value product* (TVP). Perhitungan TVP diberikan di bawah ini:

1. Kapasitas produksi (liter/detik)		252.872.047	m <sup>3</sup>
2. Non-revenue water (NRV) = 36%	[1] × 36%	90.831.639	m <sup>3</sup>
3. Pelayanan air netto	[1] – [2]	162.040.408	m <sup>3</sup>
4. Biaya pengolahan (termasuk <i>overhead</i> )		Rp 259.117.544.327	
5. Tarif rerata untuk air bersih tahun 2006		Rp 2.293	
6. Biaya produksi air bersih tahun 2006	[4] ÷ [3]	Rp 1.599	
7. Kontribusi air baku ke PJT I		Rp 55	
8. Nilai air bersih	[6] – [7]	Rp 639	
9. Nilai ekonomis air bersih (dibulatkan)		Rp 640	m <sup>3</sup>

Dari perhitungan diketahui keuntungan PDAM Kota Surabaya (2006) adalah Rp 640 per-m<sup>3</sup> air bersih, sehingga bila manfaat bersih ini dikalikan volume produksi air bersih tahun 2006 maka nilainya akan setara Rp 182.216.000.000.

#### 4.1.5 Pengendalian Banjir

Perhitungan manfaat air untuk manfaat yang ditimbulkan dari adanya pengendalian banjir dilakukan dengan pendekatan metode biaya hedonis. Metode ini mengambil anggapan, kenikmatan yang diterima oleh sekelompok masyarakat dapat dinyatakan dalam harga-harga barang/benda atau pun besarnya nilai yang akan hilang (*foregone*) bila layanan itu ditiadakan.

Dalam penerapan metode ini di DAS Kali Brantas, dianggap manfaat dari pengendalian banjir dinyatakan sebagai mengecilnya resiko kehilangan harta benda dan kekayaan akibat luapan banjir. Untuk itu, terlebih dulu dicari informasi mengenai luasan daerah yang dahulu merupakan langganan banjir dan kini mendapat manfaat dari pengendalian banjir. Data luas genangan yang terkendali pada kala-ulang 50 tahun di DAS Kali Brantas adalah sebagaimana **Tabel IV.12**.

**Tabel IV.12** Luas genangan yang terkendali

No	Nama Sungai	Luas Genangan ha
1	Kali Ngrowo (Kab. Tulungagung)	3.639
2	Kali Brantas (Kab. Malang)	2.000
3	Kali Brantas (Kab. Kediri)	1.610
4	Kali Brantas (Kab. Nganjuk)	2.531
5	Kali Widas & Kali Konto (Kab. Kediri)	3.712
6	Kali Widas (Kab. Nganjuk)	11.948
7	Kali Porong & Kali Surabaya	6.612
		32.052

Sumber: DPU (1986: 5.39)

Untuk menetapkan besar kerugian yang diderita bila mana daerah-daerah tersebut menderita banjir kembali maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- 1) Estimasi kerugian dengan membentuk struktur biaya generik dari suatu rumah, toko, kios, bedak, kantor, gudang, fasilitas umum dan kendaraan. Sebagai contoh: nilai bangunan untuk sebuah rumah seluas 45 m<sup>2</sup> di pedesaan seluas akan bernilai Rp 37.440.000, sedangkan di perkotaan Rp 49.920.000. Isi sebuah rumah tangga diperkirakan bernilai Rp 8.164.000, demikian seterusnya (lihat **Lampiran L.5**)
- 2) Perkiraan kerugian pada transportasi yang terkena dampak banjir dihitung dengan penambahan *travelling time* dan peningkatan konsumsi bahan bakar karena kemacetan atau harus mengambil jalan alternatif yang lain.

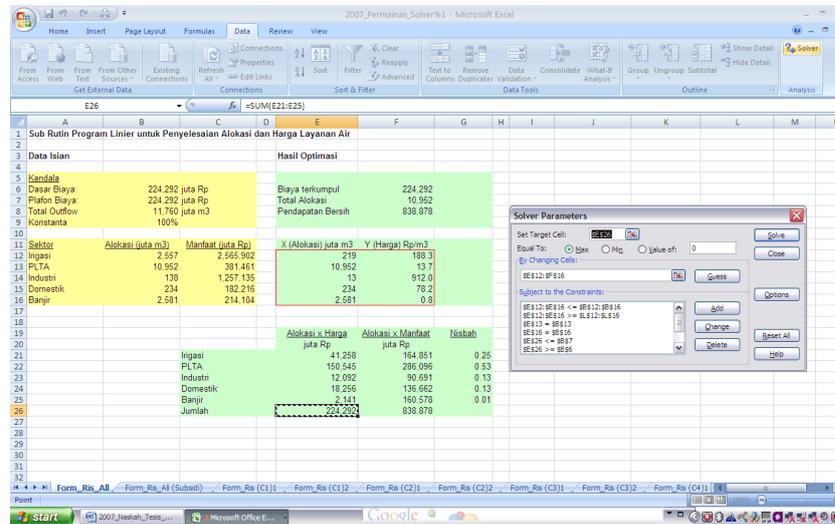
- 3) Untuk mengetahui jumlah rumah, toko, kios, bedak, kantor, gudang, fasilitas umum dan kendaraan dalam wilayah yang diperkirakan akan kembali tergenang dilakukan perhitungan kapita dengan menggunakan data statistik kependudukan dan peruntukkan ruang.
- 4) Langkah berikutnya ada;aj perhitungan kerugian akibat banjir berdasarkan kala ulang yang diperkirakan datang. Oleh karena data genangan yang tersedia hanya untuk kala ulang 50 tahun, perhitungan dilakukan secara proporsional menurut luas genangan yang diperkirakan akan terjadi.
- 5) Kerugian yang timbul akibat banjir diperhitungkan dengan memasukkan nisbah estimasi kerusakan. Misalnya, bila suatu bangunan terendam kurang dari 6 jam maka kerusakan diperkirakan 20% dari nilai bangunan, bila lebih dari 6 jam kerusakan menjadi 45%. Demikian seterusnya.
- 6) Hasil akhir dari perhitungan kerugian kemudian seluruhnya ditabulasikan, untuk dicari rerata kerugian berdasarkan agihan peluang yang digunakan, sehingga diperoleh rerata kerugian yang berpotensi terjadi dalam bentuk anuitas tahunan.

Berdasarkan perhitungan di atas, diketahui besar kerugian yang berpotensi terjadi setiap tahun bilamana tidak ada pengendalian banjir: Rp 214.104.000.000. Besar kerugian dalam bentuk anuitas ini merupakan manfaat yang sebenarnya dinikmati oleh masyarakat, karena dengan adanya pengendalian banjir maka kerugian tidak perlu terjadi.

## **4.2 Optimasi Harga Layanan Air**

Untuk mendapatkan pembebanan harga jasa pengelolaan air yang sebaik mungkin dilakukan optimasi menggunakan pemrograman linier. Proses optimasi

menggunakan fasilitas *solver* pada piranti lunak lembar kerja (*spreadsheet*) seperti pada **Gambar IV.4**. Contoh lembar perhitungan pada **Lampiran L.6**.



**Gambar IV.4** Tampilan fasilitas *solver*

Untuk memuluskan optimasi dengan pemrograman linier perlu dihilangkan *noise* (gangguan) melalui proses *debugging*. Proses ini dilakukan dengan menciptakan kondisi batas (*boundary conditions*) melalui penataan kendala (*constraint*) agar membentuk selubung. Pengaturan *boundary conditions* ini berupa:

- 1) Menata alokasi air sedemikian rupa untuk masing-masing sektor pengguna agar tidak terjadi ketimpangan alokasi, sebagai misalnya memberlakukan kendala di mana air untuk keperluan domestik dan industri harus terpenuhi 50%, 75%, 100% dan 125%. Demikian pula untuk keperluan lain (irigasi dan pembangkitan energi).
- 2) Membatasi minimum air yang dialokasikan agar tidak terjadi kekurangan yang ekstrim di sektor penggunaan lain. Ini diterapkan misalnya pada pengendalian banjir, di mana diambil anggapan volume air yang ditangani pada *flood water level* di waduk adalah 15% dari *outflow* keseluruhan sistem pengendalian banjir.

- 3) Menetapkan batas minimum dan maksimum dari manfaat yang diperoleh masing-masing sektor agar tidak terjadi kelebihan manfaat di sektor tertentu dengan mengorbankan manfaat di sektor lain. Nilai batas ini dicoba-coba antara 5% sampai 75% dari keseluruhan manfaat.

Optimasi dilakukan dalam dua petikan: (1) kelompok-kelompok fungsi sesuai karakteristik masing-masing prasarana pengairan; dan (2) secara keseluruhan pada satuan DAS mencakup semua prasarana pengairan.

#### **4.2.1 Pemrograman Linier untuk Kelompok Prasarana**

Prasarana pengairan dipisah-pisahkan dalam kelompok-kelompok sesuai fungsinya masing-masing, yakni:

- 1) C1 – Bendungan serbaguna: Bendungan Sutami, Bendungan Selorejo, Bendungan Lahor, Bendungan Sengguruh dan Bendungan Wonorejo;
- 2) C2 – Fasilitas pengendali air: Bendungan Wlingi, Bendungan Lodoyo dan Terowongan Tulungagung Selatan;
- 3) C3 – Pelayanan air baku: Bendung Gerak Lengkong Baru, Pintu Air Mlirip, Bendung Gerak Gunungsari, Bendung Gerak Jagir, Pintu Air Wonokromo dan Bendung Karet Gubeng;
- 4) C4 – Pelayanan air irigasi: Bendung Karet Menturus dan Jatimlerek, Bendung Gerak Mrican serta Bendungan Bening;
- 5) C5 – Pengendalian banjir, berupa perbaikan sungai dan fasilitas pemantauan dini banjir.

Karakteristik, manfaat dan kemampuan layanan masing-masing kelompok ikut dipisahkan sesuai prasarana pengairan dan sistem pelayanannya; selanjutnya akan menjadi kendala dalam proses pemrograman linier (lihat **Tabel IV.3**).

