

**Tabel 4.2.** Kepentingan dan Peran Stakeholder Pemerintah/non-Pemerintah Tingkat Kota Batu dalam Pengelolaan DAS Sumber Brantas

Stakeholder (Stakeholder)	Kepentingan dalam pengelolaan DAS	Peran yang dilakukan dalam pengelolaan DAS Sumber Brantas	Persepsi dan Pengetahuan tentang pencapaian DAS yang sehat
DPRD dan Wali Kota	Implementasi visi tahun 2003-2007 "Batu, Agropolitan bernuansa pariwisata dengan masyarakat madani", menuju visi 2007-2012 : Kota Batu sebagai sentra pariwisata berbasis pertanian, didukung oleh sumberdaya manusia, sumberdaya alam, dan sumberdaya budaya serta pemerintahan yang kreatif, inovatif, dan bersih bagi seluruh rakyat yang dijiwai keimanan dan ketaqwaan kepada Tuhan Yang Maha Esa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penetapan Missi : (a) Peningkatan SDM untuk mengelola Sumber Daya Alam berbasis pertanian dan pariwisata yang berwawasan lingkungan, dan (b) Perwujudan peningkatan lingkungan hidup dan terkendalinya tata ruang daerah</li> <li>2. Penerbitan Peraturan Daerah No. 6 / 2005 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Air Bawah Tanah dan Air Permukaan</li> <li>3. Meningkatkan peran Kota Batu sebagai Kota pertanian (agro-politan), khususnya untuk jenis tanaman sayur, buah dan bunga serta menguatnya perdagangan hasil pertanian dan industri pertanian (agro-industri) yang diperhitungkan,</li> <li>4. Meningkatkan posisi dan peran Kota Batu dari "Kota Wisata" menjadi "sentra Wisata" yang diperhitungkan di tingkat regional atau bahkan nasional</li> </ol>	Pengembangan agropolitan dan wisata yang didukung penerapan motto " <b>Batu Hijau Lestari</b> " dengan pendekatan kultural dan struktural
BAPPEDA	Mewujudkan Tata Ruang Daerah dengan Penetapan Kawasan Lindung, Luasnya sekitar 52% (10,352 Ha) dan Kawasan Budidaya 48% (9,555 Ha) dari luas wilayah Kota Batu.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemetaan dan penyusunan data spatial untuk perencanaan tata ruang,</li> <li>2. Koordinasi Instansi terkait untuk implementasi taru ruang daerah</li> </ol>	Penerapan tata ruang daerah dapat menciptakan lingkungan yang sehat
Dinas Pertanian dan Kehutanan	Peningkatan Peran Serta Masyarakat dalam Rehabilitasi Hutan dan Lahan Peningkatan kualitas lingkungan hidup dengan penanganan lahan kritis, baik di dalam maupun di luar kawasan hutan.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bantuan Ternak untuk mendukung rehabilitasi hutan</li> <li>2. membina Kelompok Tani LMDH dan RLKT;</li> <li>3. Sosialisasi Pencegahan dan Dampak Kebakaran Hutan dan Lahan</li> <li>4. Perlindungan dan Pengamatan Hutan Terpadu</li> </ol>	Pengelolaan hutan dengan pemberdayaan perikehidupan dan perekonomian masyarakat solusi konservasi dan rehabilitasi hutan dan kerusakan sumberdaya lahan dan mengupayakan mitigasi dan adaptasi pemanasan global
Dinas Lingkungan Hidup	Pengelolaan lingkungan hidup untuk menjamin kualitas air dan sanitasi masyarakat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengembangan Teknologi Persampahan dan Pemantauan Kualitas Lingkungan</li> <li>2. maupun Pengkajian Dampak Lingkungan termasuk Pembuatan Teknologi Biogas Limbah Ternak ;</li> <li>3. Pengelolaan Prokasih; Pengadaan Sarana dan Prasarana Pemantauan Kualitas Air ;</li> <li>4. Peningkatan Konservasi Daerah Tangkapan Air serta Pembuatan Dam Penahan ;</li> <li>5. Pengembangan Data dan Informasi Lingkungan serta Penyuluhan</li> <li>6. Pengendalian Polusi dan Pencemaran;</li> <li>7. Penghijauan Kanan Kiri Jalan,</li> <li>8. Pengadaan dan Pemeliharaan Sarana dan Prasarana Pencegahan Bahaya Kebakaran dan Pengelolaan Persampahan/Pemeliharaan dan</li> </ol>	Peningkatan peran serta masyarakat dalam menjaga kelestarian lingkungan hidup kota Batu

