

TANTANGAN DALAM PENGELOLAAN SUMBERDAYA AIR UNTUK MENCAPAI LINGKUNGAN LESTARI BERKELANJUTAN: POTRET DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) BRANTAS

Raymond Valiant¹

Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta I
Jalan Surabaya No 2A Malang
Telepon 0341-551971 Faksimil 565531

Ringkasan

Kesatuan antara tanah, udara dan air memainkan peran yang penting dalam upaya manusia mengembangkan pengelolaan sumberdaya alam yang lestari serta tidak dapat dipisahkan sebagai kontinuitas kehidupan di permukaan bumi ini. Salah satu persoalan terbesar umat manusia saat ini adalah kerusakan pada keseimbangan hubungan antara tanah, udara dan air. Kelestarian air dan tanah juga terancam oleh keberadaan manusia, baik akibat perubahan pada siklus hidrologi, limbah (rumah tangga, industri dan pertanian) yang dibuang ke perairan danau, waduk, rawa dan sungai-sungai di dunia maupun pelepasan gas rumah kaca yang mendorong perubahan iklim global. Dalam mengendalikan pencemaran air, diperlukan komitmen semua pihak yang berkepentingan. Berkaitan dengan degradasi lahan yang semakin lama mengemuka pada sejumlah DAS di Indonesia, khususnya DAS Brantas – perlu dilakukan upaya reklamasi lahan dan konservasi air agar kelestarian dan fungsi dari kedua sumberdaya tersebut dapat dipertahankan. Upaya reklamasi lahan untuk mengendalikan degradasi lahan ini akan memberi kontribusi yang signifikan dalam pengelolaan kualitas air di suatu DAS.

Kata kunci: sumberdaya, degradasi, air, Brantas

¹ Direktur Teknik Perum Jasa Tirta I, surat-elektronik: raymond_valiant@jasatirta1.net atau raymond@jasatirta1.co.id. Makalah disajikan untuk **Seminar Pekan DAS Brantas 2014**, Himpunan Mahasiswa Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Daftar Isi

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| Ringkasan | i |
| I. Pendahuluan..... | 1 |
| II. Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas..... | 1 |
| 2.1 Gambaran Umum | 1 |
| 2.2 Beberapa Persoalan Utama..... | 3 |
| 2.2.1 Perubahan Tata Ruang dan Degradasi Lahan | 3 |
| 2.2.2 Persaingan Pemakaian Air Permukaan | 4 |
| 2.2.3 Penurunan Kualitas Air | 5 |
| 2.2.4 Keragaman Hayati Perairan | 6 |
| III. Analisis Permasalahan DAS Brantas | 7 |
| 3.1 Degradasi Sumberdaya Lahan dan Air | 7 |
| 3.1.1 Peningkatan Limpasan Permukaan | 7 |
| 3.1.2 Perubahan Besaran Erosi | 8 |
| 3.1.3 Perubahan Morfologi Sungai..... | 10 |
| 3.1.4 Eutrofikasi pada Tampunguan Air..... | 11 |
| 3.2 Kondisi Aktual Kualitas Air | 12 |
| 3.3 Pengelolaan Keragaman Hayati..... | 13 |
| 3.3.1 Tumbuhan di Bantaran..... | 13 |
| 3.3.2 Makroinvertebrata | 14 |
| 3.3.3 Ikan di Sungai | 15 |
| IV. Penanganan dan Upaya Konservasi Sumberdaya | 16 |
| 4.1 Pengendalian Kualitas Air | 16 |
| 4.1.1 Rencana Induk Pengendalian Kualitas Air..... | 16 |
| 4.1.2 Pelaksanaan Pengendalian Kualitas Air | 17 |
| 4.2 Praktek Baik (Good Practices) di DAS Brantas..... | 18 |
| 4.2.1 Konservasi Lahan dan Air | 18 |
| 4.2.2 Pemeliharaan Keragaman Hayati | 18 |
| 4.2.3 Pengembangan Inisiatif Ramah Lingkungan | 19 |
| 4.2.4 Pemanenan Air Hujan | 20 |
| 4.3 Analisis Masalah dalam Konservasi | 21 |
| 4.4 Rekomendasi untuk Konservasi Sumberdaya Lahan dan Air..... | 21 |
| V. Kesimpulan..... | 23 |
| V. Pustaka | 24 |

Makalah ini dapat dikutip dengan sitasi: Valiant, R (2014). Tantangan dalam Pengelolaan Sumberdaya Air untuk Mencapai Lingkungan Lestari Bekerlanjutan: Potret Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas dalam *Seminar Pekan DAS Brantas*. Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang.

I. Pendahuluan

Kesatuan antara tanah, air dan udara memainkan peran yang penting dalam mengelola sumberdaya alam di dunia ini. Meskipun kesatuan ini telah dipahami, namun tetap saja persoalan terbesar umat manusia pada masa kini adalah rusaknya keseimbangan hubungan antara tanah, air dan udara.

Tanah yang mengalami kerusakan dalam bentuk degradasi lahan adalah salah satu ancaman besar terhadap manusia karena mempengaruhi ketersediaan pangan dan kelestarian alam biotik dunia ini (Bossio *et al*, 2008; Bossio *et al*, 2010). Selain itu degradasi lahan sangat mempengaruhi tata air secara keseluruhan (Li *et al*, 2009; Ravi *et al*, 2010) serta menurunkan daya tangkap karbon (Trabucco *et al*, 2008).

Air juga mengalami ancaman oleh keberadaan manusia, baik akibat perubahan pada siklus hidrologi (Vörösmarty & Sahagian, 2000; Oki & Kanae, 2006), limbah (rumah tangga, industri dan pertanian) yang dibuang ke perairan danau, waduk, rawa dan sungai-sungai di dunia (Vörösmarty *et al*, 2010), maupun pelepasan gas rumah kaca yang mendorong perubahan iklim global (Arnell, *et al*, 2004; Kanae, 2009).

Atmosfer yang mengalami kerusakan akibat pelepasan gas rumah kaca (GRK) memicu perubahan iklim yang berdampak pada berbagai aspek kehidupan manusia (Arnell, 1999; FCPP, 2007; Turrall *et al*, 2011).

Revolusi hijau yang merupakan usaha meningkatkan budidaya komoditi pangan, menjadi salah satu pendorong dari tumbuhnya pemakaian air, baik yang berasal dari sediaan di dalam tanah maupun yang berasal dari irigasi. Berbagai usaha budidaya komoditi pangan, khususnya di kawasan Asia, hampir selalu bertumpu pada pengelolaan lahan basah, yakni lahan yang hampir seluruh waktunya berada dalam keadaan lembab ataupun jenuh air (Boomgaard, 2007).

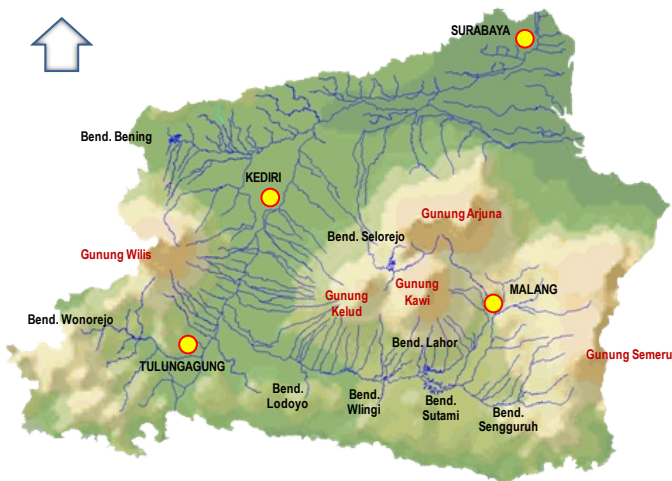
Sejauh ini dapat diketahui kebutuhan air dari sektor pertanian untuk memenuhi kebutuhan pangan di dunia (meliputi air dari curah hujan efektif dan irigasi) mencapai 6.390 km³ per-tahun (Hoekstra & Chapagain, 2007). Jumlah ini melampaui simpanan air buatan manusia, sebesar 2.000 km³ namun secara keseluruhan masih di bawah potensi aliran tahunan di sungai 45.500 km³ (Oki dan Kanae, 2006).

II. Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas

2.1 Gambaran Umum

DAS Brantas dianggap sebagai salah satu sungai penting di Pulau Jawa. Oleh karena memberi sumbangsih yang cukup besar pada pendapatan domestik regional bruto (PDRB) Provinsi Jawa Timur dan investasi yang ditanamkan Pemerintah Republik Indonesia dalam sarana-prasarana pengairan yang nilainya cukup besar, ditetapkan sebagai sungai strategis nasional.

Sungai Brantas mengalir dari mata airnya di kompleks Pegunungan Arjuna-Anjasmara, yang berada pada ketinggian 1.547 meter di atas permukaan laut, menuju ke arah selatan, lalu ke barat dan akhirnya ke timur, searah jarum jam, sepanjang kurang lebih 320 km. Sepanjang alirannya sungai ini melewati sejumlah 14 kabupaten/kota, di mana ujung alirannya berada pada suatu delta yang dibatasi dua cabang anak sungai yakni Sungai Surabaya dan Sungai Porong (Sidoarjo).



Gambar 1 – DAS Brantas di Provinsi Jawa Timur

Luas DAS Brantas seluruhnya sekitar 12.000 km² atau ¼ luas Provinsi Jawa Timur. Secara topografis, bentuk DAS-nya memanjang namun karena sungai utama ini mengalir searah jarum jam maka terlihat seperti trapesium. Secara umum, DAS Brantas terbagi dalam 3 ruas, yakni: DAS Brantas Hulu, DAS Brantas Tengah, dan DAS Brantas Hilir. Masing-masing memiliki karakteristik geologi, topografi, pedologi dan sosial ekonomi masyarakat yang berbeda.

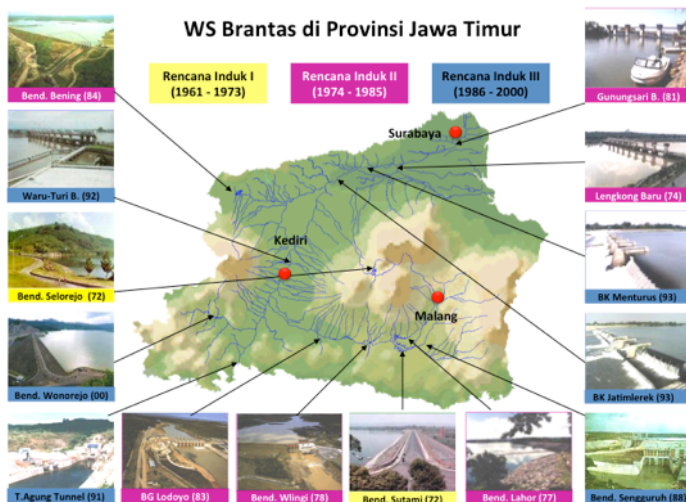
Curah hujan merata di DAS Brantas diketahui kurang lebih sebesar 2.000 mm per-tahun. Sebagai hasil dari hujan tersebut maka potensi air permukaan di DAS Brantas sekitar 12 km³.

Pengembangan prasarana sumberdaya air di DAS Brantas telah dilakukan sejak tahun 1961 berlandaskan prinsip: satu sungai, satu rencana terpadu, satu manajemen terkoordinasi. Pengembangan sumberdaya air di DAS Brantas dilaksanakan berdasarkan sejumlah rencana induk (*master plan*) yang disusun secara bertahap dan ditinjau kembali secara berkala untuk disesuaikan dengan program nasional dan perkembangan kebutuhan sumberdaya air di DAS Brantas.

Berdasarkan rencana induk, berbagai infrastruktur pengairan telah dibangun. Pertama-tama, ada sejumlah bendungan di ruas hulu sungai ini yang berfungsi untuk menampung banjir, menyimpan air dan membangkitkan energi listrik, yakni: Bendungan Sengguruh, Sutami, Lahor, Wlingi, Selorejo, Bening dan Wonorejo.

Kemudian, pada ruas tengah Sungai Brantas dibangun berbagai bendung yang berfungsi sebagai pengatur alokasi air dan pengambil air permukaan untuk irigasi maupun pengguna lainnya. Beberapa bendung yang telah dibangun adalah Bendung Gerak Lodoyo, Mrican, Lengkong Baru, Segawe, Tiudan, serta Bendung Karet Menturus dan Jatimlerek.