**Tabel IV.13** Kendala untuk kelompok prasarana pengairan

Uraian	C1	C2	C3	C4	C5	Jumlah
Investasi (juta Rp)	8.251.430	2.319.291	353.086	620.531	6.399.001	<b>17.943.339</b>
O&P Minimal (juta Rp)	103.143	28.991	4.414	7.757	79.988	<b>224.292</b>
<u>Manfaat</u> (juta Rp)						
Pertanian	1.184.262	394.754	197.377	789.508		<b>2.565.902</b>
Energi	254.307	127.154				<b>381.461</b>
Air baku industri	538.772	179.591	269.386	269.386		<b>1.257.135</b>
Air baku domestik	72.886	36.443	72.886			<b>182.216</b>
Pengendalian banjir	55.853	27.927	55.853	9.309	65.162	<b>214.104</b>
Outflow maks (juta m <sup>3</sup> )	4.492	8.799	6.143	10.726	9.741	
<u>Alokasi outflow</u> (juta m <sup>3</sup> )						
Pertanian	377	310	1.012	858		<b>2.557</b>
Energi	4.492	8.392				<b>12.884</b>
Air baku industri	21	7	48	62		<b>138</b>
Air baku domestik	12	35	187			<b>234</b>
Pengendalian banjir	898	2.578	1.843	2.145	9.741	<b>17.206</b>

Sumber: Perhitungan

Sebagai kendala (*constraint*) dalam pemrograman linier ditetapkan:

$X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n \leq$  nilai maksimal *outflow* tiap kelompok prasarana

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n =$  alokasi pemakaian air masing-masing sektor

$Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n =$  kebutuhan biaya pengelolaan tiap kelompok

$B_1, B_2, B_3, \dots, B_n =$  manfaat untuk masing-masing sektor pengguna air

Dari hasil pemrograman linier menggunakan pengaturan kendala di atas, didapat harga jasa pengelolaan air pada alokasi yang berbeda-beda untuk setiap kelompok prasarana. Harga jasa pengelolaan air ini lalu diregresikan terhadap alokasi air untuk mendapatkan persamaan generik. Pemilihan metode regresi dilakukan dengan memakai bilangan determinasi terbaik (R mendekati 1,00). Dari proses ini, diketahui persamaan berpangkat memberi hasil regresi terbaik:

$$Y = A \cdot X^B \dots\dots\dots (4.1)$$

**Tabel IV.14** Konstanta hasil regresi untuk kelompok prasarana

Sektor	C1			C2			C3			C4		
	A	B	R	A	B	R	A	B	R	A	B	R
Irigasi	5.545	-0,56	0,92	5.058	-0,76	0,82	50,78	-0,36	0,35	58,2	-0,49	0,78
Energi	12,55	-0,99	0,96	0,041	0,479	1,00						
Industri	7.026	-0,60	0,90	2.692	-0,23	0,40	1.108	-0,61	0,78	914,3	-0,59	0,39
Domestik	1.459	-0,60	0,90	581,9	-0,67	0,58	74,66	-0,43	0,69			
Banjir	4,0 <sup>-11</sup>	3.844	0,96	0,012	0,773	1,00	0,006	-1,63	0,63	4,47	-0,39	0,72

Sumber: Perhitungan

#### 4.3.1 Pemrograman Linier untuk Seluruh DAS

Optimasi dilakukan dengan memandang seluruh prasarana pengairan di DAS Kali Brantas sebagai satu kesatuan. Dapat digambarkan manfaat air yang diterima untuk seluruh DAS Kali Brantas adalah Rp 4.600 miliar untuk tahun 2006, bila jumlah penduduk dapat dihitung 15.964.800 jiwa sesuai kajian DPU (2006: III-5) maka manfaat yang diterima adalah setara Rp 288.200 per-jiwa. Rekapitulasi manfaat dan kemampuan layanan adalah sebagaimana **Tabel IV.15** berikut.

**Tabel IV.15** Rekapitulasi manfaat layanan air

No.	Sektor Pemanfaat	Besar Manfaat	Volume Air	Manfaat Spesifik
		Rp 1000.000	1000.000 m <sup>3</sup>	Rp/m <sup>3</sup>
1	Pertanian (padi, tebu, palawija)	2.565.902	2.557	1.003,48
2	Pembangkitan energi	381.461	12.884	29,61
3	Air baku industri	1.257.135	137,58	9.137,48
4	Air baku domestik	182.216	233,53	780,27
5	Pengendalian banjir	214.104	17.206	12,44
	Jumlah	4.600.818		

Sumber: Perhitungan

Sebagai kendala (*constraint*) dalam pemrograman linier ditetapkan:

$X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n \leq$  nilai maksimal *outflow*, diambil sebesar volume terkendali dalam sistem: 11.759 juta m<sup>3</sup>

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n \geq$  pemakaian (volume air) oleh masing-masing sektor pengguna air

$Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n$  = biaya pengelolaan: Rp 224,29 miliar/tahun

$B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$  = manfaat untuk masing-masing sektor pengguna air

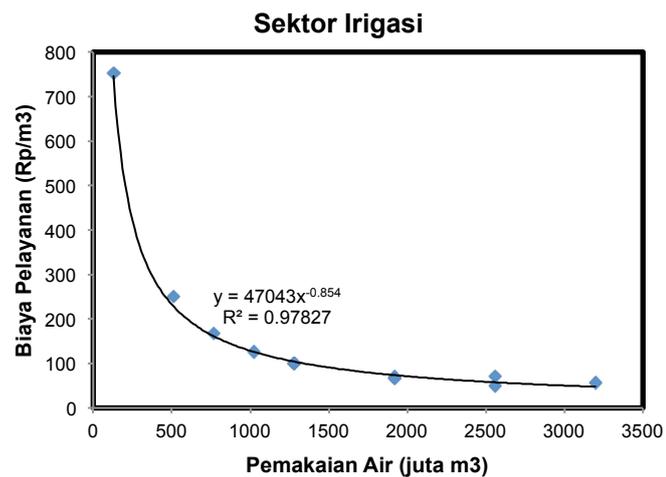
Dari hasil pemrograman linier menggunakan pengaturan kendala di atas, didapat harga jasa pengelolaan air pada alokasi yang berbeda-beda untuk setiap kelompok prasarana. Harga jasa ini lalu diregresikan terhadap alokasi air untuk mendapatkan persamaan generik menggunakan regresi berpangkat. Hasil regresi disajikan pada **Tabel IV.16**.

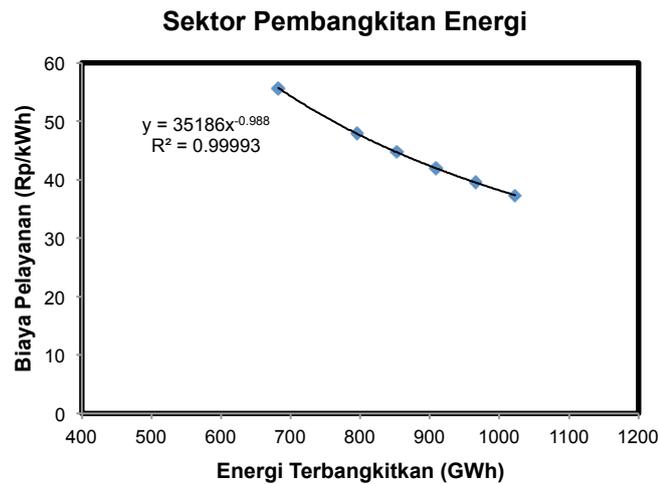
**Tabel IV.16** Konstanta hasil regresi untuk seluruh DAS

No.	Sektor Pemanfaat	A	B	R
1	Pertanian	47.043	-0,85	0,98
2	Pembangkitan energi	35.186	-0,98	1,00
3	Air baku industri	15.965	-0,66	0,91
4	Air baku domestik	4.148	-0,81	0,93
5	Pengendalian banjir	872,1	-0,89	1,00

Sumber: Perhitungan

Contoh hasil regresi untuk sektor irigasi dan pembangkitan energi diberikan pada **Gambar IV.5**.





**Gambar IV.5** Contoh hasil optimasi harga

Sumber: Perhitungan

#### 4.4 Pemilihan Hasil Pemrograman

Pemilihan petikan hasil pemrograman memperhatikan: (1) penetapan harga jasa pengelolaan air dilakukan melalui keputusan Menteri yang bersifat politis dan menyeluruh (mencakup suatu DAS), serta (2) persamaan generik harga jasa pengelolaan air harus mencerminkan proses pelayanan air dan mudah dipakai. Mempertimbangkan kedua hal tersebut di atas, dipilih hasil pemrograman linier pada tingkatan DAS yang dianggap lebih mencerminkan kenyataan dan dapat menjawab kebutuhan praktis dalam pengambilan keputusan.

Meskipun hasil pemrograman sudah memadai, ada aspek lain yang harus dimasukkan, yakni: pembebanan biaya pelayanan air untuk sektor pertanian dan pengendalian banjir tidak ditanggung oleh pengguna sesuai Pasal 79 Ayat (2) dan Pasal 80 Ayat (1) dari UU No. 7 Tahun 2004. Untuk itu dilakukan perhitungan kembali dengan skenario menihilkan biaya yang harus ditanggung sektor pertanian dan pengendalian banjir. Dalam pemrograman dianggap beban biaya itu

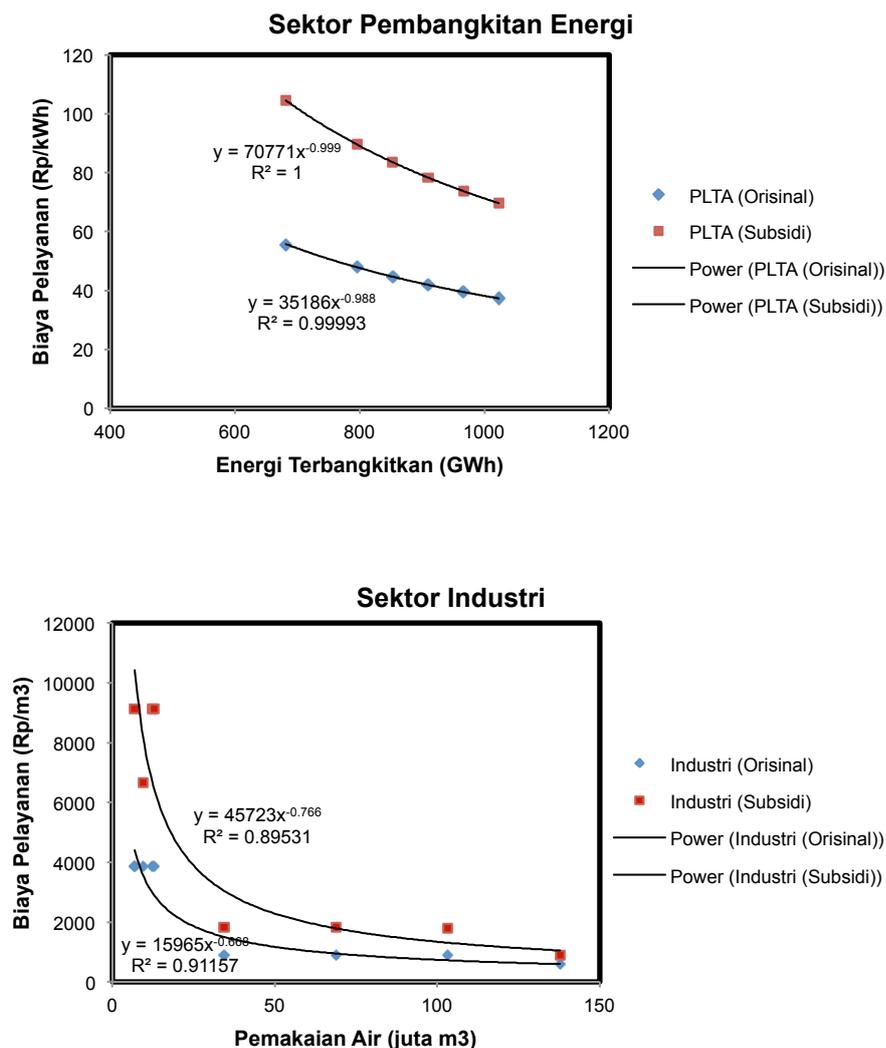
ditanggung sektor-sektor lain, sehingga timbul hasil regresi baru (subsidi) sebagaimana **Tabel IV.17** berikut ini.