Stakeholder (Stakeholder)	Kepentingan dalam pengelolaan DAS	Peran yang dilakukan dalam pengelolaan DAS Sumber Brantas	Persepsi dan Pengetahuan tentang pencapaian DAS yang sehat
		Pengembangan 9. Ruang Terbuka Hijau.	
Dinas Bina Marga dan Pengairan	mewujudkan pola pengelolaan sumber daya air yang terpadu dan berkelanjutan, terkendalinya pemanfaatan air tanah, meningkatnya kemampuan pemenuhan kebutuhan air bagi rumah tangga, permukiman, pertanian, dan industri, dengan prioritas utama untuk kebutuhan pokok masyarakat serta berkurangnya dampak bencana banjir dan kekeringan.	1. Pembangunan dan pemeliharaan saluran irigasi, dam, pembuatan plengsengan dan penguatan tebing sungai, 2. Pelayanan Sistem Irigasi 3. Pengembangan penampungan air melalui waduk mini untuk penyediaan air bersih 4. Pemberdayaan petani pemakai air (HIPPA) 5. Pemanfaatan sumber-sumber air bersih 6. Perencanaan pembangunan dan pembuatan jaringan irigasi, perencanaan dan pembuatan jaringan air bersih/minum. 7. Pengembangan sumur bor dan reservoir untuk pengadaan air bersih 8. Pengawasan Air Bersih dan Pelatihan HIPPAM serta Wasdal 9. Pemanfaatan Air Bawah Tanah dan Mata Air. 10. Pengembangan energi alternatif dengan biogas	Pengelolaan sumberdaya air melalui pemulihan debit sumber air utama dan penataan pemanfaatan sumberdaya air berdasarkan regulasi pemerintah daerah
Dinas Kesehatan	Mewujudkan Kebijakan Lingkungan Hidup Sehat	Penyelenggaraan Penyehatan Lingkungan di tempat Penyediaan Air Bersih	Perbaikan kesehatan masyarakat melalui perbaikan sanitasi konsumsi air masyarakat
Dinas Cipta Karya dan Pemukiman	perencanaan pembangunan infrastruktur pembangunan Jaringan Air Minum/Air Bersih	Penyediaan jaringan air bersih baik dalam fasilitas PDAM dan HIPAM	Pemanfaatan sumberdaya air untuk pemerataan penyediaan air bersih warga masyarakat
Kantor Pemberdayaan Masyarakat	Pengembangan usaha produktif dan perlindungan lingkungan melalui bantuan peberdayaan masyakat oleh aparat desa dan organisasi kemasyarakatan di tingkat desa	Bantuan dana segar untuk kegiatan masyarakat sesuai kebutuhan desa yang disusun dari RESBANG Desa.	Penguatan kelembagaan desa untuk memaduan kemajuan pembangunan dan perlindungan lingkungan
Kantor Koperasi dan UKM	Pembinaan, pelatihan dan pendampingan dalam bidang kewirausahaan maupun pengelolaan manajemen koperasi	Pembentukan Kelompok Kerja Program Pengembangan Usaha Kecil dan Mikro serta Perkuatan Struktur Keuangan Koperasi.	Pembinaan perekonomian masyarakat desa sekitar hutan melalui pengembangan koperasi
PDAM Kota Batu	Pengusahaan sumberdaya air untuk penyediaan air bersih masyarakat	Melakukan managemen pemafaatan air dan penyediaan infrastruktur untuk penyediaan air bersih masyarakat dan industry serta perhotelan	Pengelolaan redistribusi air yang sebagian digunakan untuk penyelamatan sumber air disekitar mata air
MUSPIKA	Penegakan hukum UU No 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Hidup, UU No 7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya Air, Kep Men LH No 07 tahun 2001 tentang Pejabat dan Pengawas Lingkungan Hidup Daerah, Keputusan Bersama Kementrian LH, Kejaksaan dan Kepolisian No	Pengawas_Penyidik bidang lingkungan hidup, Pembuktian Tindak Pidana Lingkungan Hidup, Mendukung Kebijakan Pemerintah Daerah, dan memfasilitasi peran masyarakat dalam mentaati peraturan perundang-undangan di bidang lingkungan	Penegakan hukum dapat mencegah kerusakan lingkungan