Terakhir, pada ruas hilir dari Sungai Brantas dibangun sejumlah bendung yang berfungsi mengendalikan elevasi dasar sungai, mengatur pelepasan debit pada saat terjadi banjir dan menahan intrusi air laut, yakni Bendung Karet Gubeng, Bendung Gerak Lengkong Baru dan Gunungsari serta Pintu Air Mlirip, Jagir dan Wonokromo.



Gambar 2 – Infrastruktur pengairan yang dibangun di DAS Brantas untuk layanan air

2.2 Beberapa Persoalan Utama

2.2.1 Perubahan Tata Ruang dan Degradasi Lahan

Perubahan tata guna lahan telah diketahui terjadi di DAS Brantas sejak lama dan bersumber dari kegiatan manusia (PU, 2005). Ketersediaan sumberdaya lahan dan air yang memadai untuk kegiatan pertanian dan meningkatnya populasi di DAS Brantas menyebabkan perubahan yang meluas. Beberapa analisis terhadap DAS Brantas Hulu telah menunjukkan timbulnya perubahan tata guna lahan yang mendorong ke arah degradasi lahan (BPDAS, 2003a; 2003b; 2003c; dan Valiant, 2007).

Secara geologi permukaan, DAS Brantas berada pada sebuah zona besar bernama formasi vulkanis Solo, yang dibatasi dua zona lainnya. Formasi ini menurut Bemellen (1949) merupakan rangkaian pegunungan berapi yang terbentang dari Jawa Tengah sampai Jawa Timur. Adapun bagian utara DAS ini dibatasi zona Kendeng dan di selatan oleh zona Pegunungan Kapur.

Oleh karena aspek geologi permukaan dan litologi (bebatuan) ini, maka DAS Brantas memiliki corak pedologis yang unik, karena proses erosi dan disposisi lapukan vulkanik menyiptakan *cluster* tanah dengan berbagai keragaman kesuburan. Lahan di DAS Brantas secara umum dinilai subur, meski curah hujan merata di kawasan timur Pulau Jawa tidak sebesar kawasan lain di barat dan tengah pulau ini.

Tabel 1 - Data luasan hutan di DAS Brantas Hulu

| Tahun | Luas | |
|-------|-----------------|------|
| | km ² | % |
| 1941 | 530 | 25,9 |
| 1951 | 398 | 19,4 |
| 1994 | 256 | 12,4 |
| 2005 | 242 | 11,8 |

Catatan: penurunan drastik dari luasan hutan di DAS Brantas Hulu disebabkan letusan Gunung Kelud pada 31 Agustus 1951

Sumber: Nippon Koei (1961) dan PU (2005)

Memperhatikan laju erosi, semakin dapat dipahami perubahan kondisi tutupan lahan merupakan fenomena kolektif pendorong degradasi lahan pada berbagai bagian DAS. Salah satu indikator perubahan tata guna lahan adalah luas tutupan hutan di DAS Brantas Hulu seperti pada Tabel 1. Oleh berbagai kegiatan masyarakat, terjadi perubahan tutupan lahan, sehingga luasan hutan turun dari 25,9% menjadi 11,6%.

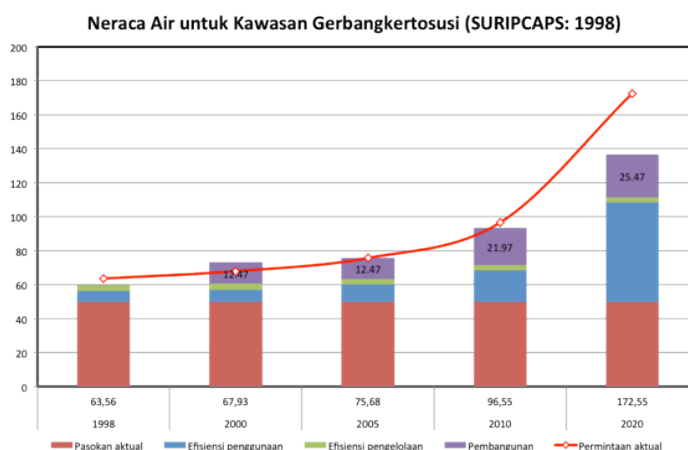
Sejauh ini cukup banyak kegiatan pelestarian tanah dan air yang telah dilakukan di lingkup DAS Brantas Hulu. Pola pengelolaan terpadu telah disusun dan dievaluasi berkali-kali, salahsatunya oleh BPDAS (2011) yang menggambarkan berbagai perubahan biofisik di DAS Brantas beserta upaya penanggulangan.

2.2.2 Persaingan Pemakaian Air Permukaan

Neraca air di DAS Brantas menunjukkan potensi air permukaan sebesar 12 km^3 per-tahun tersebut sekitar 59% atau $7,39 \text{ km}^3$ kembali mengalir ke laut. Hal ini terkait dengan kondisi alami DAS dan kemampuan tampung infrastruktur yang telah dibangun. Seluruh air yang dimanfaatkan dalam DAS ini adalah sebesar $3,33 \text{ km}^3$ di mana sekitar $2,77 \text{ km}^3$ diserap oleh sektor pertanian, $0,40 \text{ km}^3$ oleh domestik dan $0,16 \text{ km}^3$ per-tahun untuk keperluan industri.

Saat ini terdapat 8 pembangkit energi listrik tenaga air (PLTA) dengan kapasitas terpasang setara 280,62 mW, 144 industri yang berizin aktif dan 28 titik pengambilan air baku untuk keperluan domestik yang berizin.

Guna melayani berbagai penggunaan air tersebut, sejak 1990 telah didirikan Perusahaan (Perum) Umum Jasa Tirta I sebagai badan usaha milik negara (BUMN) yang bertindak sebagai operator penyediaan layanan air baku di Indonesia dengan wilayah kerja di DAS Brantas dan DAS Bengawan Solo. Adapun DAS Brantas menikmati layanan air baku yang baik oleh karena tersedia cukup prasarana-sarana pengairan yang mendukung pertumbuhan di pertanian tanaman pangan, sektor energi, air bersih dan air baku untuk keperluan industri. Walaupun demikian, dari aspek ketersediaan air baku telah muncul krisis.



Gambar 3 – Neraca air Gerbangkertosusi sampai dengan 2020

Jika dicermati pada satuan wilayah pengembangan (SWP) Gresik-Bangkalan-Mojokerto-Surabaya-Sidoarjo (Gerbangkertosusi) yang merupakan wilayah sebelah hilir dari DAS Brantas, telah terjadi krisis baik dalam aspek kuantitas maupun kualitas air baku. Perhitungan imbalanced air (neraca) dan secara teoritis menunjukkan adanya defisit (Subijanto *et al*, 2013).

Pada dasarnya kuantitas air di DAS Brantas dipengaruhi oleh proses alokasi air yang melibatkan pengoperasian sejumlah besar bangunan prasarana pengairan, sedangkan kualitas air dipengaruhi oleh aktifitas manusia yang menimbulkan dampak pencemaran pada badan-badan air permukaan. Tanpa upaya pengendalian pemakaian (*demand management*) maupun pengendalian pasokan (*supply management*) maka kuantitas air di DAS Brantas akan berada dalam keadaan kritis, karena secara teoritis kebutuhan air telah melampaui ketersediaan air dari sumber-sumber yang ada.

2.2.3 Penurunan Kualitas Air

Kualitas air permukaan merupakan salah satu tantangan besar di DAS Brantas yang secara faktual dihuni oleh lebih dari 16 juta penduduk (2012) dan menyumbang hampir 60% pendapatan domestik bruto untuk Provinsi Jawa Timur. Dinamika sosial dan ekonomi menjadi kendala dalam pengendalian limbah dari sumber industri maupun domestik. Akibatnya, kualitas air di Sungai Brantas menjadi salahsatu persoalan bagi PDAM yang melayani air bersih dengan mengambil air baku dari sumber permukaan.

Sepanjang aliran Sungai Brantas terletak beberapa kota besar seperti Malang, Blitar, Tulungagung, Kediri, Kertosono, Mojokerto dan Surabaya, mengakibatkan kebutuhan air bersih dan air baku untuk industri terus meningkat. Di samping itu dengan meningkatnya penduduk dan industri di daerah perkotaan menimbulkan beberapa masalah antara lain timbulnya daerah kumuh di tepi sungai, menurunnya kualitas air sungai dan bencana banjir akibat meluapnya air sungai.

Menurunnya kualitas air terutama disebabkan oleh beban pencemar akibat limbah industri, domestik dan pertanian. Selain itu menurunnya kualitas air disebabkan juga oleh perilaku masyarakat yang menganggap bahwa sungai sebagai tempat pembuangan limbah baik limbah padat maupun cair.

Sumber pencemar dominan yang mencemari sungai Sungai Brantas adalah sebagai berikut:

1. Limbah industri, di mana pada saat ini terdapat 483 industri yang diidentifikasi membuang limbah cair dan mempengaruhi secara langsung kualitas air sungai di DAS Brantas. Pada 1998 dilakukan perhitungan yang memberikan gambaran beban limbah dari sektor industri ini setara 125 ton-BOD hari⁻¹.
2. Limbah domestik, yang berasal dari rumah tangga, hotel, restoran, dan lain-lain, merupakan pelepas limbah terbesar di DAS Brantas. Pada 1998 dilakukan perhitungan yang memberikan gambaran beban limbah dari sektor domestik ini setara 205 ton-BOD hari⁻¹.
3. Limbah pertanian, yang berasal dari sisa pupuk anorganik dan sisa pestisida yang mengalir ke sungai bersama dengan sisa air irigasi (*return flow*). Meningkatnya pemakaian pupuk anorganik dan pestisida meningkatkan beban limbah pertanian. Pencemaran ini umumnya terjadi pada saat musim hujan. Sebagai dampak dari limbah pertanian tersebut, terjadinya eutrofikasi di perairan waduk (terutama di Waduk Sutami) akibat tingginya kadar nutrisi dalam air dan menurunkan kualitas air.
4. Limbah Peternakan, yang umumnya berupa limbah cair dari peternakan sapi, ayam dan babi. Limbah ini berasal dari kegiatan pencucian/pembersihan kandang dan ternak. Pengolahan limbah ternak pada umumnya masih relatif sederhana, berupa bak pengendap air kotoran dan pakan, sedangkan air yang keluar tidak memenuhi persyaratan.

Dalam kenyataan, kualitas air di DAS Brantas menjumpai sejumlah masalah:

1. Pencemaran air permukaan disebabkan oleh banyaknya pemukiman di dalam DAS Brantas tidak memiliki cara pengolahan sampah dan limbah domestik, sehingga produk akhir ini langsung dibuang dan akhirnya diterima oleh badan air (sungai, danau dan waduk). Padahal beban pencemaran dari sektor domestik mencapai 62% dari total beban yang masuk sungai.
2. Penegakan hukum terhadap pencemar masih lemah, karena masih mempertimbangan aspek sosial, ekonomi, termasuk kesempatan kerja dan lain-lain.
3. Banyak industri yang tidak mengoperasikan IPAL-nya karena biaya operasi dan pemeliharannya cenderung mahal. Hal ini disiasati oleh sebagian industri dengan tetap membangun IPAL namun dengan kapasitas pengolahan limbah yang lebih kecil daripada yang diproduksi, sehingga buangan limbahnya tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan. serta
4. Pengendalian pencemaran air merupakan masalah yang kompleks, memerlukan dana besar dan waktu panjang serta memerlukan komitmen semua pihak yang berkepentingan, baik pemerintah pusat maupun daerah, pengelola DAS maupun dari pemanfaat air (industri, domestik dan pertanian) serta masyarakat.

2.2.4 Keragaman Hayati Perairan

Pencemaran air secara terus menerus dapat menyebabkan degradasi dan penurunan kualitas daya dukung lingkungan. Degradasi dan penurunan kualitas daya dukung lingkungan ini dapat mengubah struktur dan fungsi dari komunitas biota yang ada, dan perubahan yang terjadi bergantung pada kemampuan toleransi masing-masing spesies penyusunnya. Tiap spesies organisme mempunyai ambang toleransi terhadap pencemaran yang berbeda dan akan berakibat pada kemampuan spesies untuk melakukan kompetisi pada suatu lingkungan.