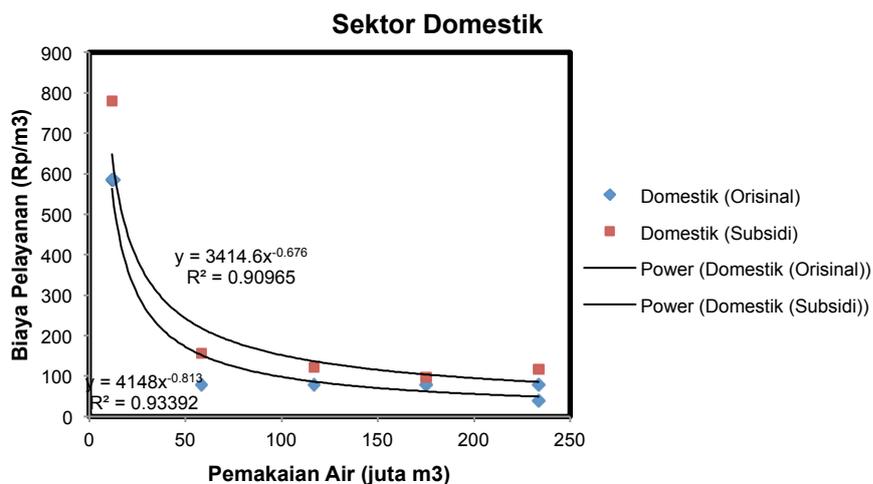
**Tabel IV.17** Konstanta hasil regresi baru untuk seluruh DAS

No.	Sektor Pemanfaat	A	B	R
1	Pembangkitan energi	70.771	-0,99	1,00
2	Air baku industri	45.723	-0,76	0,90
3	Air baku domestik	3.414	-0,67	0,91

Sumber: Perhitungan

Regresi terhadap hasil pemrograman linier, baik yang teoritik maupun «subsidi» disajikan pada **Gambar IV.6** berikut ini. Dari hasil regresi tampak, kondisi «subsidi» ternyata memberi harga yang lebih tinggi dari kondisi «tanpa subsidi».





**Gambar IV.6** Perbandingan hasil regresi

Sumber: Hasil perhitungan

Konstanta pada **Tabel IV.16** dan **Tabel IV.17** merupakan unsur persamaan generik yang dapat digunakan menghitung (tarif) harga layanan air sesuai pemakaian riil. Bila dimasukkan pemakaian air riil di DAS Kali Brantas tahun 2003-2006 dan mengestimasi pemakaian 2007, hasil dari perhitungan dapat dibandingkan sebagai berikut:

**Tabel IV.18** Perbandingan harga jasa pengelolaan air

No.	Sektor Pemanfaat	Alokasi Air	Harga Jasa (Tanpa Subsidi)				
			2003	2004	2005	2006	2007
1	Pertanian	Rp/m <sup>3</sup>	60,1	57,4	58,2	60,0	55,3
2	Pembangkitan energi	Rp/kW-jam	42,7	41,1	39,5	40,7	41,9
3	Air baku industri	Rp/m <sup>3</sup>	633,1	632,8	611,9	626,0	530,2
4	Air baku domestik	Rp/m <sup>3</sup>	47,8	44,4	44,1	43,0	41,0
5	Pengendalian banjir	Rp/m <sup>3</sup>	0,53	0,46	0,53	0,53	0,45

No.	Sektor Pemanfaat	Alokasi Air	Harga Jasa (Subsidi Pertanian & Banjir)				
			2003	2004	2005	2006	2007
1	Pembangkitan energi	Rp/kW-jam	80,2	77,1	74,1	76,4	78,7
2	Air baku industri	Rp/m <sup>3</sup>	1111,9	1111,3	1069,1	1097,5	906,4
3	Air baku domestik	Rp/m <sup>3</sup>	85,1	80,1	79,6	77,9	75,0

Sumber: Perhitungan

Dari perhitungan di atas dapat disimpulkan, alokasi air mempengaruhi harga jasa pengelolaan air. Persamaan generik hasil regresi di atas dapat dipergunakan menghitung harga layanan air untuk tahun-tahun mendatang, sejauh tidak terjadi *force majeure* (bencana atau peristiwa alam luar biasa) yang merubah tata kelola air dan keberadaan prasarana pengairan. Bila inflasi dianggap mempengaruhi harga untuk tahun yang dikehendaki maka harga yang diperoleh dari persamaan di atas cukup dikalikan faktor inflasi.

Saat ini tarif jasa pengelolaan air permukaan ditetapkan melalui Keputusan Menteri Pekerjaan Umum (*price cap*). Bila *price cap* untuk DAS Kali Brantas dibandingkan untuk tahun 2006 maka didapat hasil pada **Tabel IV.19** berikut ini. Ternyata, *price cap* tersebut memiliki selisih dengan harga layanan hasil perhitungan. Deviasi tersebut seharusnya ditanggung Pemerintah sebagai konsekuensi memberi subsidi bagi pertanian dan pengendalian banjir.

**Tabel IV.19** Perbandingan harga layanan air dan tarif

No.	Sektor Pemanfaat	Alokasi Air	Harga Jasa Pengelolaan Air			
			Teoritik	Subsidi	Price Cap	Deviasi
1	Pertanian	Rp/m <sup>3</sup>	60	0	0	0
2	Pembangkitan energi	Rp/kW-jam	39	73	38,21	34,79
3	Air baku industri	Rp/m <sup>3</sup>	626	1.098	115	983
4	Air baku domestik	Rp/m <sup>3</sup>	43	78	55	23
5	Pengendalian banjir	Rp/m <sup>3</sup>	37	0	0	0

Sumber: Perhitungan

Catatan: Harga *price cap* diambil dari Keputusan Menteri PU No. 302/KPTS/M/2005, No.303/KPTS/M/2005 dan No. 146/KPTS/M/2006.

## BAB V SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Dari analisa yang dilakukan, disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Nilai manfaat dari layanan air permukaan di DAS Kali Brantas cukup signifikan bila dikaitkan dengan pertumbuhan ekonomi secara keseluruhan pada tingkat DAS. Hasil perhitungan menunjukkan nilai manfaat dari layanan air permukaan per-tahun 2006 adalah sebesar Rp 4.600 miliar atau bila dihubungkan jumlah penduduk di DAS Kali Brantas menjadi setara Rp 288.200 per-kapita. Rincian dari manfaat tersebut pada tahun tersebut untuk sektor pertanian adalah Rp 1.003,48/m<sup>3</sup>; pembangkitan energi Rp 29,61/kW-jam; air baku untuk industri Rp 9.137,48/m<sup>3</sup>; air baku untuk domestik Rp 780,27/m<sup>3</sup> dan pengendalian banjir Rp 12,44/m<sup>3</sup>.
- 2)
  - a. Harga jasa pengelolaan air di DAS Kali Brantas dengan pemrograman linier telah diregresikan untuk memperoleh persamaan berpangkat dengan konstanta sebagaimana **Tabel IV.16** dan **Tabel IV.17**. Pemakaian persamaan ini untuk menghitung harga jasa pengelolaan air yang optimum pada berbagai tahun diberikan pada **Tabel IV.18**, di mana untuk pemakaian air riil tahun 2006 diperoleh sektor: pertanian Rp 60/m<sup>3</sup>; pembangkitan energi Rp 39/kW-jam; air baku untuk industri Rp 626/m<sup>3</sup>; air baku untuk domestik Rp 43/m<sup>3</sup> dan pengendalian banjir Rp 67/m<sup>3</sup>.
  - b. Bila diterapkan mekanisme subsidi sesuai UU No. 7 Tahun 2004 dan *price cap* sesuai Keputusan Menteri PU, maka terdapat deviasi yang ditanggung sektor komersial. Deviasi ini sebagai misal untuk tahun 2006 untuk pembangkitan energi sebesar Rp 34,79/kW-jam; air baku

industri Rp 983/m<sup>3</sup> dan air baku domestik Rp 23/m<sup>3</sup>. Deviasi ini seharusnya menjadi kewajiban Pemerintah untuk pelayanan umum, mengingat tidak dibebaninya masyarakat atas manfaat air untuk pertanian dan pengendalian banjir.

## 5.2 Saran

Untuk memberi manfaat lebih lanjut, disarankan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Bagi Pemerintah, perlu ditetapkan mekanisme baku dalam pembebanan biaya jasa pelayanan air – yang sesuai UU No. 7 Tahun 2004 membebaskan sektor pertanian dan pengendalian banjir dari kewajiban membayar harga jasa pengelolaan air. Mekanisme baku ini diperlukan agar tercapai keadilan layanan air dengan sistem kuasi-pasar. Persamaan dalam tesis ini dapat menjadi acuan untuk menetapkan mekanisme pembebanan biaya jasa pengelolaan air.
- 2) Bagi pengelola prasarana pengairan, alokasi air berbasis optimasi merupakan cara yang dinamis dan lebih dapat diterima oleh semua sektor pengguna air karena menekan pembebanan biaya secara berlebihan pada suatu sektor tertentu tanpa mengurangi hak pelayanan air bagi sektor lain.
- 3) Bagi penelitian lebih lanjut, dimungkinkan untuk mengkaji mekanisme alokasi dan pembebanan biaya di DAS Kali Brantas dengan metode yang lebih meningkatkan ketelitian/ketepatan, seperti pendekatan sistem terdistorsi (*second best-efficient*) atau keseimbangan parsial (*partial equilibrium*). Juga dimungkinkan mengkaji alokasi air dalam konsep pengelolaan sumberdaya bersama melalui pendekatan *game theory*, *common pool source* dan lain-lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arbués, F., García-Valiñas, M.A., & Martínez-Espiñeira, R. 2003. Estimation of Residential Water Demand: a State-of-the-art Review. *Journal of Socio-Economics* **32**. Elsevier Sciences. Hlm. 81–102
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan (BPPK). 2007. Air, Produk Hutan yang Masih Menguap? *Policy Brief* **1** No. 1.
- Bank Indonesia (BI). 2007. *Indikator Moneter dan Perbankan*. (3 Agustus 2007) <http://www.bi.go.id/web/id/Indikator+Moneter+dan+Perbankan/Kurs+BI>
- Bazza, M dan Ahmad, M. 2002. *A Comparative Assessment of Links between Irrigation Water Pricing and Irrigation Performance in the Near East*. Irrigation Water Policies: Micro and Macro Considerations Agadir, Morocco, 15-17 June, Food and Agriculture Organization.
- Bhat, A., Ramu, K. & Kemper, K. 2006. *Institutional and Policy Analysis of River Basin Management: the Brantas River Basin, East Java, Indonesia*. Agriculture and Rural Development Department. Washington District of Columbia: World Bank.
- Birol, E., Karousakis, K. & Koundouri, P. 2006. Using economic valuation techniques to inform water resources management: A survey and critical appraisal of available techniques and an application. *Science of the Total Environment* **365**. Elsevier Sciences. Hlm. 105-122
- Blanchard-Boehm, R.D., Berry, K.A. & Showalter, P.S. 2001. Should flood insurance be mandatory? Insights in the wake of the 1997 New Year's Day flood in Reno–Sparks, Nevada. *Applied Geography* **21**. Hlm. 199-221.
- Bouma, J.J., François, D. & Troch, P. 2005. Risk assessment and water management. *Environmental Modelling and Software* **20**. Hlm. 141-151.
- Bruns, B.R. & Meinzen-Dick, R.S. 2000. *Negotiating Water Rights*. London: Intermediate Technology Publications Ltd. Hlm 1-54.
- Coelli, T., Lloyd-Smith, J., Morrison, D. & Thomas, J. 1991. Hedonic Pricing for a Cost Benefit Analysis of a Public Water Supply Scheme. *Australian Journal of Agricultural Economics* **35**. Australian Agricultural Economics Society. Hlm. 1-20.
- Colman, D. & Young, T. 1989. *Market and Price in Less Developed Countries*. Cambridge University Press.
- Departemen Pekerjaan Umum (DPU). 1972. *Report on the Brantas River Basin Development*. Main Report. Overseas Technical Cooperation Agency (OTCA) of Japan.
- Departemen Pekerjaan Umum (DPU). 1986. *Widas Flood Control and Drainage Project, Part II Study*. Supporting Report. Japan International Cooperation Agency (JICA).
- Departemen Pekerjaan Umum (DPU). 1993. *An Integrated Programme for the Development of Operation and Maintenance for Rivers in Indonesia*. Canadian International Development Agency (CIDA).