Stakeholder (Stakeholder)	Kepentingan dalam pengelolaan DAS	Peran yang dilakukan dalam pengelolaan DAS Sumber Brantas	Persepsi dan Pengetahuan tentang pencapaian DAS yang sehat
	KEP -04/ MENLH/04/2004, KEP 208/A/JA/04/2004, No Pol: Kep-19/IV/2004 tentang Penegakan Hukum Lingkungan Hidup Terpadu, Keputusan Gubernur Jatim No 45 tahun 2002 tentang baku mutu limbah cair bagi industry atau kegiatan usaha lainnya di Jawa Timur		
LSM Harapan Pulih Sentosa	Fasilitasi Rehabilitasi hutan	Fasilitasi kegiatan PHBM oleh LMDH dan Perhutani	Penguatan masyarakat untuk merehabilitasi hutan
YPP	Fasilitasi penerapan Jasa Lingkungan Hulu-hilir	Penguatan kelembagaan kelompok tani untuk rehabilitasi lahan dan hutan, menjadi mediator dalam rehabilitasi lahan	Penguatan Kelembagaan Masyarakat dapat sebagai roda penggerak rehabilitasi lahan dan hutan yang efektif
Yayasan Pusaka	Fasilitasi dan advokasi permasalahan lingkungan	Pengembangan kegiatan Gerakan Rehabilitasi Hutan dengan program GIRAB	Pendekatan cultural dan structural dapat sebagai penggerak efektif dalam rehabilitasi hutan dan lahan
LSM Paramitra	Pengembangan Jasa Lingkungan melalui mekanise pengembangan peraturan daerah	Fasilitasi pengembangan peraturan daerah tentang jasa lingkungan, fasilitasi koordinasi kegiatan Tahura R Soerjo dengan masyarakat, Pengembangan Perdes Lingkungan	Penguatan kelembagaan masyarakat dapat sebagai pendorong percepatan rehabilitasi lahan dan hutan serta konservasi kawasan lindung
Kelompok Tani Tahura (KTT)	Pengembangan kegiatan konservasi biodiversitas dan pemanfaan fungsi hutan non kayu untuk usaha produktif	Pengembangan rencana aksi untuk konservasi biodiversitas dan pemanfaatan fungsi hutan non kakyu dan pengembangan sistem pengamanan hutan	Konservasi biodiversitas hutan dapat menjaga kelestarian sumberdaya air
Lembaga Masyarakat Desa Hutan (LMDH)	Perbaikan perikehidupan anggota melalui peran aktif dalam implementasi PHBM	Penguatan pesanggem dalam rangka mendukung implementasi PHBM di wilayah Perhutani	Perbaikan perekonomian pesanggem, dan kebersamaan dan e solidan organisasi LMDH dapat mendukung pengembangan fungsi ekologis hutan
IPPHTI	Impelentasi pengendalian hama penyakit terpadu dalam usaha budidaya pertanian	Pengembangan dan implementasi pengendalian hama penyakit terpadu yang menekan sekecil mungkin kontaminasi pestisida dalam aliran air	Perbaikan kualitas air melalui implementasi Pengendalian Hama-Penyakit Terpadu ( PHT)
HIPPAM	Penyediaan air bersih masyarakat pedesaan yang murah dengan managemen masyarakat desa itu sendiri	Perencanaan, pengembangan dan pemanfaatan sumber air untuk penyediaan dan pemerataan air bersih masyarakat pedesaan	Konservasi sumber air penting untuk keberlanjutan penyediaan air bersih kebutuhan rumah tangga
HIPA	Pemanfaatan dan pengelolaan air untuk irrigasi baik di lahan perkebunan apel, lahan kering dan lahan sawah	Pengaturan kebutuhan air baku untuk irrigasi	Konservasi sumber air penting untuk keberlanjutan penyediaan air irrigasi dalam pendukung usaha pertanian