Penggunaan indikator biologis, pada umumnya berupa spesies indikator. Berbagai karakter dan sifat spesies indikator seperti keberadaan atau menghilangnya dari suatu lingkungan, kelimpahan relatifnya, ciri-ciri morfologis dan fisiologisnya, perilakunya, serta vitalitas dan responnya berkorelasi dengan lingkungan sehingga dapat dijadikan sebagai petunjuk tentang perubahan status atau kondisi suatu lingkungan

Kerusakan habitat alami organisme di Brantas semakin meningkat pesat beberapa dekade terakhir, hal tersebut diakibatkan alih fungsi lahan di DAS Brantas serta menurunnya kualitas air akibat limbah industri dan pemukiman. Degradasi dan penurunan kualitas daya dukung lingkungan dapat merubah struktur dan fungsi dari komunitas spesies yang ada. Perubahan yang terjadi bergantung pada kemampuan toleransi (ambang toleransi) masing-masing spesies penyusunnya.

Ikan adalah salah satu komponen rantai makanan yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan ekosistem Brantas. Selain itu sejak dahulu ikan menjadi sumber pangan dan sumber penghasilan bagi masyarakat sekitar Brantas sehingga kelestarian ikan perlu menjadi perhatian dalam melakukan pengelolaan dan pembangunan di DAS Brantas.

III. Analisis Permasalahan DAS Brantas

3.1 Degradasi Sumberdaya Lahan dan Air

Degradasi sumberdaya lahan dan air di DAS Brantas dapat ditengarai dari meningkatnya limpasan permukaan, bertambahnya erosi di daerah tangkapan air, perubahan angkutan sedimen di badan air dan mulai terjadinya eutrofikasi dari tampungan air. Sejumlah penelitian menunjukkan perkembangan dari dampak-dampak tersebut dan diuraikan secara ringkas sebagai berikut.

3.1.1 Peningkatan Limpasan Permukaan

Salah satu indikasi dari degradasi lahan adalah kenaikan limpasan permukaan, sebagai akibat dari perubahan tutupan lahan yang akhirnya mempengaruhi sistem hidrologi. Limpasan permukaan adalah bagian dari air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah yang akhirnya masuk ke sungai, saluran, danau ataupun laut; merupakan bagian dari hujan yang tidak terserap tanah, tidak menggenang di permukaan tanah, dan tidak menguap tetapi bergerak ke tempat yang lebih rendah (Arsyad, 2010; Asdak, 2010). Besar kecilnya limpasan permukaan dipengaruhi oleh faktor presipitasi seperti intensitas, distribusi dan lamanya hujan, serta faktor DAS seperti ukuran, bentuk, topografi, geologi dan kondisi permukaan (Schwab *et al*, 1981; Subramanya, 1999; Asdak, 2010).

Limpasan permukaan dapat terpengaruh oleh adanya degradasi lahan. Semakin terdegradasi kondisi suatu lahan maka kemampuannya untuk meresapkan air kian turun (Rahim, 2003; Asdak, 2010; Banuwa, 2013) sehingga air yang melimpas dipermukaan semakin besar. Semakin membesarnya aliran permukaan akibat degradasi lahan dapat dilihat pada analisis yang dilakukan kepada DAS Brantas Hulu. Dengan membandingkan aliran masuk (*inflow*) Bendungan Sutami – yang merupakan titik akhir dari DAS Brantas Hulu – terhadap curah hujan yang jatuh di DAS Brantas Hulu maka dapat dilihat hasil analisis sebagaimana pada Tabel 2.

Dari berbagai tahun yang dipilih, dapat dilihat pada tahun 1993 dan 1997 nisbah limpasan permukaan masih berada pada kisaran 24-26% dari jumlah curah hujan yang turun di DAS Brantas Hulu. Sebaliknya, pada tahun 2001 dan 2006, nisbah limpasan permukaan terhadap curah hujan yang turun, naik dalam kisaran 31-35%. Kenaikan ini dapat mengindikasikan adanya degradasi lahan di DAS Brantas Hulu, di mana akibat berkurangnya tutupan lahan dan semakin terkikisnya permukaan tanah maka sebagian hujan terlimpas.

Tabel 2 – Perbandingan curah hujan dan limpasan permukaan DAS Brantas Hulu

| Tahun | Keandalan | Limpasan Air | Curah Hujan | Nisbah |
|--------------|-----------|--------------|-------------|--------|
| | % | Mm | mm | % |
| Tahun Basah | | | | |
| 1993 | 30 | 582 | 2.275 | 26 |
| 2001 | 50 | 643 | 2.098 | 31 |
| Tahun Kering | | | | |
| 1997 | 90 | 304 | 1.254 | 24 |
| 2006 | 80 | 608 | 1.737 | 35 |

Sumber: perhitungan (2013)

Sementara itu, jika dibandingkan dalam keandalan secara statistik yang sama, dapat dilihat pada tahun yang kering (curah hujan kecil) limpasan permukaan yang terjadi juga bervariasi. Jika pada keandalan 90% dianggap sebagai tahun kering (1997) diperoleh limpasan permukaan sebesar 304 mm atau 24% dari hujan yang

jatuh, maka pada tahun yang juga relatif kering (2006) diperoleh peningkatan limpasan menjadi sebesar 608 yang setara 35%. Hal ini menunjukkan perilaku pada tahun kering dari daerah aliran sungai yang berubah.



Sumber: Perum Jasa Tirta I

Gambar 6 – Situasi tutupan lahan di kawasan DAS Brantas (2002)

Sebaliknya pada tahun yang basah (curah hujan besar) diketahui pada keandalan 30% dan 50% yang masing-masing jatuh pada tahun 1993 dan 2001 diperoleh limpasan permukaan sebesar 582 mm dan 643 mm. Jika limpasan permukaan ini dibandingkan terhadap curah hujan yang jatuh maka nisbah limpasan akan bervariasi antara 26% dan 31%. Hal ini juga menunjukkan perubahan perilaku DAS pada tahun basah.

3.1.2 Perubahan Besaran Erosi

Simulasi terhadap laju erosi teoritik di DAS Brantas Hulu (2.050 km²) telah dihitung kembali untuk tahun 2007-2012 menggunakan rumusan Universal Soil Loss Equation (USLE) dari Wischmeier & Smith, dengan data dari satelit ASTER (2005).

Perbandingan dengan kajian terdahulu menunjukkan adanya peningkatan nilai erosi, hal ini memberikan gambaran bahwa kondisi lahan di DAS Brantas Hulu telah semakin mengkhawatirkan. Kenaikan erosi pada DAS Brantas Hulu cenderung membesar dan menunjukkan adanya peningkatan degradasi lahan secara signifikan. Hal ini disebabkan khususnya oleh perubahan tata guna lahan, berupa pembukaan hutan yang selama ini sebagai tempat resapan air.

Tabel 3 – Hasil perhitungan erosi lahan teoritik (USLE) untuk DAS Brantas Hulu

| No | Nama Sub DAS | Rincian Sub DAS | Luas km ² | Erosi Tahun 2007-2012 | | |
|-------------------|--------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------|
| | | | | ton/ha/th | ton/km ² /th | mm/th |
| 1 | Lesti | Lesti Hulu | 288 | 3.276.760 | 11.382 | 4,4 |
| | | Genteng | 116 | 633.398 | 5.483 | 2,1 |
| | | Lesti Hilir | 180 | 728.361 | 4.037 | 1,6 |
| 2 | Metro | Metro | 361 | 2.333.213 | 6.470 | 2,5 |
| 3 | Ambang | Brantas (Hulu) | 435 | 5.982.328 | 13.743 | 5,3 |
| | | Amprong | 349 | 5.749.108 | 16.476 | 6,4 |
| | | Bango | 233 | 1.209.911 | 5.203 | 2,0 |
| 4 | Lain Sub DAS | | 89 | 887.269 | 9.992 | 3,9 |
| Jumlah | | | 2.050 | 20.800.349 | — | — |
| Rerata Tertimbang | | | — | — | 11.382 | 3,9 |

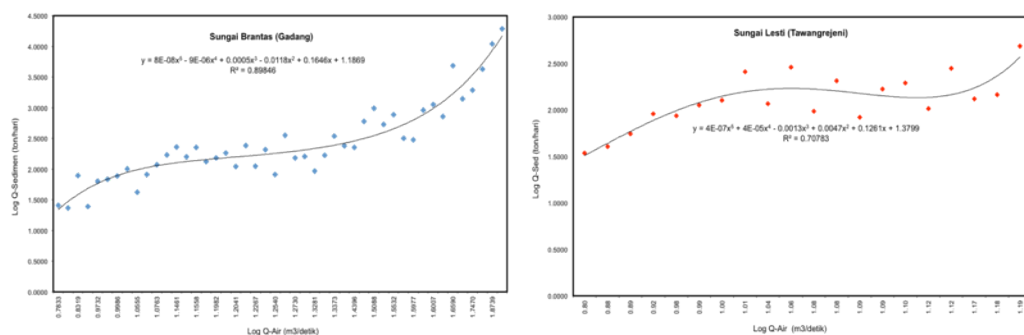
Catatan: Perhitungan erosivitas hujan menggunakan persamaan Bols (1978)
 Sumber: Perhitungan (2013) dengan koreksi data dari BPDAS (2007 dan 2011)

Hasil perhitungan pada Sub DAS Ambang-Brantas-Bango misalnya, menunjukkan erosi permukaan telah berkembang cukup signifikan; sekitar 73% wilayah Sub DAS Ambang-Brantas-Bango sudah berupa lahan terbuka berdasarkan analisis citra satelit ASTER (2005). Dampak perubahan pemanfaatan lahan di daerah hulu Sungai Amprong, Brantas dan Bango dapat dilihat dari laju erosi permukaan yang berkembang dari masing-masing 5,9; 5,6 dan 1,0 mm tahun⁻¹ (BPDAS, 2003) menjadi 5,3; 1,7 dan 4,5 mm tahun⁻¹ (Valiant, 2007) dan akhirnya 6,4; 5,3 dan 2,0 mm tahun⁻¹ (perhitungan 2013).

Secara keseluruhan, berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan (BPDAS, 2003a, 2003b dan 2003c; Valiant, 2007) menunjukkan degradasi lahan secara sistematis yang ditandai dengan tingginya erosi permukaan tanah. Laju erosi teoritik untuk seluruh DAS Brantas Hulu pada rentang 2007-2012 mencapai 3,9 mm tahun⁻¹ dan tumbuh sebesar 3,5% tahun⁻¹ terhadap laju erosi tahun 1986.

3.1.3 Angkutan Sedimen di Badan Air

Pemantauan terhadap angkutan sedimen di Sungai Brantas menunjukkan bahwa perpindahan sedimen sebagian besar terjadi dalam bentuk terlarut (*suspended*). Corak angkutan sedimen semacam ini dapat dihubungkan persoalan erosi di DAS Brantas, khususnya pada ruas hulu dan tengah,



Sumber: Perhitungan (2013)

Gambar 8 – Kurva hubungan debit aliran dan angkutan sedimen: Sungai Brantas di Gadang (kiri) dan Sungai Lesti di Tawangrejeni (kanan)

Pemantauan angkutan sedimen pada 2 (dua) stasiun penakar debit di Sungai Brantas ruas hulu, yakni Gadang dan Tawangrejeni menunjukkan adanya hubungan antara besaran limpasan permukaan dengan konsentrasi sedimen yang terbawa. Data debit dan angkutan sedimen 10 (sepuluh) tahun terakhir telah diregresi secara logaritmis untuk mendapatkan kurva yang menyatakan hubungan antara debit air (m³ detik⁻¹) dengan muatan sedimen yang terbawa (dalam satuan ton tahun⁻¹) di aliran sungai.

Akibat erosi yang cukup tinggi, muncul permasalahan di DAS Brantas Hulu yakni meningkatnya sedimentasi pada badan air yang ada – khususnya pada bendungan. Sedimentasi diketahui sangat berpengaruh terhadap kinerja fungsi tampungan bendungan yang dibuat manusia dan merupakan salah satu penyebab utama dari hilangnya fungsi ekonomis bendungan di dunia (Palmieri *et al*, 2001).

Erosi permukaan tanah di DAS Brantas Hulu berpengaruh langsung pada Bendungan Sengguruh dan Karangates (Sutami). Sedimentasi pada kedua bendungan ini yang diakibatkan oleh erosi lahan di DAS Brantas Hulu dapat dilihat pada sedimen yang terendap secara keseluruhan pada kedua bendungan tersebut.