- Departemen Pekerjaan Umum (DPU). 2001. *Study under JBIC Special Assistance. Japan Bank for International Cooperation (JBIC)*. Final Report: hlm. 5-35 sampai 5-44.
- Departemen Pekerjaan Umum (DPU). 2005. *Report on Engineering Studies for the Brantas River and the Bengawan Solo River Basins*. Volume VI Supporting Report IV: hlm. 1.1 sampai T.59
- Departemen Pekerjaan Umum (DPU). 2006. *Penyusunan Pola Pengelolaan Sumberdaya Air Wilayah Sungai Kali Brantas*. Laporan Akhir: hlm III-2 sampai III-19.
- Dinar, A. & Subramanian, A. 1997. *Water Pricing Experiences, an International Perspective*. Technical Paper No. 386, Washington District of Columbia: The World Bank, Amerika Serikat.
- Dinwiddy, C. & Teal, F. 1996. *Principles of Cost-Benefit Analysis for Developing Countries*. Cambridge University Press.
- Doppler, W., Salman, A.Z., Al-Karablieh, E.K. & Wolff, H.P. 2002. The impact of water price strategies on the allocation of irrigation water: the case of the Jordan Valley. *Agriculture Water Management* **55**, Elsevier Sciences. Hlm. 171-182.
- Drèze, J. & Stern, N. 1994. Shadow Prices and Markets: Policy Reform, Shadow Prices and Market Prices dalam R. Layard dan S. Glaister (eds) *Cost and Benefit Analysis*, Cambridge University Press. Hlm. 59-99.
- Dwijanto, D. 1997. Perpajakan pada Masa Majapahit dalam Sartono Kartodirjo (ed), *700 Tahun Majapahit (1293-1993)*. Surabaya: Dinas Pariwisata Provinsi Jawa Timur, Surabaya. Hlm. 217-234.
- Eshet, T., Baron, M.G., Shechter, M., Ayalon, O. 2007. Measuring externalities of waste transfer stations in Israel using hedonic pricing. *Waste Management* **27**. Hlm. 614-625.
- Facon, T. 2002. *Downstream of Irrigation Water Pricing – The Infrastructure Design and Operational Management Considerations*. Irrigation Water Policies: Micro and Macro Considerations, Agadir, Morocco, 15-17 June, Food and Agriculture Organization.
- Garcia, S. & Reynaud, A. 2004. Estimating the Benefits of Efficient Water Pricing in France. *Resource and Energy Economics* **26**. Elsevier Sciences. Hlm. 1–25.
- Gittinger, J.P. 1982. *Economic Analysis of Agricultural Projects*. Economic Development Institute Series. Baltimore, Maryland: John Hopkins University Press. Hlm. 65-84, 189-296.
- Gómez-Limón, J.A. & Riesgo, L. 2004. Irrigation Water Pricing: Differential Impacts on Irrigated Farms. *Agricultural Economics* **31**. Elsevier Sciences. Hlm. 47–66.
- Hardin, G. 1968. Tragedy of the Commons. *Science* **162**. Hlm. 1243–1248.
- Hellegers, P.J.G.J. & Perry, C.J. 2004. *Water as an Economic Good in Irrigated Agriculture: Theory and Practice*. Agricultural Economics Research Institute (LEI), The Hague, Belanda.
- Hern, R. 2001. Competition and Access Pricing in the UK Water Industry. *Utilities Policy* **10**. Pergamon. Hlm. 117–127.

- Hoekstra, A.Y. 1998. Appreciation of Water: Four Perspectives. *Water Policies* 1. Elsevier Sciences. Hlm. 605-622.
- Hrovatin, N. & Bailey, S.J. 2001. Implementing the European Commission's Water Pricing Communication: Cross-country Perspectives. *Utilities Policy* 10. Pergamon. Hlm. 13–24.
- Hyman, D.N. 1973. *The Economics of Government Activities*. New York: Holt, Rinehart and Winston Inc.
- Just, R.E., Hueth, D.L. & Schmitz, A. 1982. *Applied Welfare Economics and Public Policy*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Job, L. 2006. *Organisation Sectorielle et Tarification de l'Eau Potable Dans Quelques Pays de l'Union Europeenne*, International Conference Economic Relations in the Europe United Enlarged. University of Wroclaw, Polandia. (1 Oktober 2006) <http://www.unice.fr/CEMAFI/2006%20-%20JOB%20Wroclaw.pdf>
- Johansson, R.C., Tsur, Y., Roe, T.L., Doukkali, R. & Dinar, A. 2002. Pricing Irrigation Water: a Review of Theory and Practice. *Water Policies* 4. Elsevier Sciences. Hlm. 177–193.
- Lange, G.M., Mungatana, E. & Hassan, R. 2007. Water Accounting for the Orange River Basin: An economic Perspective on Managing a Transboundary Resource. *Ecological Economics* 61. Elsevier Sciences. Hlm. 660-670.
- Mankiw, N.G. 1999. *Macroeconomics*. New York: Worth Publishers. Hlm. 29-33.
- Mardianto, S., Simatupang, P., Hadi, U.P., Malian, H., A. Susmiadi. 2005. Peta Jalan (Road Map) dan Kebijakan Pengembangan Industri Gula Nasional. *Forum Penelitian Agroekonomi* 23. Hlm. 19-37
- Merret, S. 1997. *Introduction to the Economics of Water Resources, an International Perspective*. Rowman and Littlefield Publishers, Inc., Boston, Maryland, Amerika Serikat.
- Minten, B., Razafindralambo, R., Randriamiarana, Z. & Larson, B. 2002. *Water Pricing, the New Water Law, and the Poor: an Estimation of Demand for Improved Water Services in Madagascar*. United States AID, International Labour Organization Program, Cornell University, Amerika Serikat.
- Mody, J. 2004. *Achieving Accountability through Decentralization*. Policy Research Working Paper No. 3346. Agriculture and Rural Development Department. Washington District of Columbia: World Bank.
- Molle, F. 2002. *To Price or Not to Price? Thailand and the Stigmata of "Free Water."* Irrigation Water Policies: Micro and Macro Considerations Agadir, Morocco, 15-17 June, Food and Agriculture. (12 Juni 2007) [http://www.iwmi.cgiar.org/Assessment/files\\_new/publications/Workshop%20Papers/Agadir\\_2002\\_Molle.pdf](http://www.iwmi.cgiar.org/Assessment/files_new/publications/Workshop%20Papers/Agadir_2002_Molle.pdf)
- Monteiro, H. 2005. *Water Pricing Models: A Survey*. Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, Centro de Estudos sobre a Mudança Socioeconómica (DINÂMIA), Portugal. (13 September 2006) <http://dinamia.iscte/uploads/files/wp45-2005.pdf>
- Montginoul, M. 2004. *La structure de la tarification de l'eau potable et de l'assainissement en France*. Ecole Nationale du Genie de L'eau et de l'Environnement de Strasbourg. Strasbourg: Perancis. (1 Oktober 2006) [www-engees.u-strasbg.fr/fileadmin/user\\_upload/pdf/gsp/StructureP\\_VF.pdf](http://www-engees.u-strasbg.fr/fileadmin/user_upload/pdf/gsp/StructureP_VF.pdf)

- Moradi-Jalal, M., Haddad, O.B., Karney, B.W. & Mariño, M.A. 2007. Reservoir operation in assigning optimal multi-crop irrigation areas. *Agricultural Water Management* **90**. Hlm. 149-159.
- Mushtaq, S., Dawe, D. & Hafeez, M. 2007. Economic evaluation of small multi-purpose ponds in the Zhanghe irrigation system, China. *Agricultural Water Management* **91**. Hlm 61-70.
- Nagaraj, N. 1999. Institutional Management Regimes for Pricing of Irrigation Water: the French Model – Lessons for India. *Agricultural Systems*. **61**. Elsevier Sciences. Hlm. 191-205.
- Nauges, C., Reynaud, A. dan Thomas, A. 1998. Consommation Domestique d'Eau Potable et Tarification, *Recherches en Économie et Sociologies Rurale*. **5**, Décembre 1998, Institut National de la Recherche Agronomique, Perancis. (1 Oktober 2006) <http://sierm.eaurmc.fr/eau-potable/prix/index.php>
- Nontji, A. 1994. The Status of Limnology in Indonesia, *Mitteilungen International Vereiniging Limnologië* **24**. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Hlm. 95-113.
- Ortega, J.F., Juan, J.A. de & Tarjuelo, J.M. 2004. Evaluation of the Water Cost Effect on Water Resource Management: Application to Typical Crops in a Semiarid Region. *Agricultural Water Management* **66**. Elsevier Sciences. Hlm. 125-144.
- Pearce, D.W. 1993. *Economic Values and the Natural World*. Massachusset Institute of Technology Press.
- Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Gresik. 2007. *Data Perkembangan PDAM Kabupaten Gresik Tahun 2000 sampai dengan 2006 (Audit)*. Pemerintah Kabupaten Gresik. (tidak dipublikasikan)
- Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Surabaya. 2007. *Laporan Keuangan dan Kinerja 2005-2006*. (23 Juli 2007) <http://www.pdam-sby.co.id>
- Perum Jasa Tirta (PJT I). 2007. *Rencana Keuangan dan Operasional Perusahaan Review I Tahun 2007*. (tidak dipublikasikan)
- Qdais, H.A.A. & Nassay, H.I. Al. 2001. Effect of Pricing Policy on Water Conservation: a Case Study. *Water Policies* **3**. Elsevier Sciences. Hlm. 207–214.
- Rispiningtati. 2006. *Model Alokasi dan Nilai Air pada Sistem Sungai Multi Waduk*. Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Brawijaya. (tidak dipublikasikan)
- Rodgers, C. & Hellegers, P.J.G.J. 2005. *Water Pricing and Valuation in Indonesia: Case Study of the Brantas River Basin*. Environment & Technology Product Discussion Paper No. 114. International Food Policy Research Institute.
- Rogers, P., Silva, R. de & Bhatia, R. 2002. Water is an Economic Good: How to Use Prices to Promote Equity, Efficiency and Sustainability. *Water Policy* **4**. Elsevier Sciences. Hlm. 1–17.
- Sarwono, H.M. & Siswoyo, S.D. 2007. Pengembangan Pembangkit Listrik Mini/Mikro Hidro dan Pemberdayaan Masyarakat Pedesaan. *Jurnal HATHI* **1**. Hlm. 25-34.