<b>Stakeholder (Stakeholder)</b>	<b>Kepentingan dalam pengelolaan DAS</b>	<b>Peran yang dilakukan dalam pengelolaan DAS Sumber Brantas</b>	<b>Persepsi dan Pengetahuan tentang pencapaian DAS yang sehat</b>
FOKAL MESRA	Pemantauan kondisi lingkungan dan pemberdayaan masyarakat untuk pengelolaan lingkungan	Fasilitasi Masyarakat untuk pengelolaan lingkungan dan rehabilitasi hutan dan lahan, pemantauan kualitas air di badan sungai	Pemanfaatan sumberdaya alam untuk kesejahteraan masyarakat harus selaras alam
Kelompok Tani	Pemanfaatan sumberdaya air untuk irigasi	Penggunaan pestisida yang dapat menyebabkan kontaminasi aliran air	Pengaturan pemanfaatan air yang lebih efisien dan pengembangan pengendalian HPT dapat memperbaiki kondisi lingkungan
Serikat Petani Gunung Biru (SPGB)	Memperjuangkan anggotanya yang mayoritas tidak memiliki lahan untuk mendapatkan lahan garapan di hutan dengan menjaga kelestarian hutan	Pemanfaatan lahan hutan dengan mengusahakan tanaman dibawah tegakan	Konservasi Gunung Biru dengan menyertakan masyarakat untuk peningkatan ekonominya dapat melestarikan sumberdaya air.
Persatuan Pengusaha Hotel dan Restoran (PHRI)	Pemanfaatan sumber air untuk kebutuhan usaha perhotelan	Berpartisipasi dalam rehabilitasi hutan	Pasokan air baku untuk kebutuhan usaha perhotelan penting melalui rehabilitasi hutan

PEK terkait dengan RHA di DAS Sumber Brantas menjadi sangat menarik akibat adanya periode transisi di Kota Batu. Terlihat bahwa kebijakan yang diambil oleh Dinas-dinas sangat tergantung dari figur pimpinan daerah dalam hal ini walikota. Salah satu isu penting terkait dengan RHA yang bisa dijadikan contoh adalah hubungan antara hutan dan air (banjir dan kekeringan). Semua komponen di Kota Batu tampaknya sepakat bahwa penurunan fungsi hidrologi di kawasan ini disebabkan oleh penebangan pohon di hutan kawasan Perhutani yang tidak segera dihutankan kembali. Hampir semua komponen masyarakat dan pemerintah menyadari bahwa untuk memperbaiki keadaan tersebut adalah dengan cara menghutankan kembali kawasan Perhutani dan Tahura yang gundul dan rusak. Namun kesepakatan semacam ini tidak langsung bisa diimplementasikan.

Proses penghutanan kembali terhambat oleh kegiatan masyarakat sekitar hutan yang menanam tanah-tanah gundul tersebut dengan tanaman semusim khususnya sayur-sayuran. Tanaman sayur ternyata memberikan hasil yang luar biasa besar bagi para petani, sehingga mereka enggan menghentikan kegiatannya itu. Program-program yang dikembangkan pemerintah untuk membatasi penanaman sayur ternyata tidak mampu menghentikannya.