Tabel 4 – Sedimentasi di Bendungan Sutami (DAS Brantas Hulu)

| Tahun Survei | Tampungangan Total | | Tampungangan Efektif | | Endapan Sedimen juta m ³ /thn | Keterangan |
|--------------|---------------------|-----|----------------------|-----|---------------------------------------------|------------|
| | juta m ³ | % | juta m ³ | % | | |
| 1972 | 343,00 | 100 | 253,00 | 100 | | |
| 1977 | 261,68 | 76 | 194,48 | 77 | 16,26 | HRS |
| 1982 | 221,29 | 65 | 167,20 | 66 | 8,08 | PKB |
| 1987 | 192,41 | 56 | 152,87 | 60 | 5,78 | PKB |
| 1992 | 189,97 | 55 | 154,81 | 61 | 0,49 | PJT-I |
| 1994 | 185,27 | 54 | 148,41 | 59 | 2,35 | PJT-I |
| 1995 | 184,59 | 54 | 148,62 | 59 | 0,68 | PJT-I |
| 1997 | 183,42 | 53 | 146,63 | 58 | 0,59 | PJT-I |
| 1999 | 180,45 | 53 | 144,13 | 57 | 1,49 | PJT-I |
| 2003 | 174,57 | 51 | 145,15 | 57 | 1,47 | PJT-I |
| 2006 | 171,16 | 50 | 143,40 | 57 | 1,14 | PJT-I |
| 2012 | 168,28 | 49 | 133,90 | 53 | 0,56 | PJT-I |

Keterangan:

HRS = Hydraulics Research Institute, Wallingford, Inggris

PKB = Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Sungai Brantas

PJT-I = Perum Jasa Tirta I

Sumber: Anonim (2003), Valiant (2007) dan PJT-I (data 2012)

Bendungan Sutami pada mulanya mengalami laju sedimentasi yang cukup besar (1972-1977) di mana penurunan tampungannya mencapai 16,26 juta m³ tahun⁻¹. Setelah Bendungan Sengguruh selesai dibangun di sebelah hulu Sutami pada 1988, laju sedimentasi di bendungan utama DAS Brantas ini mengalami penurunan. Berkurangnya kelajuan endapan sedimen tersebut bukan berarti turunnya tingkat degradasi lahan, namun lebih disebabkan karena adanya Bendungan Sengguruh yang lebih dulu menangkap sedimen yang terangkut aliran air Sungai Brantas dan Lesti sebelum aliran tersebut masuk ke Bendungan Sutami.

Pada Bendungan Sutami yang menjadi titik akhir dari DAS Brantas Hulu, usia paruh dari tampungannya menjadi lebih pendek dari usia ekonomis. Usia ekonomis Bendungan Sutami (*economic life-time*) adalah sekitar 100 tahun dan mempergunakan hitungan angkutan sedimen Sungai Brantas sebesar 3,122 juta m³ tahun⁻¹ diperoleh keseluruhan usia paruhnya 58,5 tahun.

3.1.3 Perubahan Morfologi Sungai

Akibat pembangunan bendungan-bendungan di DAS Brantas maka sebagian besar sedimen yang seharusnya terangkut dalam sistem aliran permukaan, akhirnya terhenti (mengendap) di perairan waduk. Sebaliknya untuk pada rezim aliran di sungai yang terletak di sebelah hilir dari bendungan-bendungan tersebut, sehingga terjadi defisit angkutan sedimen yang mengakibatkan penggerusan penampang sungai. Ketidakeimbangan sedimen inilah menjadi penyebab dari morfologi sungai, yang terjadi secara sistematis di DAS Brantas dalam beberapa tahun terakhir ini.

Perubahan morfologi sungai di DAS Brantas khususnya di ruas tengah sampai hilir, termasuk Sungai Porong, telah menjadi bahaya yang mengancam keberlanjutan fungsi sarana dan prasarana (jembatan, *revetment*, *intake* dan pondasi bangunan air) telah tampak saat ini. Pada beberapa ruas sungai telah terjadi degradasi yang menimbulkan longsor, destabilisasi dan kerusakan bangunan seperti bendung karet, pilar jembatan, bendung, *siphon*, *intake*. Rehabilitasi kerusakan-kerusakan tersebut akan memerlukan biaya yang sangat besar.

Selain itu, penambangan pasir dari Sungai Brantas juga menjadi salah satu penyebab degradasi dasar sungai. Berdasarkan studi yang dilakukan pada 1996 di Sungai Brantas ruas tengah dan Sungai Porong, diketahui volume penambangan pasir per-tahun sebesar 2,12 juta m³. Pada 2004 volume ini meningkat menjadi 2,92 juta m³. Sampai 2012 angka ini sudah turun namun belum signifikan. Meskipun beberapa kabupaten menetapkan dengan tegas penghentian kegiatan penambangan pasir di Sungai Brantas namun penambangan secara mekanis masih dilakukan penduduk secara ilegal.

3.1.4 Eutrofikasi pada Tampungan Air

Salah satu dampak degradasi lahan akibat erosi dan pemanfaatan lahan yang tidak sesuai adalah turunnya kesuburan tanah. Untuk mempertahankan kualitas produksi pertanian, maka petani di DAS Brantas meningkatkan pemakaian pupuk anorganik. Pemakaian ini ternyata memberikan dampak pada kualitas air di sungai. Sisa pupuk anorganik (juga sisa pestisida) terbawa masuk ke sungai bersama terucunya tanah oleh aliran permukaan ataupun akibat sisa air irigasi yang kembali ke sungai. Sisa pupuk dalam bentuk nitrogen dan fosfat terlarut di air sungai, akhirnya menyebabkan terjadinya eutrofikasi di perairan waduk (terutama di Bendungan Sutami) akibat tingginya kadar nutrisi dalam air.

Eutrofikasi di Bendungan Sutami akibat peningkatan kadar nitrogen dan fosfat di air telah tampak beberapa tahun silam. Gejala yang signifikan yang pertama kali muncul pada Juni 2001 dan berlanjut sampai Agustus 2004 (selama hampir 3 tahun). Berdasarkan kriteria maka OECD (1982) jumlah nitrogen dan fosfat terlarut membuat Bendungan Sutami dianggap telah memasuki keadaan eutrofikasi.

Unsur nitrogen dan fosfat terlarut di air (berbentuk NO₂, NO₃ dan PO₄) adalah sumber nutrisi bagi biota air. Kriteria kualitas air menetapkan bila nitrogen terlarut lebih besar dari 0,3 mg liter⁻¹ dan fosfat lebih besar dari 0,01 mg liter⁻¹ dapat memacu terjadinya *algae blooming* (peningkatan pertumbuhan alga).

Seiring meningkatnya konsentrasi nitrogen dan fosfat terlarut timbul *algae blooming*. Hasil pemeriksaan biologis pada berbagai tahap sepanjang 2001 sampai akhir 2004 menunjukkan perkembangan populasi *microcystis* dari jenis ganggang biru/hijau. Pada saat *blooming algae* terjadi, muncul dampak rekursif, di mana kualitas air ikut turun sebagai akibat bertumbuh kembangnya *phytoplankton* dimaksud. Penurunan ini diindikasikan dengan meningkatnya parameter BOD dan COD sebagaimana digambarkan pada peristiwa *algae blooming* antara 27 Oktober sampai 15 Desember 2004 (lihat Tabel 5).

Tabel 5 - Rerata kualitas fisika dan kimia air di Bendungan Sutami (Oktober-Desember 2004)

| Parameter | Rerata Nilai Kualitas | | | | Nilai Baku Mutu |
|-------------------------------------------------|-----------------------|--------|-------|--------|-----------------|
| | 27 Okt | 10 Nop | 1 Des | 15 Des | |
| Suhu air (°C) | 29,07 | 29,37 | 28,00 | 30,97 | 30 |
| PH | 7,67 | 7,57 | 6,97 | 7,80 | 6-9 |
| DO (mg liter ⁻¹) | 6,90 | 6,23 | 7,70 | 9,57 | > 4 |
| Kecerahan (cm) | 56,33 | 68,00 | 45,00 | 41,00 | |
| Kekeruhan (NTU) | 35,70 | 23,00 | 59,30 | 33,30 | |
| BOD (mg liter ⁻¹) | 9,30 | 5,70 | 7,20 | 4,30 | 3,0 |
| COD (mg liter ⁻¹) | 23,60 | 14,43 | 18,57 | 10,19 | 25 |
| NO ₃ (mg liter ⁻¹) | 5,74 | 0,64 | 4,76 | 11,07 | 10 |
| NO ₂ (mg liter ⁻¹) | 0,39 | 0,23 | 0,17 | 0,79 | 0,06 |
| PO ₄ Total (mg liter ⁻¹) | 0,149 | 0,005 | 0,25 | 0,31 | 0,20 |

Keterangan: Nilai baku mutu air di ditetapkan Kelas II berdasarkan kriteria PP No. 82 Tahun 2001
Sumber: PJT-I (2004)

Analisis terhadap organisme plankton di Bendungan Sutami antara 2001-2004, menunjukkan pada saat *blooming algae* munculnya kelimpahan fitoplankton sebanyak 38 jenis yang dominasinya selalu berubah. Tiga spesies yang mendominasi adalah *Synedra* sp, *Ceratium* sp dan *Mycrocystis* sp.

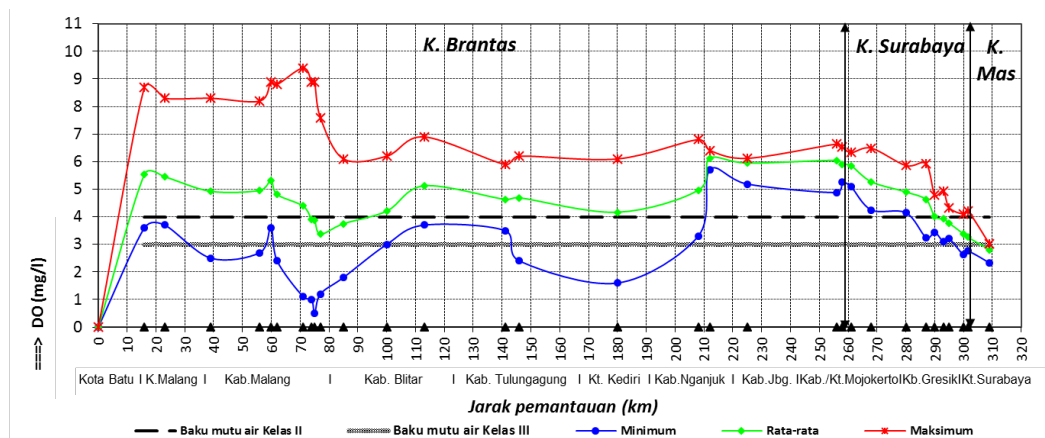
Alga *Synedra* sp merupakan bioindikator yang menunjukkan perairan memiliki kadar nitrat dan fosfat tinggi, *Ceratium* sp bersifat tidak beracun tetapi membutuhkan O₂ tinggi sehingga dapat menurunkan kadar oksigen terlarut, sedangkan *Mycrocystis* sp bersifat beracun karena menghasilkan racun *mycrocytin* yang dapat mengakibatkan kematian binatang yang meminum air tersebut, sedangkan pada manusia dapat mengakibatkan kerusakan pada hati (*hepar*) secara kronik.

Dapat disimpulkan, degradasi lahan telah mendorong pemakaian pupuk anorganik oleh petani, yang akhirnya tercuci dari lahan melalui limpasan permukaan dan sisa air irigasi. Residu dari pupuk anorganik, berupa larutan nitrat dan fosfat, terbawa ke aliran air di sungai, yang akhirnya berdampak pada kualitas air di bendungan. Rangkaian peristiwa ini dapat diamati di DAS Brantas Hulu.