- Shahbaz, M., Dawe, D., Hafeez, M. 2007. Economic Evaluation of Small Multi-purpose Ponds in the Zhanghe Irrigation System, China. *Agricultural Water Management* **91**. Elsevier Sciences. Hlm. 61-70.
- Shilling, J.D., Sirmans, C.F. & Benjamin, J.D. 1989. Flood insurance, wealth redistribution, and urban property values. *Journal of Urban Economics* **26**. Hlm. 43-53.
- Sunaryo, T.M, Subijanto, T.W. & Harnanto, A. 2004. *Pengelolaan Sumberdaya Air*. Malang: Bayumedia.
- Tenièrre-Buchot, P. F. 2004. *Water and Ethics: Financial Perspective*. UNESCO International Hydrological Programme.
- Tsur, Y. Roe, T., Doukkali, R. & Dinar, A. 2000. *Pricing Irrigation Water: Principles and Cases from Developing Countries*. Washington District of Columbia: Resources for the Future. Amerika Serikat. Hlm. 64-85.
- United Nations Statistics Division (UNSD). 2004. *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC)*. Revision No. 4. (22 April 2007) <http://www.eclac.cl/deype/noticias/noticias/0/13050/1Possiblestr.pdf>
- Varela-Ortega, C., Sumpsi, J.M., Garrido, A., Blanco, M. & Iglesias, E. 1998. Water Pricing Policies, Public Decision Making and Farmers' Response: Implications for Water Policy. *Agricultural Economics* **19**. Elsevier Sciences. Hlm. 193-202.
- Yakin, A. 2004. *Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan*. Jakarta: Akademika Pressindo, Indonesia.
- Yang, H., Zhang, X. & Zehnder, A.J.B. 2003. Water Scarcity, Pricing Mechanism and Institutional Reform in Northern China Irrigated Agriculture. *Agricultural Water Management* **61**. Elsevier Science, Belanda. Hlm. 143–161.
- Young, R.A. 2005. *Determining the Economic Value of Water: Concepts and Methods*. Washington District of Columbia: Resources for the Future. Amerika Serikat.
- Zekri, S. & Dinar, A. 2003. Welfare Consequences of Water Supply Alternatives in Rural Tunisia. *Agricultural Economics* **28**. Elsevier Sciences. Hlm. 1–12.

**Perhitungan Nilai Manfaat Irigasi - Metode Change in Net Income (CINI)**

Oleh Raymond Valiant (0421000098)

**Pra-Proyek (1972)**

No.	Variabel	Harga Satuan		Jumlah		Nilai
		Rp		Rp		Rp
1	Produksi GKG <sup>a)</sup>	Rp	29	5,220	Rp	149,629
2	Biaya Produksi				Rp	89,687
2.1	Saprodi <sup>2</sup>					
2.1.1	Benih	Rp	65	60	Rp	3,909
2.1.2	Pupuk				Rp	11,305
	Urea	Rp	26	328	Rp	8,373
	Pupuk Kandang	Rp	0	0	Rp	-
	TSP	Rp	39	75	Rp	2,932
	KCI	Rp	-	75	Rp	-
2.1.3	Insektisida	Rp	-	3.02	Rp	-
2.1.4	Herbisida	Rp	-	0.21	Rp	-
2.2	Tenaga Kerja (dalam satuan: HOK) <sup>b)</sup>					
2.2.1	Persiapan lahan	Rp	261	17.5	Rp	4,560
2.2.2	Pesemaian	Rp	261	4.0	Rp	1,042
2.2.3	Aplikasi herbisida	Rp	261	12.0	Rp	3,127
2.2.4	Penanaman	Rp	261	26.0	Rp	6,775
2.2.5	Pemupukan	Rp	261	79.0	Rp	20,586
2.2.6	Penyiangan	Rp	261	30.0	Rp	7,818
2.2.7	Pemanenan	Rp	261	37.5	Rp	9,772
2.3	Biaya Lain <sup>a)</sup>					
2.3.1	Sewa alsintan	Rp	287	1	Rp	287
2.3.2	Sewa hewan	Rp	782	1	Rp	782
2.3.3	Iuran HIPPA	Rp	1,173	1	Rp	1,173
2.3.4	Pemeliharaan alat/sarana	Rp	521	1	Rp	521
2.3.5	Biaya pengangkutan	Rp	3,909	1	Rp	3,909
2.3.6	Sewa lahan	Rp	-	1	Rp	-
2.3.7	Pajak lain-lain	Rp	1,954	1	Rp	1,954
2.3.8	Biaya tak terduga	Rp	863	1	Rp	863
3	Pendapatan bersih				Rp	59,942
4	<b>Pendapatan bersih (Rp/kg GKG)</b>				<b>Rp</b>	<b>12</b>

**Pasca-Proyek (2006)**

No.	Variabel	Harga Satuan		Jumlah		Nilai
		Rp		Rp		Rp
1	Produksi GKG <sup>a)</sup>	Rp	2,700	5,220	Rp	14,094,000
2	Biaya Produksi				Rp	5,020,714
2.1	Saprodi <sup>2</sup>					
2.1.1	Benih	Rp	3,000	60	Rp	180,000
2.1.2	Pupuk					
	Urea	Rp	1,200	328	Rp	393,444
	Pupuk Kandang	Rp	20	0	Rp	-
	TSP	Rp	1,550	75	Rp	116,250
	KCI	Rp	1,750	75	Rp	131,250
2.1.3	Insektisida	Rp	56,000	3.02	Rp	169,120
2.1.4	Herbisida	Rp	40,000	0.21	Rp	8,400
2.2	Tenaga Kerja (dalam satuan: HOK) <sup>b)</sup>					
2.2.1	Persiapan lahan	Rp	15,000	17.5	Rp	262,500
2.2.2	Pesemaian	Rp	15,000	4.0	Rp	60,000
2.2.3	Aplikasi herbisida	Rp	15,000	12.0	Rp	180,000
2.2.4	Penanaman	Rp	15,000	26.0	Rp	390,000
2.2.5	Pemupukan	Rp	15,000	79.0	Rp	1,185,000
2.2.6	Penyiangan	Rp	15,000	30.0	Rp	450,000
2.2.7	Pemanenan	Rp	15,000	37.5	Rp	562,500
2.3	Biaya Lain <sup>a)</sup>					
2.3.1	Sewa alsintan (mesin)	Rp	12,500	34	Rp	425,000
2.3.2	Sewa hewan	Rp	35,000	1	Rp	35,000
2.3.3	Beban pengairan + iuran HIPPA	Rp	50,000	1	Rp	50,000
2.3.4	Pemeliharaan alat/sarana	Rp	25,000	1	Rp	25,000
2.3.5	Biaya pengangkutan	Rp	250,000	1	Rp	250,000
2.3.6	Sewa lahan	Rp	-	1	Rp	-
2.3.7	Pajak lain-lain	Rp	100,000	1	Rp	100,000
2.3.8	Biaya tak terduga	Rp	47,250	1	Rp	47,250
3	Pendapatan bersih				Rp	9,073,286
4	<b>Pendapatan bersih (Rp/kg GKG)</b>				<b>Rp</b>	<b>1,748</b>

Sumber data:

- Struktur Ongkos Usahatani Padi dan Palawija 1998/1999, Biro Pusat Statistik
- Buletin Teknologi dan Informasi Pertanian, Vol. 3, No.1, 2000, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian

**Perhitungan Nilai Manfaat Irigasi - Metode Change in Net Income (CINI)**

Oleh Raymond Valiant (0421000098)

**Pra-Proyek (1972)**

No.	Daerah Irigasi	Baku Sawah ha	Intensitas Tanam	Luas Panen ha	Produktivitas GKG kg/ha	Nilai Produksi Rp
1	Brantas Atas - Brantas Bawah	1,515	89%	1,348	3,540 Rp	55,883,276
2	Molek	4,275	89%	3,805	3,540 Rp	157,690,432
3	Lodagung	-	82%	-	3,540 Rp	-
4	Mrican Kanan	9,305	87%	8,095	3,280 Rp	310,874,736
5	Mrican Kiri	12,819	87%	11,153	3,170 Rp	413,912,572
6	Brantas Kiri Kediri	-	80%	-	3,280 Rp	-
7	Jatimlerek	791	83%	657	2,810 Rp	21,599,159
8	Bunder I	270	83%	224	2,810 Rp	7,372,659
9	Bunder II	-	83%	-	2,810 Rp	-
10	Menturus	909	85%	773	2,810 Rp	25,419,388
11	Jatikulon	644	92%	592	3,150 Rp	21,850,441
12	Delta Brantas	32,360	80%	25,888	3,520 Rp	1,066,883,796
13	Surabaya	6,729	91%	6,123	2,550 Rp	182,813,413
14	Bening	-	87%	-	3,170 Rp	-
15	Konto	-	83%	-	2,810 Rp	-
<b>Total</b>		<b>69,617</b>	<b>84%</b>	<b>58,658</b>	<b>3,119 Rp</b>	<b>2,264,299,872</b>

Sumber data:

Report on the Brantas River Basin Development, 1972, Nippon Koei Co. Ltd., Overseas Technical Cooperation Agency

**Pasca-Proyek (2006)**

No.	Daerah Irigasi	Baku Sawah ha	Intensitas Tanam	Luas Panen ha	Produktivitas GKG kg/ha	Nilai Produksi Rp
1	Brantas Atas	1,222	230%	2,811	5,572 Rp	27,371,017,112
2	Brantas Bawah	1,901	194%	3,688	5,572 Rp	35,914,989,272
3	Molek	3,984	207%	8,247	5,572 Rp	80,312,208,638
4	Lodagung	12,232	234%	28,623	5,572 Rp	278,743,804,977
5	Mrican Kiri	12,546	206%	25,845	5,679 Rp	256,522,319,825
6	Mrican Kanan	16,334	245%	40,018	5,659 Rp	395,803,031,364
7	Brantas Kiri Kediri	534	184%	983	5,659 Rp	9,718,059,650
8	Bunder I	159	189%	301	5,528 Rp	2,903,405,862
9	Bunder II	175	271%	474	5,528 Rp	4,582,011,348
10	Jatimlerek	1,716	243%	4,170	5,528 Rp	40,287,691,046
11	Menturus	3,392	144%	4,884	5,528 Rp	47,191,866,711
12	Jatikulon	619	196%	1,213	5,627 Rp	11,931,757,605
13	Delta Brantas	27,762	188%	52,193	5,488 Rp	500,614,573,547
14	Surabaya	955	110%	1,051	5,488 Rp	10,076,064,663
15	Mas	619	160%	992	5,488 Rp	9,516,862,331
16	K. Konto	7,541	160%	12,066	5,528 Rp	116,572,938,570
17	Widas	9,000	160%	14,400	5,679 Rp	142,927,286,052
<b>Total</b>		<b>100,691</b>	<b>201%</b>	<b>201,957</b>	<b>5,570 Rp</b>	<b>1,970,989,888,572</b>

Sumber data:

Surabaya River Pollution Control and Action Plan, 1998, Binnie and Partners, Surabaya Urban Development Plan DPU (2006), Volume IV Supporting Report VI, Annex 9 hlm. 3-14

**Ringkasan Hasil**

1	Nilai Manfaat Air Pra-Proyek (1972)	Rp	2,264,000,000
	Nilai Kini Pra-Proyek (2006)	Rp	147,363,000,000
2	Nilai Manfaat Air Pasca-Proyek (2006)	Rp	1,970,990,000,000
3	<b>Residu Manfaat (per-tahun)</b>	<b>Rp</b>	<b>1,823,627,000,000</b>