Penghutanan kembali atau menanam pohon kehutanan 100% di lahan Perhutani jelas sudah tidak memungkinkan lagi akibat adanya keterlibatan masyarakat didalam kawasan hutan. Masyarakat tidak mungkin disingkirkan atau diusir dari kawasan itu, sehingga satu-satunya jalan adalah melibatkan mereka dalam pengelolaan hutan (konsep PHBM oleh Perhutani). Salah satu kompromi yang ditawarkan oleh Perhutani adalah mengganti tanaman sayuran dengan tanaman tahunan. Dari berbagai pilihan, ditawarkan porang dan kopi untuk ditanam disela-sela tanaman pokok (tegakan). Namun usulan masyarakat dan Perhutani ini tidak disetujui oleh birokrasi Pemkot Batu. Namun setelah pergantian walikota, justru ide ini menjadi program Pemkot Batu untuk menghentikan penanaman sayur sebagai tanaman sela di lahan Perhutani dan menggantinya dengan tanaman kopi. Bahkan di awal tahun 2009 ini Pemkot Batu memberikan berbagai bentuk insentif untuk mempercepat pelaksanaan penanaman kopi ini.

Itulah salah satu contoh perubahan yang mendasar dari kebijakan yang sangat dipengaruhi oleh figur kepala daerah dalam era otonomi daerah seperti sekarang ini. Kesimpulannya, PEK yang digali dari unsur birokrasi (lembaga pemerintah daerah) dapat berubah karena pengaruh dari pimpinan tertinggi di daerah tersebut.

### 4.3. Isu Hidrologi Menuju DAS yang Sehat

Perhatian utama pengambil keputusan di tingkat Pemerintah Kota Batu terkait dengan isu-isu hidrologi di DAS Sumber Brantas akan diuraikan sebagai berikut.

#### 4.3.1. Tarik ulur kepentingan budidaya hortikultura di kawasan pegunungan dengan implementasi tata ruang daerah

DAS Sumber Brantas yang sebagian besar masuk wilayah Kota Batu ditetapkan sebagai salah satu wilayah resapan air DAS Brantas. Untuk itu Pemerintah Kota Batu menetapkan Tata Ruang Wilayah dengan menetapkan *kawasan lindung* yang luasnya sekitar 10.352 ha atau 52% dari wilayah Kota Batu dan *kawasan budidaya* seluas 9.555ha atau 48%. Sementara itu, kondisi kawasan lindung yang ada di Kota Batu pada saat ini baru mencapai 33%. Wilayah yang semestinya sebagai kawasan lindung saat ini masih berupa semak belukar (13%), sebagian lagi digunakan sebagai usaha tani sayuran dan kebun apel (5%) dan sisanya sebagai lahan kering berupa tegalan yang juga diusahakan untuk usaha tani sayur-mayur.



**Gambar 4.1.** Beberapa sudut kawasan budidaya di DAS Sumber Brantas, wilayah Kota Batu.

Secara demografis, Kota Batu yang luasnya 199,1 km<sup>2</sup> memiliki jumlah penduduk mencapai 182.885 jiwa pada tahun 2007, sehingga tingkat kepadatan penduduk di wilayah ini termasuk sangat tinggi yakni mencapai sebesar 919 orang/km<sup>2</sup>. Demikian pula tingkat pendidikan sebagian besar masyarakat Kota Batu atau sekitar 34% adalah tamatan SD, sementara lulusan SLTP dan SLTA masing-masing 17%, dan sekitar 6% adalah tamatan perguruan tinggi. Sementara itu yang tidak/belum sekolah dan tidak lulus SD mencapai sekitar 26% dari penduduk Kota Batu.

Kondisi demografi dan tingkat pendidikan yang demikian serta didukung oleh kondisi tanah yang subur menyebabkan sebagian besar masyarakat menjatuhkan pilihan mata-pencaharian pada bidang pertanian. Sektor pertanian hortikultura (sayur, bunga dan buah-buahan) menjadi andalan masyarakat Kota Batu. Nilai ekonomi komoditas hortikultura yang sangat tinggi membuat masyarakat Kota Batu “kelaparan lahan” sehingga setiap jengkal tanah tidak ada yang tidak dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian. Adanya kesempatan menanam sayuran di lahan Perhutani tidak disia-siakan oleh masyarakat yang tidak memiliki lahan maupun yang sudah memiliki lahan sendiri.