3.2 Kondisi Aktual Kualitas Air

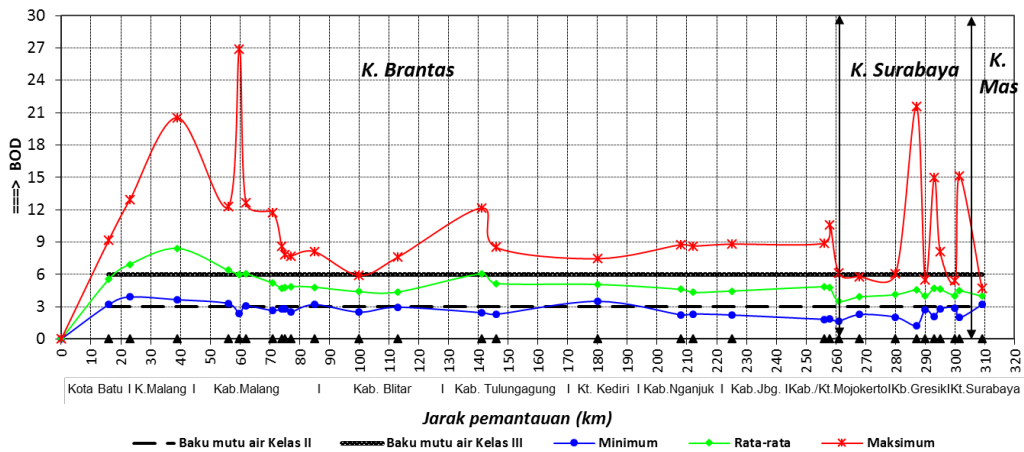
Pemantauan kualitas air di DAS Brantas telah dilaksanakan sejak lama dan oleh berbagai instansi, namun pemantauan secara terstruktur dengan titik pantau yang tetap telah dilaksanakan sejak 1989 hingga kini oleh Perum Jasa Tirta I. Hasil pemantauan tersebut menunjukkan variabilitas kualitas air, khususnya oleh berbagai aspek yang berasal dari luar aliran sungai itu sendiri, atau yang disebut *off-stream factors*.

Sebagai contoh dapat dilihat hasil pemantauan kualitas air di sepanjang Sungai Brantas hingga Sungai Mas pada tahun 2013 untuk tiga parameter yakni oksigen terlarut (*dissolved oxygen – DO*), BOD dan COD, yang disajikan pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6 berikut ini. Di luar beberapa parameter yang menjadi ketentuan penilaian baku mutu kualitas air, ketiga parameter ini (DO, BOD dan COD) dapat menjadi indikator yang baik mengenai perubahan kualitas air.



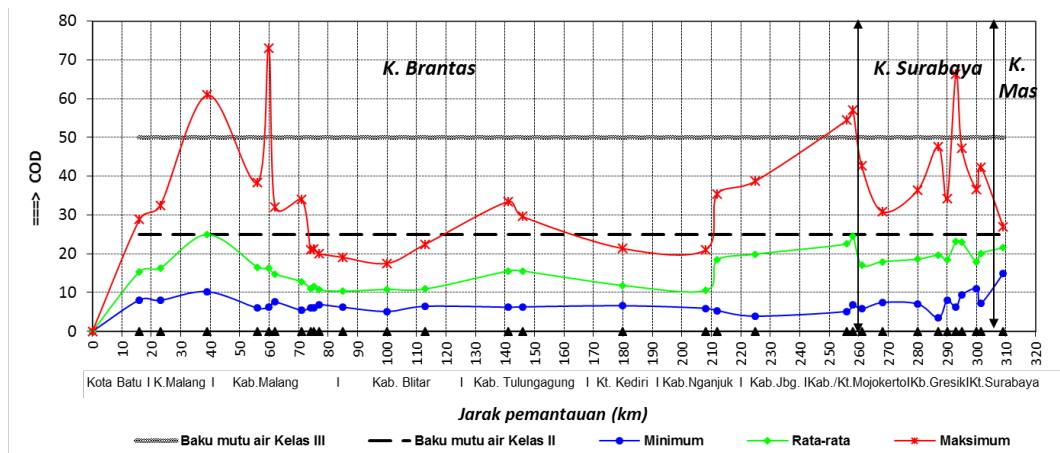
Gambar 4 – Nilai rerata 2013 konsentrasi oksigen terlarut (DO) minimum, rerata dan maksimum

Sumber: PJT-I (2013)



Gambar 5 – Nilai rerata 2013 *biological oxygen demand* (BOD) minimum, rerata dan maksimum

Sumber: PJT-I (2013)



Gambar 6 – Nilai rerata 2013 *chemical oxygen demand* (COD) minimum, rerata dan maksimum

Sumber: PJT-I (2013)

Hasil pemantauan menunjukkan bahwa kualitas air berubah seiring perubahan aliran sungai. Limbah cair yang memasuki sungai, khususnya dari sektor domestik dan industri memberi pengaruh yang besar pada kualitas air. Kualitas air Sungai Brantas mengalami penurunan saban Sungai melintasi beberapa aglomerasi urban, seperti Batu, Malang, Kediri, Jombang, Mojokerto dan Surabaya.

3.3 Pengelolaan Keragaman Hayati

3.3.1 Tumbuhan di Bantaran

Tumbuhan di bantaran sungai memiliki fungsi yang penting dalam memelihara keragaman hayati perairan, oleh karena berfungsi sebagai peneduh yang menjaga suhu air sungai sehingga dapat mempertahankan kondisi optimal oksigen terlarut, selain guguran daun dan serasahnya yang akan terurai di dalam air menjadi substrat yang memberi energi pada biota perairan.

Inventarisasi keanekaragaman hayati (tumbuhan) pada bantaran Sungai Brantas yang dilakukan Perum Jasa Tirta I bekerjasama dengan Ecoton (2013) menunjukkan hubungan yang erat antara keragaman dan kepadatan tumbuhan di bantaran dengan keseimbangan lingkungan pada ekosistem perairan. Naungan dari tumbuhan di bantaran sungai semakin berkurang dan menimbulkan dampak penurunan substrat yang menjadi makanan makroinvertebrata. Penurunan ini menyebabkan biota ini semakin berkurang dan pada akhirnya menyebabkan sebagian spesies ikan yang bergantung kepada rantai makanan di dalam perairan akhirnya tersingkir dan punah dari ekosistem setempat. Keadaan ini dapat diperparah dengan menurunnya kualitas air, terutama oleh limbah, yang mempercepat penurunan populasi hewan air di sungai.

Berdasarkan hasil kegiatan ini, diperoleh inventaris keanekaragaman hayati (tumbuhan) di bantaran Brantas, pengelompokan tumbuhan di bantaran Brantas berdasarkan kegunaan dan pemanfaatan tumbuhan oleh masyarakat dan mengetahui tingkat kesehatan ekologis Brantas berdasarkan parameter kondisi habitat fisik.

Hasil kajian etnobotani pada bantaran DAS Brantas menemukan sebanyak 116 jenis vegetasi yang terdiri dari 53 jenis pohon berkayu dan 63 jenis tumbuhan semak yang dapat digunakan oleh masyarakat sekitar bantaran sungai untuk berbagai kegunaan serta keperluan. Tumbuhan di bantaran Sungai Brantas bervariasi mencakup jenis tanaman dengan perakaran dalam yang dapat berfungsi sebagai pengendali kelongsoran, jenis yang memiliki kemampuan mempertahankan kelembaban dan zat hara tanah, maupun jenis yang dapat dipakai untuk keperluan pakan ternak.

Identifikasi kepadatan tanaman dan indeks nilai penting (unsur kepadatan, frekuensi dan dominasi) memberikan hasil yang bervariasi. Menggunakan indeks keragaman hayati Shannon-Wiener, ruas hulu Sungai Brantas memiliki keragaman hayati di bantaran sungai pada nilai 2,0 yang semakin meningkat ke arah ruas hilir, hingga mencapai nilai 3,1. Secara keseluruhan angka 2,0 hingga 3,1 ini masuk dalam kategori keragaman sedang (PJT-I, 2013).

3.3.2 Makroinvertebrata

Makroinvertebrata adalah biota perairan yang menjadi bagian dari kesatuan ekosistem sungai dan berperan dalam struktur rantai makanan yang mengikuti konsep kontinuitas energi sungai. Dalam struktur rantai makanan tersebut, makroinvertebrata menjadi makanan ikan dan oleh karena itu, populasi dari biota ini dapat dijadikan indikator kesehatan sungai. Gaudet (1974) melaporkan, kepadatan populasi makroinvertebrata pada sungai yang sehat dengan penampang bebatuan adalah sekitar 3.000 hingga 4.000 individu m^{-2} dan untuk penampang berlumut berkisar 400.000 individu m^{-2} .

Penurunan populasi makroinvertebrata dapat disebabkan berbagai faktor. Diyakini bahwa tutupan tanaman (kanopi) di bantaran sungai berperan sebagai sumber makanan (dari guguran daun dan serasah) serta tempat berlindung (habitat) bagi sebagian besar makroinvertebrata, sehingga berkurangnya tutupan tanaman tersebut akan mempengaruhi secara langsung populasi makroinvertebrata. Di luar itu semua, kualitas air sungai juga berperan dalam mempertahankan populasi makroinvertebrata, oleh karena fase kehidupan dari biota ini sebagian besar berada pada perairan. Kualitas air yang jelek akan mematikan potensi hidup dari biota ini.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Perum Jasa Tirta I di DAS Brantas pada 2008, ditemukan makroinvertebrata sebanyak 72 taksa yaitu terdiri dari 8 kelas

(*Insekta, Crustacea, Hirudinea, Oligochaeta, Nematoda, Turbellaria, Collembolla, dan Gastropoda*) mencakup 18 ordo (*Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera, Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, Hemiptera, Odonata, Decapoda, Isopoda, Basommatophora, Mesogastropoda dan Gordioidea*).

Sungai Leso (Gunung Kawi) memiliki jumlah tertinggi yaitu sebanyak 40 taksa dan Sungai Konto memiliki jumlah terendah yaitu 22 taksa, sedangkan Sungai Krecek (Gunung Welirang) memiliki 37 taksa dan Sungai Badak (Gunung Kelud) 30 taksa.

Berdasarkan intepretasi data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kondisi kualitas air yang terdapat di Sungai Leso (Gunung Kawi) dan Sungai Konto (Gunung Anjasmara) adalah tidak tercemar-tercemar ringan, kemudian Sungai Krecek (Gunung Welirang) memiliki kondisi kualitas air tercemar ringan-agak tercemar; sedangkan Sungai Badak (Gunung Kelud) adalah tercemar ringan-tercemar sedang.

Analisis data menunjukkan komposisi atau keanekaragaman makroinvertebrata bentuk sangat dipengaruhi oleh faktor fisik lingkungan, yaitu vegetasi riparian (naungan) dan tipe substrat dasar perairan, dari pada kualitas air. Bahkan, dari analisis yang menghubungkan kualitas air dengan populasi makroinvertebrata dapat diketahui bentuk *Chironomidae* dapat digunakan sebagai indikator kenaikan suhu air.

3.3.3 Ikan di Sungai

Penelitian tentang keanekaragaman jenis ikan antara 1916-1962 di Sungai Brantas oleh Weber dan Beaufort yang mencatat adanya 87 jenis spesies. Pada penelitian 1997 oleh Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya berhasil mengidentifikasi 50 jenis ikan. Bila dibandingkan penelitian Weber dan Beaufort maka terjadi penurunan 30% jenis spesies asli Brantas. Hal tersebut diduga karena spesies asli kalah bersaing dalam kompetisi dengan ikan non asli Brantas yang berasal dari habitat lain, ataupun akibat perubahan habitat alami ikan dan pencemaran air sungai.

Penelitian lain terkait keanekaragaman jenis ikan juga dilakukan Perum Jasa Tirta I bersama Ecoton (2011) untuk Sungai Brantas ruas tengah (Kabupaten Kediri, Nganjuk, Jombang, Mojokerto dan Gresik) menunjukkan hanya ditemukan 30 jenis spesies ikan, di mana inventarisasi dengan alat jaring hanya menemukan 17 jenis ikan.

Spesies ikan yang paling dominan dijumpai adalah ikan *sapu-sapu (Hypostomus plecostomus)* sedangkan jenis yang hanya dijumpai sangat sedikit selama penelitian ini adalah jenis *sili (Mastacembelus macrognatus)*, *bekepek (Mystacoleucus marginatus)*, *ula (Lalates longibarbis)* dan *kuthuk (Channa striata)*. Selain ke 4 jenis ikan tersebut, jenis ikan *seren (Cycloceilichthys enoplus)*, *montho (Osteochillus sp)* dan *berot (Mastacembelus unicolor)* juga sudah jarang ditemui.