## Perhitungan Nilai Manfaat untuk Pembangkitan Energi

Oleh: Raymond Valiant (0421000098)

### Metode biaya alternatif untuk pembangkit tipe termal 800 MW (Uap)

#### Masukan proses:

1	Daya terpasang	800,000 kW	
2	Engineering Procuring Cost (EPC) <sup>a)</sup>	900 US\$/kW	
	Unit biaya konstruksi (basis tahun 2000)		
1.1	Unit biaya konstruksi (US\$/kW)	900	
1.2	Unit biaya konstruksi + indirect costs (US\$/kW)	1,008	
3	Biaya OP (dalam % terhadap biaya konstruksi)	1.4%	
4	Usia ekonomis pembangkit <sup>b)</sup>	25 tahun	
5	Faktor diskon <sup>c)</sup>	12%	
6	Faktor kapasitas produksi netto <sup>d)</sup>	81%	
7	Faktor pengembalian investasi	10%	
8	Komponen efisiensi dalam operasi pembangkit	PLTA	PLTU
8.1	Station usage	0.3%	7.0%
8.2	Kehilangan dalam transmisi	5.0%	1.4%
8.3	Forced outage	0.5%	8.0%
8.4	Scheduled outage	2.0%	12.0%
9	Nilai kalor <sup>e)</sup>	4,800 kcal/kg	
10	Konsumsi panas rerata <sup>f)</sup>	1,369 kcal/kWh	
11	Biaya bahan bakar <sup>g)</sup>	49 US\$/ton	
12	Nilai tukar Rp terhadap US\$ <sup>h)</sup>	9,163	

#### Perhitungan Komponen Biaya Pembangkit

1	Faktor penyusutan ( <i>capital recovery factor</i> )	0.110
	Nilai kapasitas	139 US\$/kW
2	Biaya konstruksi	916,363,636 US\$
3	Jumlah pembangkitan netto (tiap tahun)	5,673,676,800 kWh
4	Biaya O&P	0.002 US\$/kWh

#### Perhitungan Biaya Pembangkitan Energi

1	Energy Adjustment Factor (EAF)		
1.0	Kilo-Watt Value Adjustment	0.997	0.930
		0.950	0.986
		0.995	0.920
		0.980	0.880
1.1	Kilo-Watt Value Adjustment (AF-1)	1.244	
1.2	Kilo-Watt-hour Value Adjustment (AF-2)	1.033	
2	Kebutuhan bahan bakar	\$ 0.29 US\$/kWh	
3	Biaya bahan bakar	\$ 0.01 US\$/kWh	
4	Total biaya	\$ 0.02 US\$/kWh	
5	Nilai energi hasil pembangkitan	\$ 0.02 US\$/kWh	
6	Nilai energi hasil pembangkitan tanpa EPC	Rp 153.8 Rp/kWh	

#### Catatan:

- EPC mencakup harga pengadaan fasilitas pembangkit, tidak termasuk pengadaan tanah dan biaya rekayasa
- Usia ekonomis pembangkit diperkirakan dari WREFR-CIP (2006) Volume IV Supporting Report VI Annex 9
- Faktor diskon dianggap seragam sesuai DPU IV (1998)
- Kapasitas produksi netto diasumsikan sebagai efisiensi energi yang terpakai membangkitkan daya listrik
- Nilai kalor disesuaikan jenis batubara lignite
- Konsumsi panas rerata berkaitan dengan proses kombusi (pembakaran bahan bakar) dan bahang yang direncanakan
- Harga bahan bakar disesuaikan data komoditi rerata 2006 dari World Bank (pinksheets)

**Perhitungan Nilai Manfaat Air untuk Sektor Industri (Gula)**

Oleh: Raymond Valiant (0421000098)

**Jenis Olahan: Tebu Rakyat**

No.	Variabel	Satuan	Harga Satuan Rp	Jumlah	Nilai Rp
1	Produksi gula <sup>a)</sup>				<b>Rp 356,146</b>
	Rendemen	6.79%	ton		
	Superiure hoofd suiker (SHS) - GKP [ x 1,0033] <sup>b)</sup>		kg	Rp 5,225	68.2 Rp 356,146
2	Biaya Produksi				<b>Rp 240,114</b>
2.1	Bahan Baku Tebu		ton	Rp 235,300	1 Rp 235,300
2.2	Bahan Kimia Pendukung Produksi <sup>b)</sup>				Rp 2,853
	2.2.1 Kapur pabikasi		ton	Rp 400,000	0.002 Rp 758
	2.2.2 Belerang u/ NM		kg	Rp 2,500	0.272 Rp 680
	2.2.3 Belerang u/ NP		kg	Rp 2,500	0.167 Rp 418
	2.2.4 Flokulan		kg	Rp 30,000	0.003 Rp 85
	2.2.5 NaOH padat u/ BP		kg	Rp 12,500	0.045 Rp 567
	2.2.6 NaOH padat u/ Ketel		kg	Rp 12,500	0.011 Rp 134
	2.2.7 Kalgen (katalisator)		kg	Rp 50,000	0.001 Rp 57
	2.2.8 Oxynon (katalisator)		kg	Rp 50,000	0.001 Rp 30
	2.2.9 Asam fosfat cair		kg	Rp 1,500	0.082 Rp 123
2.3	Bahan bakar				561
	<b>Asumsi</b>				
	2.3.1 Kebutuhan energi ketel uap (evaporator) <sup>d)</sup>		kcal/jam		7,670,200 Data
	Kapasitas produksi nira <sup>d)</sup>		kg/jam		91,670 Data
	Tebu yang diolah untuk nira		kg/jam		132,192
			ton/jam		132
	Kebutuhan energi utk tiap ton tebu		kcal/ton		58,023
	2.3.2 Pembakaran ampas				
	Prosentase ampas <sup>e)</sup>				31% Data
	Sisa ampas		ton		41
	Nilai bakar ampas		kcal/kg		1,748
	Hasil energi		kcal		70,829,328
	Ketercukupan energi				Mencukupi tidak perlu tambahan
	2.3.3 Pembakaran minyak				bahan bakar pada proses ketel
	Penambahan energi				0%
	Nilai bakar minyak		kcal/kg		4,800
	Konsumsi minyak bakar		kg		0
	2.3.4 Kebutuhan listrik untuk <i>spinner</i> & ayakan		kW-jam		1,400
	Kapasitas <i>spinner</i> dan ayakan		ton/jam		3.25
	Biaya listrik		Rp/ton	Rp 659	431 Rp 284
	2.3.5 Kebutuhan bahan bakar untuk diesel				
	penggerak penggiling, 380 PK		liter/jam		35
	Kapasitas penggiling		ton/jam		8.00
	Beban bahan bakar		ton/liter		0.23
	Biaya bahan bakar		liter/kg-gula	Rp 4,300	0.06 Rp 277
2.4	Biaya lain-lain				Rp 1,400
	2.4.1 Biaya pengangkutan tebu (tarik lori)		kuintal	10 Rp	140 Rp 1,400
	2.4.2 Biaya pemeliharaan alat		kuintal		Rp -
3	Pendapatan bersih				Rp 116,032
4	Biaya produksi (Rp/kg)				<b>Rp 3,523</b>
5	Pendapatan bersih (Rp/kg gula)				<b>Rp 1,702</b>

**Catatan**

- Pelelangan oleh PTP Nusantara X dan Asosiasi Distributor Gula Indonesia (ADGI), lelang September 2007
- Survei ke distributor bahan kimia di Surabaya dan Malang, Agustus 2007
- Produksi gula hablur dikalikan faktor [1,0033] untuk menjadi SHS  
Produksi gula hablur diperoleh dari perkalian rerata rendemen 14 Pabrik Gula sejak 2002 sampai 2006
- Kebutuhan energi ketel untuk 4 unit tipe Bomastork, tahun pembuatan 1972 kapasitas produksi total 1.700 ton hablur gula/hari
- Prosentase ampas adalah rerata rendemen ketel untuk 11 Pabrik Gula sejak 2002 sampai 2006

## Perhitungan Nilai Manfaat untuk Pembangkitan Energi

Oleh: Raymond Valiant (0421000098)

### Metode biaya alternatif untuk pembangkit tipe termal 800 MW (Uap)

#### Masukan proses:

1	Daya terpasang	800,000 kW	
2	Engineering Procuring Cost (EPC) <sup>a)</sup>	900 US\$/kW	
	Unit biaya konstruksi (basis tahun 2000)		
1.1	Unit biaya konstruksi (US\$/kW)	900	
1.2	Unit biaya konstruksi + indirect costs (US\$/kW)	1,008	
3	Biaya OP (dalam % terhadap biaya konstruksi)	1.4%	
4	Usia ekonomis pembangkit <sup>b)</sup>	25 tahun	
5	Faktor diskon <sup>c)</sup>	12%	
6	Faktor kapasitas produksi netto <sup>d)</sup>	81%	
7	Faktor pengembalian investasi	10%	
8	Komponen efisiensi dalam operasi pembangkit	PLTA	PLTU
8.1	Station usage	0.3%	7.0%
8.2	Kehilangan dalam transmisi	5.0%	1.4%
8.3	Forced outage	0.5%	8.0%
8.4	Scheduled outage	2.0%	12.0%
9	Nilai kalor <sup>e)</sup>	4,800 kcal/kg	
10	Konsumsi panas rerata <sup>f)</sup>	1,369 kcal/kWh	
11	Biaya bahan bakar <sup>g)</sup>	49 US\$/ton	
12	Nilai tukar Rp terhadap US\$ <sup>h)</sup>	9,163	

#### Perhitungan Komponen Biaya Pembangkit

1	Faktor penyusutan ( <i>capital recovery factor</i> )	0.110
	Nilai kapasitas	139 US\$/kWh
2	Biaya konstruksi	916,363,636 US\$
3	Jumlah pembangkitan netto (tiap tahun)	5,673,676,800 kWh
4	Biaya O&P	0.002 US\$/kWh

#### Perhitungan Biaya Pembangkitan Energi

1	Energy Adjustment Factor (EAF)		
1.0	Kilo-Watt Value Adjustment	0.997	0.930
		0.950	0.986
		0.995	0.920
		0.980	0.880
1.1	Kilo-Watt Value Adjustment (AF-1)	1.244	
1.2	Kilo-Watt-hour Value Adjustment (AF-2)	1.033	
2	Kebutuhan bahan bakar	\$ 0.29 US\$/kWh	
3	Biaya bahan bakar	\$ 0.01 US\$/kWh	
4	Total biaya	\$ 0.02 US\$/kWh	
5	Nilai energi hasil pembangkitan	\$ 0.02 US\$/kWh	
6	Nilai energi hasil pembangkitan tanpa EPC	Rp 153.8 Rp/kWh	

#### Catatan:

- EPC mencakup harga pengadaan fasilitas pembangkit, tidak termasuk pengadaan tanah dan biaya rekayasa
- Usia ekonomis pembangkit diperkirakan dari WREFR-CIP (2006) Volume IV Supporting Report VI Annex 9
- Faktor diskon dianggap seragam sesuai DPU IV (1998)
- Kapasitas produksi netto diasumsikan sebagai efisiensi energi yang terpakai membangkitkan daya listrik
- Nilai kalor disesuaikan jenis batubara lignite
- Konsumsi panas rerata berkaitan dengan proses kombusi (pembakaran bahan bakar) dan bahang yang direncanakan
- Harga bahan bakar disesuaikan data komoditi rerata 2006 dari World Bank (pinksheets)