Pola kehidupan yang demikian memberikan dampak positif terhadap pendapatan dan pendapatan per-kapita masyarakat Kota Batu. Pendapatan per kapita masyarakat Kota Batu memperlihatkan fenomena kenaikan yang signifikan selama beberapa tahun terakhir, yaitu dari Rp 3.752.924,84 pada tahun 2001 menjadi Rp 3.865.829,88 pada tahun 2002, dan tahun 2003 sebesar Rp 3.949.952,17 kemudian pada tahun 2004 meningkat menjadi Rp 4.066.437,47 pada tahun 2005 Rp 4.258.056,20 serta tahun 2006 menjadi Rp 4.394.253,80.

Namun sayang usaha pertanian tersebut dilakukan di kawasan resapan air dan sistem budidaya pertanian yang dilakukan seringkali kurang mengindahkan prinsip-prinsip konservasi tanah dan air. Upaya untuk mengalihkan jenis komoditas sayuran menjadi tanaman tahunan menjadi kurang menarik bagi masyarakat, mungkin karena imbalan pendapatan yang diterima tidak sepadan dengan praktek yang sekarang.

Telah terjadi tarik-ulur antara Pemerintah Kota Batu, Perum Perhutani dan masyarakat khususnya di lahan Perhutani untuk mengganti tanaman sayuran dengan tanaman tahunan yang dapat melindungi tanah dan air. Perkembangan terakhir menunjukkan bahwa sudah mulai ada titik temu antara ketiga pihak tersebut untuk mengganti tanaman sayuran dengan tanaman kopi yang akan ditanam disela-sela tegakan pohon (pinus dsb).

#### **4.3.2. Kerusakan ekologi hutan akibat perambahan hutan untuk budidaya tanaman sayur**

DAS Sumber Brantas yang luasnya 17.344ha atau sekitar 9.6% dari total luas DAS Sumber Brantas merupakan salah satu bagian dari kawasan resapan sistem Kali Brantas di Jawa Timur. Antara tahun 1997 sampai tahun 2001, telah terjadi deforestasi di DAS Sumber Brantas seluas 1.597ha, yang dialih-gunakan (sementara) sebagai kawasan pertanian tanaman semusim khususnya sayuran dengan kondisi konservasi tanah dan air yang sangat memprihatinkan.

Sebagian besar deforestasi diakibatkan oleh penebangan tegakan pohon secara ilegal di kawasan hutan Perhutani, sebagai akibat ketidak-pastian ekonomi dan politik pada masa krisis moneter dan sebagai dampak dari proses otonomi daerah Kota Batu. Hal serupa juga terjadi di

kawasan Tahura R. Soerjo, walau tidak separah di kawasan Perhutani. Masyarakat dan bahkan pejabat di Kota Batu sendiri tidak bisa mengenali batas-batas kawasan yang berada di bawah pengelolaan Perum Perhutani dan Tahura R. Soerjo, sehingga penebangan terjadi dimana-mana. Mulai tahun 2000, baik Perum Perhutani maupun Tahura R. Soerjo yang sedang berusaha melakukan rehabilitasi hutan, harus menghadapi masalah konflik kepentingan dengan masyarakat lokal yang telah merasakan keuntungan ekonomi ketika melakukan budidaya tanaman sayuran di kawasan hutan. Konflik dengan masyarakat ini timbul terutama karena adanya kesenjangan komunikasi (*communication gap*) atau komunikasi yang lemah antara pengetahuan masyarakat, kebijakan pemerintah Kota Batu dan kebijakan Perum Perhutani dalam menjalankan Pengelolaan Hutan Bersama Masyarakat (PHBM).



**Gambar 4.2.** Penanaman sayuran secara intensif diantara tegakan pinus di kawasan hutan produksi dan lindung Perhutani DAS Sumber Brantas.