Dapat disimpulkan dari sebaran spesies ikan di atas, jenis yang dominan adalah yang memiliki sifat tahan pencemaran semacam ikan sapu-sapu; sedangkan ikan yang secara endemik (asli) dari Sungai Brantas semakin menurun populasinya karena bahkan dapat dikategorikan dalam keadaan langka, karena memerlukan lingkungan perairan dengan kualitas air yang lebih.

Dalam penelitian, diketahui pula beberapa jenis ikan yang bersifat kosmopolit atau selalu dijumpai pada setiap titik pengamatan yaitu *wader putih (Barbodes gonionotus)*, *wader abang (Barbodes balleroides)*, *rengkik (Mystus nemurus)* dan *keting (Mystus nigriceps)*. Ikan jenis ini dapat beradaptasi pada perubahan kualitas

air, meskipun dalam kasus ikan rengkik misalnya, warna ikan di Sungai Brantas ruas tengah dan hilir bisa berbeda karena dampak pencemaran (PJT-I, 2011).

IV. Penanganan dan Upaya Konservasi Sumberdaya

4.1 Pengendalian Kualitas Air

4.1.1 Rencana Induk Pengendalian Kualitas Air

Pengendalian kualitas air menuntut adanya perencanaan yang baik, di samping pelaksanaan pengendalian itu sendiri. Sejak 1989 DAS Brantas telah memiliki Rencana Induk Pengendalian Kualitas Air. Namun dari hasil evaluasi pelaksanaan tahap jangka pendek (antara tahun 1990-1995) diperoleh kesimpulan sasaran tidak tercapai. Penyebab dari tidak tercapainya sasaran Rencana Induk (1989) ini adalah: pertama-tama karena tidak didukung legitimasi memadai dari Pemerintah Provinsi Jawa Timur; kedua pada saat itu belum ada lembaga yang bertanggungjawab dalam pelaksanaan pengendalian pencemaran air; ketiga peraturan perundang-undangan yang ada belum mendukung terlaksananya pengendalian kualitas air secara memadai sehingga keseluruhan pelaksanaannya masih bersifat parsial.

Untuk menyempurnakan Rencana Induk (1989) maka pada 1997 dimulai sebuah proses kajian ulang melalui Surabaya River Pollution Control Action Plan (SRPCAPS). Pekerjaan SRPCAPS ini dilaksanakan dengan dana Loan IBRD No. 3726-IND untuk Surabaya Urban Development Project (SUDP). Sebagai pemilik pekerjaan adalah Proyek Penyediaan dan Pengelolaan Air Bersih (PPAB) Jawa Timur, dan pengawasan teknis pekerjaan ini dilimpahkan kepada Perum Jasa Tirta. Pekerjaan dimulai bulan Mei 1997 dan selesai pada bulan Mei 1999.

SRPCAPS menghasilkan suatu dokumen berisi sasaran dan rencana aksi tindakan dalam pengelolaan kualitas air yang disebut Water Quality Management Action Plan (WQMAP) untuk DAS Brantas (1999). WQMAP ini memiliki pembagian waktu: jangka pendek/mendesak (2000-2005); jangka Menengah (2006-2010) dan jangka panjang (2011-2020).

Beberapa sasaran kunci mencakup:

1. Penurunan beban limbah domestik sebesar 42 ton-BOD hari⁻¹ (dari 224 menjadi 182 ton-BOD hari⁻¹) untuk jangka pendek; 83 ton-BOD hari⁻¹ (dari 234 menjadi 151 ton-BOD hari⁻¹) untuk jangka menengah; dan 165 ton-BOD hari⁻¹ (turun dari 257 menjadi 151 ton-BOD hari⁻¹) untuk jangka panjang.
2. Penurunan beban limbah industri 145 ton-BOD hari⁻¹ (dari 171 menjadi 26 ton/hari) untuk jangka pendek; 182 ton-BOD hari⁻¹ (dari 208 menjadi 26 ton/hari) untuk jangka menengah; 282 ton-BOD hari⁻¹ (dari 308 menjadi 26 ton-BOD hari⁻¹) untuk jangka panjang, di mana semua industri pencemar memenuhi baku mutu limbah.
3. Penambahan debit pemeliharaan sungai sebesar 4 m³ detik⁻¹ (dari 7,5 menjadi 11,5 m³ detik⁻¹) untuk jangka pendek; 3 m³ detik⁻¹ (dari 11,5 menjadi 14,5 m³ detik⁻¹) untuk jangka menengah; dan 5,5 m³ detik⁻¹ (dari 14,5 menjadi 20 m³ detik⁻¹) untuk jangka panjang.
4. Peningkatan efisiensi air irigasi (*overall efficiency*) di daerah irigasi Delta Brantas sebesar 5% (meningkat dari 27% menjadi 32%) untuk jangka pendek; 8% (dari 32% menjadi 40%) untuk jangka menengah; dan 8% (naik dari 32% menjadi 50%) untuk jangka panjang.

5. Penerbitan peraturan perizinan pembuangan limbah cair.
6. Penerapan iuran pembuangan limbah cair untuk industri, hotel, restoran dan rumah sakit.
7. Pengembangan komunikasi dan pembagian peran antara Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah (BAPEDALDA) yang kini menjadi Badan Lingkungan Hidup (BLH) Provinsi Jawa Timur dengan instansi terkait lain dalam pengendalian pencemaran

4.1.2 Pelaksanaan Pengendalian Kualitas Air

Pengendalian pencemaran di Sungai Brantas telah ditempuh dengan berbagai kegiatan dan upaya, antara lain:

1. Sebagai tindaklanjut PP No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air telah diterbitkan sejumlah peraturan dan keputusan daerah, seperti: Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur No 2 Tahun 2010 tentang Pengendalian Kualitas dan Penanganan Pencemaran; Peraturan Gubernur Provinsi Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Penetapan Baku Mutu Limbah Cair.
2. Menjalankan sistem pemantauan kualitas air, yang terdiri atas pemantauan *off-line* dan *on-line*.
 - a. Pemantauan *off-line* merupakan pemeriksaan air secara rutin dan bertujuan mendapatkan data kualitas air secara terus-menerus (*time-series*). Saat ini di sepanjang Sungai Brantas secara rutin telah dilakukan kegiatan pemantauan kualitas air secara *off-line* pada: 51 lokasi titik pantau di Sungai Brantas (termasuk di waduk); 55 lokasi titik pantau limbah industri dan 10 lokasi titik pantau limbah domestik.
 - b. Pemantauan kualitas air *on-line* yang bersifat *real time* bertujuan untuk menyediakan informasi sesaat mengenai kualitas air sungai untuk membantu pengambilan suatu keputusan. Informasi yang bersifat cepat dan tepat dapat dimanfaatkan sebagai dasar untuk penindakan. Data yang dipantau secara *on-line* adalah: pH, temperatur, daya hantar listrik (*conductivity*), oksigen terlarut (*dissolved oxygen*), kekeruhan (*turbidity*), kandungan amonia terlarut (NO_4^-), orthophosphat (PO_4^-) dan BOD.
3. Mendorong tumbuhnya pengawasan dari masyarakat melalui berbagai wadah yang dimungkinkan, baik Tim Koordinasi Pengelolaan Sumberdaya Air (TKPSDA), Forum Daerah Aliran Sungai (Forum DAS), organisasi non-pemeintah dan akademisi.
4. Pemerintah Provinsi Jawa Timur menjalankan pembinaan, pengawasan dan pengendalian terhadap kualitas air Sungai Brantas sesuai peraturan daerah yang berlaku, antara lain melalui inisiatif:
 - a. Program Kali Bersih (PROKASIH) yang telah dimulai di Sungai Brantas sejak 1989 sampai kini berupa tindakan pada industri yang menjadi pencemar (dengan menggunakan instalasi pengelolaan limbah). PROKASIH saat ini ditindaklanjuti dengan Patroli Air sebagai upaya penegakan (*enforcement*).
 - b. Program Penertiban (PROPER) dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Provinsi Jawa Timur, sebagai upaya penegakan peraturan dan ketaatan terhadap aturan lingkungan hidup.

- c. Pengendalian pada sumber pencemar domestik (rumah tangga) di mana telah dilakukan pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga (IPAL-RT) secara komunal di kawasan perkotaan (Surabaya, Kediri, Mojokerto, Sidoarjo dan Malang).
5. Secara rutin Perum Jasa Tirta I melaporkan hasil pemantauan kualitas air di DAS Brantas kepada Pemerintah Provinsi Jawa Timur dan Pemerintah Kabupaten dan Kota terkait di DAS Brantas (triwulan dan tahunan). Pelaporan ini diharapkan dapat dipergunakan mengambil langkah pengelolaan air sehingga memenuhi baku mutu yang ditetapkan sesuai dengan peruntukannya. Pemerintah dapat memberikan sanksi bagi pelanggar pencemaran misalnya dengan menutup titik pelepasan limbah.
6. Untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya kelestarian sungai dan pengelolaannya, maka berbagai institusi di DAS Brantas memiliki kewajiban melakukan penyuluhan kepada masyarakat umum, siswa/siswi sekolah. Salah satu contoh berhasil adalah kerjasama Perum Jasa Tirta I dengan Jaring-jaring Pemantau Kualitas Air (JKPKA) yang beranggotakan 90 Sekolah Menengah Atas (SMA) dan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di DAS Brantas, selain beberapa perguruan tinggi Universitas Negeri Malang dan Universitas Muhammadiyah Malang dalam melakukan penyuluhan kepada para pelajar dan mahasiswa.

4.2 Praktek Baik (Good Practices) di DAS Brantas

4.2.1 Konservasi Lahan dan Air

Upaya konservasi lahan dan air di DAS Brantas, sebagaimana yang lazim dipergunakan adalah dengan menutup permukaan tanah serapat mungkin menggunakan tajuk tanaman secara bertingkat maupun serasah di permukaan lahan, dengan tujuan memperbesar volume air yang diserap masuk ke dalam tanah sehingga aliran permukaan yang terjadi kecil dan dengan kekuatan yang tidak merusak. Metode ini telah diterapkan di DAS Brantas Hulu secara sistematis dan berdasarkan data BPDAS (2011) diketahui sasaran kegiatan penanaman pohon ini di wilayah DAS Brantas Hulu mencapai 30,96 km² untuk kawasan hutan dan 127,64 km² di kawasan berhutan.

Pengendalian degradasi lahan tidak dapat dipisahkan dari pola pengelolaan sumberdaya alam yang dilakukan masyarakat di dalam DAS. Sekitar 38% dari lahan di wilayah DAS Brantas dimanfaatkan untuk keperluan pertanian, baik secara intensif maupun semi-intensif (perladangan). Dengan demikian, pengelolaan sumberdaya lahan – khususnya oleh para petani – memainkan peranan penting.

4.2.2 Pemeliharaan Keragaman Hayati

Dalam upaya pengelolaan keanekaragaman hayati di DAS Brantas diperlukan tindakan:

- Penetapan kawasan-kawasan penting atau penetapan daerah suaka perairan pada daerah-daerah di Brantas. Upaya ini harus melibatkan Pemerintah Kabupaten/Kota, Pemerintah Kecamatan, Pemerintah Desa dan kelompok-kelompok masyarakat untuk menjaga tutupan vegetasi di bantaran sungai, memelihara biota perairan yang ada dan turut serta merehabilitasi sungai sebagai habitat biota perairan (makrovertebrata dan ikan).

- Peningkatan kualitas air dengan cara pengendalian pencemaran domestik maupun industri. Pengolahan limbah cair melalui pengolah komunal maupun individual, baik untuk domestik maupun industri.
- Perubahan perilaku masyarakat untuk tidak membuang sampah ke sungai terutama sampah organik maupun anorganik dengan memilah sampah, memproses ulang sampah (pemakaian kembali dan daur ulang), melakukan composting untuk sampah organik serta menyediakan sarana pengolahan limbah domestik secara komunal.
- Patroli air yang melibatkan instansi pemerintah dan kepolisian serta pemasangan plakat dan himbauan pelestarian, sebagai upaya edukasi masyarakat dan pelaku usaha.
- Rehabilitasi daerah bantaran sungai dengan relokasi bangunan-bangunan di bantaran sungai

Perubahan status atau kondisi suatu lingkungan dapat diketahui dengan penggunaan indikator biologis pada umumnya berupa spesies indikator. Berbagai karakter dan sifat spesies indikator seperti keberadaan atau menghilangnya dari suatu lingkungan, kelimpahan relatifnya, ciri-ciri morfologis dan fisiologis, perilaku serta vitalitas dan responnya berkorelasi dengan lingkungan sehingga dapat dijadikan sebagai petunjuk tentang perubahan status atau kondisi suatu lingkungan.