**Perhitungan Nilai Manfaat Air untuk Sektor Industri (Gula)**

Oleh: Raymond Valiant (0421000098)

**Jenis Olahan: Tebu Sendiri**

No.	Variabel	Satuan	Harga Satuan		Jumlah		Nilai
			Rp		Rp		Rp
1	Produksi gula <sup>a)</sup>						<b>Rp 372,756</b>
	Rendemen	7.72%	ton				
	Superiure hoofd suiker (SHS) - GKP [ x 1,0033] <sup>a)</sup>		kg	Rp 4,813	77.4	Rp	372,756
2	Biaya Produksi						<b>Rp 191,546</b>
2.1	Bahan Baku Tebu		ton	Rp 175,000	1	Rp	175,000
2.2	Bahan Kimia Pendukung Produksi <sup>b)</sup>						<b>Rp 2,853</b>
	2.2.1 Kapur pabikasi		ton	Rp 400,000	0.002	Rp	758
	2.2.2 Belerang u/ NM		kg	Rp 2,500	0.272	Rp	680
	2.2.3 Belerang u/ NP		kg	Rp 2,500	0.167	Rp	418
	2.2.4 Flokulan		kg	Rp 30,000	0.003	Rp	85
	2.2.5 NaOH padat u/ BP		kg	Rp 12,500	0.045	Rp	567
	2.2.6 NaOH padat u/ Ketel		kg	Rp 12,500	0.011	Rp	134
	2.2.7 Kalgen (katalisator)		kg	Rp 50,000	0.001	Rp	57
	2.2.8 Oxynon (katalisator)		kg	Rp 50,000	0.001	Rp	30
	2.2.9 Asam Fosfat Cair		kg	Rp 1,500	0.082	Rp	123
2.3	Bahan bakar						<b>528</b>
	<u>Asumsi</u>						
	Kebutuhan energi ketel uap (evaporator) <sup>d)</sup>		kcal/jam		7,670,200	Data	
	Kapasitas produksi nira <sup>d)</sup>		kg/jam		91,670	Data	
	Tebu yang diolah untuk nira		kg/jam		132,192		
			ton/jam		132		
	Kebutuhan energi utk tiap ton tebu		kcal/ton		58,023		
2.3.1	Pembakaran ampas						
	Prosentase ampas <sup>e)</sup>					31%	Data
	Sisa ampas		ton		41		
	Nilai bakar ampas		kcal/kg		1,748		
	Hasil energi		kcal		70,829,328		
	Ketercukupan energi						Mencukupi tidak perlu tambahan
2.3.3	Pembakaran minyak						bahan bakar pada proses ketel
	Penambahan energi					0%	
	Nilai bakar minyak		kcal/kg		4,800		
	Konsumsi minyak bakar		kg		0		
2.3.4	Kebutuhan listrik untuk <i>spinner</i> & ayakan		kW-jam		1,400		
	Kapasitas <i>spinner</i> dan ayakan		ton/jam		3.25		
	Biaya listrik		Rp/ton	Rp 659	431	Rp	284
2.3.5	Kebutuhan bahan bakar untuk diesel						
	penggerak penggiling, 380 PK		liter/jam		35		
	Kapasitas penggiling		ton/jam		8.00		
	Beban bahan bakar		ton/liter		0.23		
	Biaya bahan bakar		liter/kg-gula	Rp 4,300	0.06	Rp	244
2.4	Biaya lain-lain						<b>Rp 13,165</b>
	2.4.1 Biaya pengangkutan tebu (tarik lori)		kuintal	10 Rp	140	Rp	1,400
	2.4.2 Biaya pemeliharaan alat		kuintal	5% Rp	235,300	Rp	11,765
3	Pendapatan bersih						<b>Rp 181,210</b>
4	Biaya produksi (Rp/kg)						<b>Rp 2,473</b>
5	Pendapatan bersih (Rp/kg gula)						<b>Rp 2,340</b>

**Catatan**

- Pelelangan oleh PTP Nusantara X dan Asosiasi Distributor Gula Indonesia (ADGI), lelang September 2007
- Survei ke distributor bahan kimia di Surabaya dan Malang, Agustus 2007
- Produksi gula hablur dikalikan faktor [1,0033] untuk menjadi SHS  
Produksi gula hablur diperoleh dari perkalian rerata rendemen 14 Pabrik Gula sejak 2002 sampai 2006
- Kebutuhan energi ketel untuk 4 unit tipe Bomastork, tahun pembuatan 1972 kapasitas produksi total 1.700 ton hablur gula/hari
- Prosentase ampas adalah rerata rendemen ketel untuk 11 Pabrik Gula sejak 2002 sampai 2006

**Perhitungan Nilai Manfaat Air untuk Sektor Industri (Non Gula)**

Oleh: Raymond Valiant (0421000098)

Kode ISIC	Deskripsi	Input Industri di Jawa Timur a)	Output Industri di Jawa Timur b)	Laba Industri di Jawa Timur	Laba Sektorial per-Industri di Jawa Timur	Jumlah Industri di Brantas	Laba Sektorial di DAS Brantas
Kelompok [01]	Pertanian & peternakan			Rp 75,000,000	Rp 75,000,000	11	Rp 825,000,000
Kelompok [02]	Perhutanan			Rp 100,000,000	Rp 100,000,000	1	Rp 100,000,000
Kelompok [03]	Perikanan			Rp 50,000,000	Rp 50,000,000	1	Rp 50,000,000
Kelompok [10]	Produk makanan <sup>9)</sup>	20,513,079,235,000	Rp 29,121,588,682,000	Rp 8,608,509,447,000	Rp 6,279,000,326	26	Rp 163,254,008,477
Kelompok [11]	Produk minuman			Rp 500,000,000	Rp 500,000,000	1	Rp 500,000,000
Kelompok [13]	Tekstil	9,611,440,895,000	Rp 40,759,999,432,000	Rp 31,148,558,537,000	Rp 86,284,095,670	3	Rp 258,852,287,011
Kelompok [15]	Kulit & penyamakan	1,831,967,649,000	Rp 2,681,792,990,000	Rp 849,825,341,000	Rp 3,711,027,690	1	Rp 3,711,027,690
Kelompok [16]	Produk olahan kayu	2,206,425,556,000	Rp 3,519,667,417,000	Rp 1,313,241,861,000	Rp 4,624,091,060	1	Rp 4,624,091,060
Kelompok [17]	Kertas dan karton	9,312,629,922,000	Rp 13,280,844,647,000	Rp 3,968,214,725,000	Rp 40,491,986,990	12	Rp 485,903,843,878
Kelompok [20] & [21]	Kimia dan obat-obatan	9,129,908,248,000	Rp 13,810,677,792,000	Rp 4,680,769,544,000	Rp 20,529,690,982	8	Rp 164,237,527,860
Kelompok [23]	Manufaktur non-metal	5,539,474,483,000	Rp 8,807,461,703,000	Rp 3,267,987,220,000	Rp 11,268,921,448	14	Rp 157,764,900,276
Kelompok [24]	Manufaktur metal	929,727,005,000	Rp 1,420,241,024,000	Rp 490,514,019,000	Rp 8,605,509,105	7	Rp 60,238,563,737
Kelompok [25]	Manufaktur olahan metal	8,561,049,209,000	Rp 10,913,044,318,000	Rp 2,351,995,109,000	Rp 37,333,255,698	2	Rp 74,666,511,397
Kelompok [27]	Manufaktur kelistrikan					0	Rp -
Kelompok [29]	Manufaktur kendaraan	774,832,932,000	Rp 1,625,989,000,000	Rp 851,156,068,000	Rp 17,370,532,000	1	Rp 17,370,532,000
Kelompok [34]	Energi, bahan bakar, migas	87,191,840,000	Rp 176,998,530,000	Rp 89,806,690,000	Rp 5,987,112,667	1	Rp 5,987,112,667
Kelompok [35]	Pengolahan air bersih						
Kelompok [51]	Akomodasi & perhotelan <sup>9)</sup>	357,664,320,000	Rp 596,107,200,000	Rp 238,442,880,000	Rp 153,240,925	1	Rp 153,240,925
Kelompok [52]	Rumah makan			Rp -		0	Rp -
Kelompok [62]	Utilitas perumahan						Rp 501,627,321
Kelompok [81]	Wisata			Rp 150,000,000	Rp 150,000,000	1	Rp 150,000,000
Kelompok [83]	Fasilitas olahraga			Rp 100,000,000	Rp 100,000,000	2	Rp 200,000,000
Kelompok [86]	Lain-lain (cuci mobil)			Rp 60,000,000	Rp 60,000,000	9	Rp 540,000,000
Tanpa kelompok						0	Rp -

**Sumber Data:**

- a) Tabel 7.1.4 "Biaya Input Perusahaan Besar dan Sedang Menurut Sub-sektor Industri" *Jawa Timur Dalam Angka 2006*, BPS Jawa Timur, hlm. 266  
 b) Tabel 7.1.5 "Nilai Output Perusahaan Besar dan Sedang Menurut Sub-sektor Industri" *Jawa Timur Dalam Angka 2006*, BPS Jawa Timur, hlm. 267  
 d) Dikecualikan industri gula sebanyak 12 pabrik yang telah diolah tersendiri  
 e) Dihitung dari Tabel 9.3.7 "Malam Kamar Terpakai Menurut Jenis Hotel" dan Tabel 9.3.3 "Akomodasi Hotel 2003-2005" *Jawa Timur Dalam Angka 2006*, BPS Jawa Timur, hlm. 327 dan 331

#### Perhitungan Nilai Manfaat Air untuk Pengendalian Banjir

Oleh: Raymond Valiant (0421000098)

#### Kerugian Akibat Banjir pada Permukiman

##### Struktur Generik dari Harga Benda Kepemilikan

No.	Jenis	Ukuran	Spesifikasi	Nilai Finansial <sup>a)</sup>	Koreksi	Nilai Ekonomis
1	Rumah tempat tinggal perkotaan <sup>b)</sup>	45	m <sup>2</sup> Permanen	Rp 45,000,000	111%	Rp 49,920,000
	Rumah tempat tinggal pedesaan	45	m <sup>2</sup> Permanen	Rp 33,750,000	111%	Rp 37,440,000
2	Toko (dengan isi)					
2.1	Toko kecil	45	m <sup>2</sup> Permanen	Rp 56,250,000	111%	Rp 62,400,000
2.2	Warung <sup>c)</sup>	30	m <sup>2</sup> Semi Permanen	Rp 22,500,000	99.6%	Rp 22,400,000
2.3	Bedak <sup>c)</sup>	12	m <sup>2</sup> Semi Permanen	Rp 6,000,000	99.6%	Rp 5,970,000
3	Gudang (tanpa isi) <sup>d)</sup>					
3.1	Kecil	80	m <sup>2</sup> Permanen	Rp 80,000,000	107%	Rp 85,660,000
3.2	Sedang	120	m <sup>2</sup> Permanen	Rp 180,000,000	107%	Rp 192,740,000
3.3	Besar	200	m <sup>2</sup> Permanen	Rp 350,000,000	107%	Rp 374,770,000
4	Gedung pertemuan <sup>d)</sup>	200	m <sup>2</sup> Sederhana	Rp 250,000,000	107%	Rp 267,690,000
5	Kantor <sup>d)</sup>	150	m <sup>2</sup> Sederhana	Rp 187,500,000	111%	Rp 207,430,000
6	Mobil 4 roda, 1.800 cc, bensin <sup>e)</sup>	1	unit Bekas	Rp 50,000,000	95%	Rp 47,590,000
7	Sepeda motor, 4 tak, 125 cc, bensin <sup>e)</sup>	1	unit Bekas	Rp 7,000,000	95%	Rp 6,660,000
8	Jalan <sup>f)</sup>	1	km Kelas II Provinsi	Rp 390,500,000	117%	Rp 456,000,000
9	Jembatan sederhana	60	m <sup>2</sup> Pelat beton	Rp 550,000,000	123%	Rp 676,050,000
10	Jembatan menengah	80	m <sup>2</sup> Pelat beton	Rp 650,000,000	123%	Rp 798,970,000
11	Mercu bendung	15	m Pasangan batu	Rp 500,000,000	113%	Rp 566,410,000