#### **4.3.3. Menurunnya debit mata air utama di Kota Batu**

Kawasan hutan lindung di bawah pengelolaan Tahura R. Soerjo dan Perum Perhutani serta hutan produksi dibawah Perum Perhutani yang berada di DAS Sumber Brantas merupakan areal resapan dari 111 buah mata air utama yang ada di wilayah Kota Batu. Deforestasi yang telah terjadi di kawasan hutan lindung maupun di kawasan hutan produksi mengakibatkan perubahan penutupan hutan sehingga memberikan dampak terhadap kurang berfungsinya

kawasan resapan. Akibatnya, 53 buah mata air pada musim kemarau didapati sudah mati diantaranya sumber Banyuning, sumber Terongbelok, sumber Gemulo, sumber Kasinan, sumber Coban Rais, dan sumber Gunung Biru (*Koran Tempo*, 29 Nopember 2006). Sementara itu debit 58 mata air yang masih ada juga menurun. Penelusuran yang dilakukan oleh masyarakat Bumiaji pada tahun 2008 mendapatkan sebuah lagi mata air mati yang terletak di atas sumber Pesangrahan (*Malang Post*, 8 Agustus 2008).

Dampak yang lain adalah meningkatnya debit puncak aliran sungai dan tingginya muatan sedimen pada musim penghujan serta menurunnya aliran dasar sungai (*base-flow*) di musim kemarau. Pengukuran dan pengamatan rutin terhadap debit Kali Brantas di kawasan Kota Batu memang belum ada, tetapi hal-hal tersebut dapat disimpulkan dari berbagai hasil studi dan indikator yang disampaikan oleh berbagai pihak di Kota Batu.

#### **4.3.4. Banjir dan sedimentasi waduk**

DAS Sumber Brantas yang luasnya 17,3000ha merupakan salah satu anak sungai Kali Brantas dibagian hulu disamping enam Sub-DAS lainnya yang bermuara di Waduk Karangates. Berdasarkan data dari BP DAS Brantas (2006), ternyata DAS Sumber Brantas memberikan kontribusi sedimentasi tertinggi kedua setelah DAS Amprong. Berdasarkan perkiraan BP DAS Brantas, besarnya sedimen yang masuk sungai dari DAS Sumber Brantas mencapai 86,700m<sup>3</sup> setiap tahun.

Sedimen dari DAS Sumber Brantas berasal dari erosi yang terjadi rata-rata sebesar 143 ton/ha/tahun. Erosi terutama dari kawasan budidaya pertanian (sayuran) dan kawasan hutan Perhutani yang ditanami tanaman semusim. Selain karena faktor lereng yang curam, besarnya kehilangan tanah dipicu oleh sifat tanah yang mudah tererosi (erodibilitas tanah) dan absennya vegetasi penutup tanah khususnya pada awal musim penghujan.



**Gambar 4.3.** Erosi dan longsor yang terjadi di bagian hulu DAS mengakibatkan pendangkalan sungai dan waduk, serta kerusakan sarana irigasi (*check-dam* Talun) akibat banjir bandang di Kali Brantas bagian hulu.

Tingginya tingkat erosi di kawasan ini sangat merisaukan Perum Jasa Tirta 1 (PJT) yang sangat berkepentingan dalam menjaga kelestarian umur efektif bendungan di bagian hilir, seperti Bendungan Sengguruh, Sutami, Lahor dan Wlingi serta bangunan-bangunan air lainnya. Berdasarkan studi yang pernah dilakukan oleh PJT 1, umur efektif Bendungan Sutami yang direncanakan selama 100 tahun berkurang menjadi hanya 30 tahun saja akibat pendangkalan waduk. Pada tahun 2003 kapasitas efektif waduk Sengguruh hanya tinggal 42% dan waduk Sutami tinggal 57% dibanding saat pembangunan (PJT, 2006). Oleh karena itu PJT memiliki kepentingan untuk ikut serta menjaga kawaaan DAS Sumber Brantas, paling tidak untuk menekan jumlah sedimen yang masuk ke sungai dan memelihara fungsi kawasan resapan beserta sumber-sumber airnya.

#### **4.3.5. Kontaminasi pestisida dan pupuk dalam aliran air**

Wilayah Kota Batu dan sekitarnya merupakan sentra produksi hortikultura (buah dan sayur) yang memiliki nilai ekonomi cukup tinggi. Usaha tani hortikultura sangat sesuai di kawasan ini, yang memiliki tanah vulkanik subur, cukup air serta suhu udara sejuk pada ketinggian di atas 600 m dpl. Pertanian yang berbasis tanaman buah dan sayur umumnya dikelola secara sangat intensif, dengan masukan (input) yang sangat tinggi seperti pengolahan tanah,

penggunaan bibit, pupuk dan pestisida, serta penerapan irigasi. Penggunaan masukan kimia untuk pertanian hortikultura sudah sangat tinggi dosisnya, sehingga jika tidak menggunakannya maka besar kemungkinan produksi menurun bahkan tidak jarang gagal panen karena serangan hama dan penyakit.