4.2.3 Pengembangan Inisiatif Ramah Lingkungan

Beberapa upaya konservasi, termasuk di dalamnya adaptasi terhadap perubahan iklim dalam lingkup di Indonesia, sudah dilakukan baik secara terpisah maupun bersama-sama oleh berbagai pihak, baik yang mewakili unsur pemerintah maupun masyarakat, pada berbagai tingkatan.

Pemerintah Republik Indonesia (RI) telah menyanangkan perluasan EBT untuk berbagai keperluan pemenuhan energi negeri ini. Peraturan Presiden RI No 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional menyanangkan pada tahun 2025 komposisi pemanfaatan energi di negeri ini akan berubah dengan memperbesar peran EBT menjadi 17% dari seluruh *mix-energy* (ESDM, 2012).

Tabel 6 - Potensi pembangkitan listrik di DAS Brantas

| Nama Lokasi | Wilayah Administrasi | Potensi Kapasitas MW |
|-----------------|----------------------|-------------------------|
| Lesti III | Kab. Malang | 12,6 |
| Karangates IV-V | Kab. Malang | 80,6 |
| Kesamben | Kab. Blitar | 26,0 |
| Lodagung | Kab. Blitar | 0,9 |
| Lodoyo II | Kab. Blitar | 4,5 |
| Wangi | Kab. Tulungagung | 7,0 |
| Mrican | Kab. Kediri | 2,7 |
| Mlirip | Kab. Sidoarjo | 1,0 |
| Menturus | Kab. Jombang | 1,4 |
| Jatimlerek | Kab. Jombang | 1,5 |

Sumber: PJT-I (2013)

Potensi pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) untuk keperluan pembangkitan listrik sebaliknya sudah cukup berkembang di DAS Brantas. Potensi tenaga air sebagai *prime mover* untuk membangkitkan listrik cukup besar. Seluruh kapasitas pembangkitan listrik dari tenaga air di DAS Brantas adalah 270,6 M-Watt, namun dengan potensi limpasan permukaan yang besar di sungai-sungai maka

masih terdapat potensi tambahan kapasitas sebesar 138,2 M-Watt. Potensi limpasan yang dapat dipergunakan membangkitkan listrik adalah sebagaimana Tabel 6.

Di luar dari potensi pembangkitan listrik dari sumber tenaga air, masih terdapat potensi energi baru dan terbarukan (EBT) di DAS Brantas yang cukup signifikan seperti dari angin, matahari, biomassa dan energi pasang-surut.

Potensi angin di Indonesia untuk membangkitkan listrik cukup baik walau persebaran potensinya tidak merata (Martosaputro, 2012). Daya terpasang dari pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia seluruhnya baru sebesar 0,34 M-Watt (PLN, 2012). Untuk DAS Brantas, potensi tenaga angin telah ditinjau beberapa kali (ESDM, 2012); namun belum dilakukan pembangunan pembangkit secara komersial. Musyafa *et al* (2011) menunjukkan di Provinsi Jawa Timur ada dua lokasi (yakni Kecamatan Sawahan Kabupaten Nganjuk dan pantai timur Kabupaten Sidoarjo) yang memiliki potensi ekonomis sebesar masing-masing 1 M-Watt daya terpasang per-titik.

4.2.4 Pemanenan Air Hujan

Upaya lain berupa meningkatkan ketersediaan air adalah dengan memanfaatkan secara maksimal air hujan melalui proses penyimpanan air dengan teknologi *cistern*, sumur resapan, tandon tertutup, jebakan air ataupun tampungan terbuka lainnya. Selain dengan metode konvensional tersebut, tak tertutup kemungkinan melakukan pemanenan uap air di udara melalui penyemaian awan (modifikasi cuaca).

Pemanenan air hujan didorong oleh tingginya variabilitas iklim, yang antara lain disebabkan aspek global (fenomena El-Niño dan La-Niña), aspek meso (keikliman karena pola muson dan *dipole*) serta aspek mikro (kondisi orografis dari pegunungan di Pulau Jawa).

Pelaksanaan teknologi modifikasi cuaca (TMC) di DAS Brantas telah dilakukan sebanyak kurang lebih 4 kali, yakni berturut-turut 1998, 2007, 2012 dan 2013. Tujuan semula TMC adalah menambah ketersediaan air, khususnya pada tahun kering secara hidrologis (1998) namun, belakangan (2007, 2012 dan 2013) dapat diarahkan kepada pemantapan aliran permukaan. Pelaksanaan TMC dipusatkan pada bagian hulu dari DAS Brantas khususnya pada daerah tangkapan air dari Bendungan Sengguruh, Sutami (Karangkates) dan Lahor – yang seluruhnya memiliki luas 2.170 km² (Valiant dan Harianto, 2013). Hasil TMC di DAS Brantas dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7 – Ringkasan pelaksanaan teknologi modifikasi cuaca di DAS Brantas

| Rincian | 2007 | 2012 | 2013 |
|-----------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Waktu pelaksanaan | 11 Feb-2 Mar | 23 Okt-7 Des | 10 Mei-4 Jun |
| Jumlah hari kegiatan | 20 | 36 | 20 |
| Jumlah penerbangan (<i>sortie</i>) | 51 | 42 | 29 |
| Jumlah bahan semai (kg) | 55.825 | 36.740 | 34.000 |
| Volume tambahan aliran masuk (juta m ³) | | | |
| - Bendungan Sengguruh | 45,07 | 85,58 | 71.594.500 |
| - Bendungan Sutami | 40,52 | 175.10 | 126.935.400 |
| Total tambahan energi listrik (kWh) | 12.493.256 | 48.197.833 | 35.447.076 |

Sumber: PJT-I (2013)

4.3 Analisis Masalah dalam Konservasi

Beberapa persoalan dalam konservasi sumberdaya lahan dan air di lingkup DAS Brantas:

1. Kegiatan penanaman pohon untuk mengurangi degradasi lahan dan pelepasan cadangan karbon dalam kerangka mitigasi dampak masih dilakukan secara sporadis dan tidak tepat kawasan yang menjadi sasaran. Hal ini ditunjukkan oleh data tutupan lahan DAS Brantas (BPDAS, 2011) di mana secara umum memang terjadi penambahan luas tutupan pohon namun justru di luar kawasan yang direncanakan menjadi hutan. Secara umum, luas tutupan pohon di luar kawasan hutan di DAS Brantas naik 72,3% (2003 sampai 2011) namun kegiatan konservasi ini justru terjadi di kawasan non-hutan dan sebaliknya tidak meningkatkan luas tutupan pohon di kawasan hutan.
2. Sebagian besar kegiatan konservasi di luar kawasan hutan menggunakan tanaman berkayu dari jenis sengon (*Albizia chinensis* Osb. Merr), jabon (*Neolamarckia cadamba* Roxb. Bosser) dan pinus/tusam (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vries). Meskipun ketiga jenis tanaman ini memiliki sebaran di kawasan Asia dan sesuai dengan keikliman tropis (dataran di bawah 1.800 meter di atas permukaan laut) namun masih diragukan apakah memperbesar serapan air oleh karena faktor fisiologis tanaman tersebut yang membuatnya memiliki evapotranspirasi yang tinggi. Selain itu, jenis tanaman tersebut juga dianggap tidak memiliki simpanan karbon yang memadai, yang disebabkan antara lain oleh ketebalan kambium dan sifatnya pohon yang dipanen kayunya dalam jangka pendek.
3. Kegiatan konservasi untuk memperbaiki lahan belum dilaksanakan secara terencana (*designated*), menyatu (*integrated*) dan terkoordinasi antar instansi. Saat ini kegiatan konservasi di DAS Brantas memang sudah berjalan secara sistematis di bawah Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan (GNRHHL) sejak 2001 maupun Gerakan Kemitraan Nasional Penyelamatan Air (GNKPA) sejak 2004 namun penerapan lokasi belum konsisten dengan sasaran serta masing-masing instansi belum terikat dengan dokumen perencanaan yang menyatu serta evaluasi hasil yang menyeluruh.
4. Tekanan kependudukan secara praktis menyebabkan rehabilitasi lahan kritis bertentangan dengan upaya konversi lahan untuk keperluan permukiman dan pertanian. Selain itu, dalam analisis oleh Abdurahman *et al* (2012) dan Ruminta dan Handoko (2012) tampak bahwa di mana ketersediaan air atau sumberdaya lahan menipis justru di sanalah kerentanan muncul secara masif. Sehingga dengan jumlah penduduk di DAS Brantas yang tinggi – pada 2010 kepadatannya mencapai 1.360 jiwa km⁻² – menyebabkan DAS ini menjadi salahsatu wilayah terpadat di Jawa Timur yang memerlukan terobosan dari segi perencanaan spasial. Tekanan kependudukan beserta implikasi ekonomis di DAS Brantas bersama-sama DAS Citarum dan DAS Ciliwung, termasuk yang tertinggi bahkan untuk tingkat Asia, menyiptakan hambatan spasial yang tinggi juga.

4.4 Rekomendasi untuk Konservasi Sumberdaya Lahan dan Air

Beberapa kegiatan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efektifitas konservasi lahan dan air adalah sebagaimana berikut.

1. Mengembangkan strategi dan program tata ruang di kawasan Malang Raya yang lebih peka pada konservasi lahan dan perubahan iklim khususnya berdasarkan kajian yang telah dilakukan oleh Abdurahman *et al* (2012). Dalam analisis untuk sektor keairan tersebut diketahui perubahan iklim akan mendorong risiko kekeringan sebagai akibat kenaikan suhu udara dan penurunan potensi curah hujan. Demikian pula perubahan iklim dapat mempengaruhi intensitas hujan – yang pada skala DAS Brantas termasuk di dalamnya kawasan Malang Raya – berpotensi menimbulkan hujan dengan intensitas tinggi yang mendorong kejadian banjir tiba-tiba (*flash flood*). Peningkatan risiko sebagai akibat dari ancaman bahaya kekeringan dan banjir, perlu diterjemahkan ke dalam penataan ruang yang lebih peka pada kerentanan berbagai kawasan.
2. Mengembangkan strategi dan program dalam pengelolaan sektor pertanian yang lebih peka pada konservasi sumberdaya lahan dan air, serta mencakup perhatian pada persoalan perubahan iklim. Sebagaimana telah dikaji oleh Ruminta dan Handoko (2012) perlu dilakukan inventarisasi, penataan dan pengembangan potensi lahan yang dapat disesuaikan dengan ancaman bahaya kekeringan dan banjir di dalam wilayah Malang Raya, khususnya DAS Brantas. Inventarisasi, penataan dan pengembangan lahan yang tepat akan mengurangi kerentanan di sektor pertanian apabila terjadi perubahan iklim yang mendorong munculnya variabilitas iklim.
3. Dalam bentuk lain, upaya kegiatan konservasi lahan untuk menjamin ketersediaan air dalam keadaan iklim yang berubah, juga perlu direncanakan dengan baik:
 - a. Sejauh ini, kegiatan konservasi belum terpusat pada kawasan hutan dan cenderung dilaksanakan di luar kawasan hutan, sehingga perlu didorong intensifikasi konservasi pada kawasan hutan dan pelaksanaan yang lebih selektif untuk konservasi di luar kawasan hutan.
 - b. Membatasi penggunaan tanaman berkayu yang memiliki fisiologi dengan evapotranspirasi yang tinggi semacam sengon (*Albizia chinensis* Osb. Merr), jabol (*Neolamarckia cadamba* Roxb. Bosser) dan pinus atau tusam (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vries) pada konservasi di luar kawasan hutan.
 - c. Sebaliknya memperkenalkan kembali berbagai spesies tanaman lokal (indigenous) di kawasan hutan yang dapat memperbaiki tutupan lahan dan menyiptakan telekoneksi keikliman yang membangun kecukupan air di dalam suatu DAS.
4. Mengembangkan sistem koordinasi yang lebih baik antar instansi dalam konservasi sehingga kegiatan dilaksanakan secara lebih terencana (*designated*), menyatu (*integrated*) dan terkoordinasi antar instansi. Untuk itu keberadaan suatu dokumen rencana pengelolaan DAS – yang dapat diterima dan diterapkan berbagai instansi – amat diperlukan. Dokumen ini bertindak sebagai protokol dalam penyusunan rencana konservasi bagi berbagai instansi yang terlibat dalam pengelolaan sumberdaya hutan, tanah dan air di DAS Brantas.
5. Mengembangkan berbagai upaya adaptasi secara terstruktur:
 - a. Mendorong penghematan bahan bakar atau sebaliknya meningkatkan pemanfaatan bahan bakar dengan kombinasi nabati. Untuk kawasan DAS Brantas perlu didorong upaya perluasan kegiatan bercocok

tanaman yang dapat dipakai menghasilkan bahan bakar nabati. Sejauh ini beberapa komoditi dapat dikembangkan di lahan kering seperti ketela kayu (*Manihot cassava*) dan jarak (*Jatropha curcass*) untuk diolah menjadi bahan bakar nabati. Namun skala pengembangan dari usaha tanaman jenis ini dan juga industri pengolahannya perlu lebih didorong. Walaupun demikian, perlu dipilih tanaman yang tidak memiliki evapotranspirasi tinggi.