##### Keterangan

- Harga finansial diambil dari survei nilai jual pajak obyektif (NJOP) tahun 2004 di 3 Kabupaten di DAS Kali Brantas: Malang, Mojokerto dan Sidoarjo
- Usia ekonomis bangunan rumah (dianggap permanen) adalah 20 tahun
- Usia ekonomis bangunan warung (dianggap semi permanen) adalah 10 tahun
- Usia ekonomis gudang atau kantor (dianggap permanen) adalah 15 tahun
- Faktor koreksi untuk kendaraan bekas ditetapkan dari perbandingan IHK dan asumsi penurunan nilai sebesar 12% per-tahun
- Faktor koreksi untuk jalan ditetapkan dari perbandingan IHK dan asumsi perkerasan ulang terjadi tiap 5 tahun sekali

##### Struktur Generik dari Barang-barang Rumah Tangga

No.	Jenis	Ukuran	Spesifikasi	Nilai Finansial <sup>a)</sup>	Koreksi	Nilai Ekonomis
1	Almari rumah tangga <sup>b)</sup>	2	unit Kayu	Rp 2,000,000	99.6%	Rp 1,991,000
2	Tempat tidur <sup>b)</sup>	3	unit Kayu	Rp 2,250,000	99.6%	Rp 2,240,000
3	Kursi dan meja tamu <sup>b)</sup>	1	unit Kayu dan kaca	Rp 1,000,000	99.6%	Rp 996,000
4	Peralatan elektronika <sup>c)</sup>					
2.1	Televisi <sup>d)</sup>	1	unit 17" berwarna	Rp 1,100,000	79%	Rp 865,000
2.2	Radio atau tape recorder <sup>d)</sup>	1	unit	Rp 400,000	79%	Rp 315,000
2.3	Seterika dan lain-lain	1	LS	Rp 300,000	79%	Rp 236,000
5	Kompas	2	unit Minyak tanah	Rp 200,000	69%	Rp 138,000
6	Peralatan masak dan makan	1	LS	Rp 500,000	69%	Rp 346,000
7	Pakaian, buku dan lain-lain	1	LS	Rp 1,500,000	69%	Rp 1,037,000
						<b>Rp 8,164,000</b>

##### Keterangan

- Harga finansial diambil dari survei nilai tahun 2004 di 3 Kabupaten di DAS Kali Brantas: Malang, Mojokerto dan Sidoarjo
- Usia ekonomis peralatan kayu adalah 10 tahun
- Usia ekonomis peralatan elektronika adalah 5 tahun
- Survei harga di Kota Surabaya, Juli 2007 dan Kota Malang, Agustus 2007

##### Estimasi Tingkat Kerusakan

Benda	Kondisi	Laju Kerusakan	Keterangan
Rumah, peralatan rumah tangga, toko, warung dan bedak	Hanyut	100%	
	Rusak berat	80%	
	Tergenang > 6 jam	45%	
	Tergenang < 6 jam	20%	
Sawah	Tergenang < 6 jam	75%	
	Tergenang > 6 jam	40%	
Ladang	Tergenang	75%	
Prasarana (jembatan, mercu, jalan)	Tergenang	10%	
	Rusak sedang		Sesuai biaya rehabilitasi
	Rusak berat/hanyut	100%	

**Perhitungan Nilai Manfaat Air untuk Pengendalian Banjir**

Oleh: Raymond Valiant (0421000098)

**Kerugian pada Transportasi akibat Banjir****Kali Konto**

No.	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Biaya perjalanan			
1.1	Arus lalu lintas rerata			
	Kab. Malang ke Kandangan	15,569	Satuan Mobil Penumpang	DLLAJ Kab. Malang (2005) <sup>a)</sup>
1.2	Jalur alternatif	50	km	
1.3	Kecepatan rerata	40	km/jam	
1.4	Waktu tempuh tambahan	75	menit	
1.5	Tambahan bahan bakar	7.1	liter	Asumsi nisbah=1:7 Kendaraan 1.800 cc
2	PDRB Kab. Malang <sup>b)</sup>	Rp 12,242,000	per-kapita/tahun	
		Rp 1,397	per-kapita/jam kerja	
3	Kerugian			
3.1	Akibat kehilangan waktu	Rp 108,787,499		Penumpang dianggap 4 org/per-kendaraan
3.2	Penambahan bahan bakar	Rp 478,190,714		
4	Jumlah	<b>Rp 586,978,213</b>		

**Catatan:**

- a) DPU, 2005, *Report on Engineering Studies for the Brantas River and the Bengawan Solo River Basins*, Supporting Report IV Annex 9, hlm. 3.37  
b) DPU, 2006, *Penyusunan Pola Pengelolaan Sumberdaya Air Wilayah Sungai Kali Brantas*, Laporan Akhir, hlm. III-7

**Kali Brantas**

No.	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Biaya perjalanan			
1.1	Arus lalu lintas rerata			
	Mojokerto ke Surabaya	32,500	Satuan Mobil Penumpang	DLLAJ Kab. Sidoarjo (2005) <sup>a)</sup>
1.2	Jalur alternatif	55	km	
1.3	Kecepatan rerata	40	km/jam	
1.4	Waktu tempuh tambahan	82.5	menit	
1.5	Tambahan bahan bakar	7.9	liter	Asumsi nisbah=1:7 Kendaraan 1.800 cc
2	PDRB Kab. Sidoarjo/Kota Surabaya <sup>b)</sup>	Rp 16,569,000	per-kapita/tahun	
		Rp 1,891	per-kapita/jam kerja	
3	Kerugian			
3.1	Akibat kehilangan waktu	Rp 338,094,606		Penumpang dianggap 4 orang/per-kendaraan
3.2	Penambahan bahan bakar	Rp 1,098,035,714		
4	Jumlah	<b>Rp 1,436,130,320</b>		

**Catatan:**

- a) DPU, 2005, *Report on Engineering Studies for the Brantas River and the Bengawan Solo River Basins*, Supporting Report IV Annex 9, hlm. 3.37  
b) DPU, 2006, *Penyusunan Pola Pengelolaan Sumberdaya Air Wilayah Sungai Kali Brantas*, Laporan Akhir, hlm. III-7

**Perhitungan Nilai Manfaat Air oleh Pengendalian Banjir**

Oleh: Raymond Valiant (0421000098)

**Tabulasi perhitungan**

<b>Probabilitas</b>	<b>Probabilitas Teriampai</b>	<b>Probabilitas Kejadian</b>	<b>Kerugian Banjir</b>	<b>Kerugian Rerata</b>	<b>Kerugian Rerata Tahunan</b>
%	%	%	Rp	Rp	Rp
Annual	0.99		Rp 150,056,060,000		
		0.28		Rp 75,028,030,000	Rp 20,686,300,000
1.4	0.71		Rp 163,834,350,000		
		0.51		Rp 195,046,185,000	Rp 100,309,470,000
5	0.20		Rp 226,258,020,000		
		0.10		Rp 368,781,400,000	Rp 36,878,140,000
10	0.10		Rp 511,304,780,000		
		0.06		Rp 528,646,035,000	Rp 31,718,760,000
25	0.04		Rp 545,987,290,000		
		0.02		Rp 745,475,050,000	Rp 14,909,500,000
50	0.02		Rp 944,962,810,000		
		0.01		Rp 960,182,880,000	Rp 9,601,830,000
100	0.01		Rp 975,402,950,000		
					<b>Rp 214,104,000,000</b>

**Sub Rutin Program Linier untuk Penyelesaian Alokasi dan Harga Layanan Air**

Oleh Raymond Valiant (0421000098)  
 Proses optimasi Program linier  
 Metode estimasi Tangensial  
 Pencarian nilai Newtonian  
 Skenario Aktual (tanpa subsidi) tingkat DAS

**Data Isian (Batasan)**

<b>Kendala</b>	
Dasar Biaya:	224,292 juta Rp
Plafon Biaya:	224,292 juta Rp
Total Outflow	11,760 juta m3
Konstanta	100%

**Hasil Optimasi**

Biaya terkumpul	224,292
Total Alokasi	10,952
Pendapatan Bersih	839,043

Sektor	Alokasi (juta m3)	Manfaat (juta Rp)
Pertanian	2,557	2,565,902
Energi	10,952	381,461
Industri	138	1,257,135
Domestik	234	182,216
Banjir	2,581	214,104

X (Alokasi) juta m3	Y (Harga) Rp/m3
219	188.3
10,952	13.7
13	912.0
234	78.2
2,581	0.8

Dapat dirubah-rubah dalam proses debugging

	Manfaat (Rp/m3)	Manfaat (Rp/m3)	
75%	753	50	5%
75%	26	2	5%
75%	6,853	457	5%
75%	585	39	5%
75%	62	4	5%
	<b>Batas Atas</b>	<b>Batas Bawah</b>	

	Alokasi x Harga juta Rp	Alokasi x Manfaat juta Rp	Nisbah
Pertanian	41,258	164,851	0.25
Energi	150,545	286,096	0.53
Industri	12,092	90,857	0.13
Domestik	18,256	136,662	0.13
Banjir	2,141	160,578	0.01
Jumlah	224,292	839,043	

**Langkah perhitungan:**

- 1) Isikan nilai-nilai batas (jumlah biaya yang dikehendaki, alokasi volume air dan nilai manfaat air) sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya
- 2) Tentukan perbandingan yang dikehendaki sebagai batas atas dan batas bawah dari perhitungan
- 3) Untuk memastikan bahwa sektor tertentu mendapatkan cukup air sesuai keperluan dapat dilakukan penyesuaian dengan memberi faktor perkalian pada batas alokasi
- 4) Buka modul *solver* pada tab **Data**
- 5) Keluar *dialog box Solver*, isikan sel dengan persamaan obyektif yang diinginkan lalu tuliskan kendala (*constraint*) dengan mengambil nilai-nilai batas yang telah ditulis sebelumnya
- 6) Klik pada *button Solve*, biarkan komputer menghitung lalu lihat hasil
- 7) Keluar *dialog box Solver Result* dengan hasil optimasi
- 8) Bila hasil yang didapat belum konvergen (atau terbaca *could not find a solution*) maka perlu dilakukan perbaikan pada *constraint* dengan menyesuaikan nilai-nilai batasan
- 9) Bila hasil telah didapatkan, terbaca *solver find a solution, all conditions are satisfied*