- b. Menciptakan peluang bagi pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) untuk pembangkitan listrik sehingga potensi tambahan kapasitas sebesar 138,2 M-Watt dari tenaga air di DAS Brantas dapat dimanfaatkan.
- c. Pemanenan air hujan dengan memanfaatkan secara maksimal air hujan melalui proses penyimpanan pada *cistern*, *water-trap* dan lain-lain telah dilaksanakan di berbagai kawasan beriklim kering di dunia, juga di Indonesia serta telah dikaji efektifitasnya secara khusus (Laurentia, 2011); maupun dengan memanen uap air di udara melalui penyemaian awan (modifikasi cuaca).
- d. Tekanan kependudukan beserta implikasi ekonomis di DAS Brantas termasuk yang tertinggi di Indonesia, bahkan untuk tingkat Asia, merupakan hambatan spasial yang signifikan. Sehingga perlu dipertimbangkan dalam berbagai perencanaan pembangunan – seperti halnya koridor pertumbuhan ekonomi melalui Master Plan Percepatan Pertumbuhan Ekonomi Indonesia (MP3EI) untuk mempertimbangkan pula keterbatasan-keterbatasan sumberdaya air dan lahan. Untuk koridor pertumbuhan di Jawa Timur, analisis risiko dari perubahan iklim pada sektor keairan dan pertanian untuk DAS Brantas – sebagaimana yang disampaikan oleh Abdurahman *et al* (2012) dan Ruminta dan Handoko (2012) – patut dipertimbangkan.

V. Kesimpulan

1. Seiring dengan perkembangan pembangunan, apabila tidak diimbangi dengan pengelolaan sumber daya air yang memadai (terutama pengelolaan kualitas air), akan mengakibatkan penurunan kualitas air sebagaimana yang terjadi di Sungai Brantas. Air yang berhubungan erat dengan lahan terancam oleh keberadaan manusia, baik akibat perubahan pada siklus hidrologi, limbah (rumah tangga, industri dan pertanian) yang dibuang ke perairan danau, waduk, rawa dan sungai-sungai di dunia, maupun pelepasan gas rumah kaca yang mendorong perubahan iklim global.
2. Dalam mengendalikan pencemaran air, diperlukan komitmen semua pihak yang berkepentingan. Berkaitan dengan degradasi lahan yang semakin lama mengemuka – termasuk di dalamnya DAS Brantas – perlu dilakukan upaya reklamasi lahan agar kelestarian dan fungsi lahan dapat dipertahankan sehingga kualitas air yang juga terganggu oleh limbah pertanian dan pencucian zat hara tanah dapat dikendalikan. Upaya reklamasi lahan untuk mengendalikan degradasi lahan ini akan memberi kontribusi yang signifikan dalam pengelolaan kualitas air di suatu DAS.
3. Perlu penegakan hukum (*law enforcement*) yang memadai terhadap pelaku pencemaran air Sungai Brantas dengan mengikutsertakan masyarakat yang mempunyai kontrol sosial yang positif dan kondusif. Peran serta masyarakat

merupakan kekuatan yang sangat berharga dalam pengendalian pencemaran karena tanpa adanya peran serta masyarakat semua upaya yang dilakukan akan sia-sia.

4. Mengembangkan sistem koordinasi yang lebih baik antar instansi dalam konservasi sehingga kegiatan dilaksanakan secara lebih terencana (*designated*), menyatu (*integrated*) dan terkoordinasi antar instansi.
5. Perlunya penerapan iuran pengelolaan limbah cair bagi industri yang membuang limbahnya ke badan sungai, diharapkan dari hasil iuran tersebut dapat digunakan untuk pemulihan lingkungan.

V. Pustaka

- Abdurahman, O., M. I. Iman, E. Riawan, B. Setiawan, N. Puspita dan Z. G. Fad. 2012. *Climate Risk and Adaptation Assessment for the Water Sector – Greater Malang*. Kementerian Lingkungan Hidup, Pemerintah Republik Indonesia.
- Arnell, N. W. 1999. Climate change and global water resources. *Global Environmental Change* **9**: 31-49.
- Arnell, N. W., M. J. L. Livermore, S. Kovats, P. E. Levy, R. Nicholls, M. L. Parry, dan S. R. Gaffin. 2004. Climate and socio-economic scenarios for global-scale climate change impacts assessments: characterizing the SRES storylines. *Global Environmental Change* **14**: 3-20.
- Arsyad, S. 2013. Konservasi Tanah dan Air dalam Penyelamatan Sumberdaya Air. *Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan* (penyunting: Sitanala Arsyad dan Ernan Rustiadi). Yayasan Pustaka Obor, Jakarta, Indonesia: 161-184. ISBN 978-979-461-702.1
- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia. ISBN 979-420-737-3.
- Asian Development Bank (ADB). 2010. *Asian Water Development Outlook*. Manilla, Filipina.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Brantas. 2003a. *Rencana Teknik Lapangan (RTL) Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Sub DAS Lesti*. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, Departemen Kehutanan, Indonesia.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Brantas. 2003b. *Rencana Teknik Lapangan (RTL) Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Sub DAS Melamon (Metro-Lahor-Lemon)*. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, Departemen Kehutanan, Indonesia.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Brantas. 2003c. *Rencana Teknik Lapangan (RTL) Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Sub DAS Ambang (Amprong-Bango)*. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, Departemen Kehutanan, Indonesia.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Brantas. 2007. *Statistik Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Brantas Tahun 2007*. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, Departemen Kehutanan, Indonesia.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Brantas. 2011. *Rencana Pengelolaan Terpadu Daerah Aliran Sungai Brantas*. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, Departemen Kehutanan, Indonesia.
- Banuwa, I. S. 2013. *Erosi*. Kencana Prenada Media, Jakarta, Indonesia. ISBN 978-602-7985-02-5
- Boomgaard, P. 2007. *A World of Water: Rain, Rivers and Seas in the Southeast Asia History*. Verhandelingen van het Koninklijk Instituut voor Taal-, Land- en Volkunde (KITLV) No 240, Leiden, Belanda.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Summary for Policymakers. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (penyunting: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller). Cambridge University Press, Cambridge, Inggris. Mitchell, B., B. Setiawan & D. H. Rahmi. 2010. *Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia.
- Kanae, S. 2009. Global warming and the water crisis. *Journal of Health Science* **55(6)**: 860-864.
- Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia (ESDM). 2012. *Statistik Ketenagalistrikan 2011*. Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. Jakarta, Indonesia.
- Li, Z., W. Liu, X. Zhang, dan F. Zheng. 2009. Impacts of land use change and climate variability on hydrology in an agricultural catchment on the Loess Plateau of China. *Journal of Hydrology* **377**: 35-42

- Martosaputro, S. 2012. Wind energy potential and development in Indonesia. *Second Clean Power Asia*. Bali, 14-15 Mei 2012. [diunduh 23 Oktober 2013 dari dokumen elektronik: http://energy-indonesia.com/03dge/Soeripno_Martosaputro.pdf]
- Musyafa', A., I. M. Y. Negara, dan I. Robandi. 2011. Wind-electric power potential assessment for three locations in East Java-Indonesia. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember Journal for Technology and Science* **22(3)**: 122-127.
- Oki, T. dan S. Kanae. 2006. Global hydrological cycles and world water resources. *Science* **313**: 1068-1072. DOI: 10.1126/science.1128845
- Perusahaan Umum Jasa Tirta I (PJT-I). 2004. *Monitoring Dinamika Komunitas Fitoplankton dan Zooplankton di Waduk Sutami*. Laporan Internal [tidak dipublikasikan]
- Perusahaan Umum Jasa Tirta I (PJT-I). 2008. *Studi Komposisi Makroinvertebrata di Brantas Bagian Hulu*. Laporan Internal [tidak dipublikasikan]
- Perusahaan Umum Jasa Tirta I (PJT-I). 2011. *Inventarisasi Keanekaragaman Jenis Ikan di Brantas*. ECOTON. Laporan Internal [tidak dipublikasikan]
- Perusahaan Umum Jasa Tirta I (PJT-I). 2012. *Kurva H-V Bendungan Sutami (Echo-Sounding)*. Laporan Internal [tidak dipublikasikan]
- Perusahaan Umum Jasa Tirta I (PJT-I). 2013. *Evaluasi Pelaksanaan Perlindungan Daerah Aliran Sungai*. Laporan Internal [tidak dipublikasikan]
- Perusahaan Umum Jasa Tirta I (PJT-I). 2013. *Inventarisasi Keanekaragaman Hayati Tumbuhan Bantaran Brantas*. Laporan Internal [tidak dipublikasikan]
- PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) (PLN). 2012. *Statistik PLN 2011*. Jakarta, Indonesia. ISSN No. 0852-8179.
- Rahim, S. E. 2003. *Pengendalian Erosi Tanah Dalam Rangka Pelestarian Lingkungan Hidup*. Penerbit Bumi Aksara, Jakarta, Indonesia. ISBN 979-526-340-4
- Ravi, S., D. D. Breshears, T. E. Huxman, dan P. D'Odorico. 2010. Land degradation in drylands: interaction among hydrologic-aerolian erosion and vegetation dynamics. *Geomorphology* **116**: 236-245.
- Rayes, M. L. 2007. *Metode Inventarisasi Sumberdaya Lahan*. Penerbit Andi, Yogyakarta, Indonesia: 118-140. ISBN 979-763-613-5
- Ruminta dan Handoko. 2012. *Climate Risk and Adaptation Assessment for the Agriculture Sector – Greater Malang*. Kementerian Lingkungan Hidup, Pemerintah Republik Indonesia.
- Soekistijono. 2005. *Pencemaran Air Waduk Tanggung Jawab Siapa? Kasus Studi: Waduk Sutami*. Seminar Nasional Bendungan Besar, Komite Nasional Indonesia untuk Bendungan Besar (KNIBB), Jakarta, Indonesia.
- Subramanya, K. 1999. *Engineering Hydrology*. Tata Mc. Graw-Hill Publishers, New Delhi, India. ISBN 0-07-462449-8
- Turrall, H., J. Burke dan J. M. Faurès. 2008. *Climate Change, Water and Food Security*. Food and Agriculture Organization (FAO), Report No 36. United Nations. Roma, Italia.
- Valiant, R. 2007. *Dampak Kelajuan Erosi dan Nisbah Angkutan Sedimen pada Perubahan Fisik dari Tampungan Bendungan Sutami*. Laporan Studio (Modul VI). Program Pascasarjana, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.
- Valiant, R., dan Harianto. 2013. Pengelolaan Sumberdaya Air di DAS Brantas dengan Penerapan Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) untuk Keandalan Layanan Air. *Seminar Nasional Aplikasi TMC sebagai Alternatif Teknologi Menuju Tercapainya Ketahanan Pangan dan Energi*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta: Indonesia, 27 Juni 2013
- Vörösmarty, C. J., dan D. Sahagian. 2000. Anthropogenic disturbance of the terrestrial water cycle. *Biological Sciences* **50 (9)**: 753-765.
- Vörösmarty, C. J., P. Mc.Intyre, M. O. Gessner, D. Dudgeon, A. Prusevich, P. Green, S. Glidden, S. E. Bunn, C. A. Sullivan, dan C. R. Liermann. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* **467**: 555-561.