Pemakaian bahan kimia dengan takaran yang sudah melebihi batas mengakibatkan terjadinya pencucian sisa pestisida dan pupuk sehingga menyebar mengikuti aliran air menuju air tanah (*ground water*) atau ke sungai. Selain itu sisa bahan aktif (residu) juga terdapat dalam produk buah atau sayur yang dipanen, sehingga melebihi ambang batas yang diperkenankan.

Pada tahun 2005, terdapat 20 sumber air di kawasan DAS Sumber Brantas yang diduga tercemar oleh pestisida, dan yang paling menderita adalah sumber air Banyuning dan Gemulo (Tempo, 25 Agustus 2005). Sumber-sumber air yang diduga tercemar pestisida ini lokasinya berada di bagian bawah (hilir) dari kawasan pertanian yang didominasi oleh tanaman sayuran. Namun menurut pendapat Kepala Dinas Pertanian Kota Batu, mata air masih aman dari pestisida, tetapi kalau air permukaan kemungkinan besar sudah sedikit tercemar.

Penelitian kualitas air akibat pencemaran pupuk dan pestisida di Kota Batu sampai sejauh ini masih sangat sedikit, sehingga sulit mendapatkan hasil publikasi yang bisa dikutip. Sementara monitoring dan pengukuran terhadap kualitas air belum pernah dilakukan, karena memang sangat mahal. Upaya monitoring kualitas air sungai melalui indikator bentos (*vertebrata air*) sudah pernah dilakukan tetapi belum bisa dilaksanakan secara rutin.

#### **4.3.6. Limbah industri, perhotelan dan domestik dalam aliran air**

Wilayah Kota Batu yang terletak di pegunungan dengan hawa sejuk dan pemandangan indah serta dihuni penduduk hampir 200 ribu orang, memiliki kegiatan perkonomian yang sangat aktif di sektor pariwisata, pertanian dan industri pertanian. Kegiatan-kegiatan tersebut menghasilkan berbagai bentuk limbah dalam jumlah cukup banyak. Setiap hari Kota Batu menghasilkan sampah sebanyak 350 m<sup>3</sup>, namun hanya sekitar 30% saja yang bisa diangkut ke TPA (tempat pembuangan akhir). Selebihnya, sampah yang tidak tertampung kebanyakan berada di rumah-rumah penduduk berupa sampah domestik. Sebagian kecil dapat dimanfaatkan menjadi kompos dan kerajinan dari sampah rumah tangga (*TEMPO Interaktif*, 3 September 2008). Sampah ini sangat potensial mencemari sungai yang mengalir di Kota Batu termasuk Kali Brantas, mengingat masyarakat memiliki perilaku suka membuang sampah ke sungai. Upaya sedang dilakukan oleh Pemerintah Kota Batu untuk membangun TPA baru di daerah Tlekung seluas 6 hektar dengan teknologi "*sanitary landfilled*" supaya bisa menampung dan mengolah sampah kota tersebut.

Selain sampah domestik, sampah pertanian juga sangat berpotensi mencemari sungai, terutama kotoran sapi. Masih banyak peternak sapi perah yang membuang kotoran bercampur

sisia pakan langsung ke saluran drainasi yang akhirnya masuk ke sungai. Upaya membangun instalasi pengolahan limbah ternak untuk menghasilkan biogas sudah sering disosialisasikan tetapi nampaknya masih belum banyak diminati petani.

Masyarakat di Kelurahan Temas (Kota Batu) sejak tahun 2006 telah mengembangkan pengolahan limbah terpadu dengan sistem *wetland*, untuk menampung limbah rumah tangga dan limbah industri rumah tangga. Pengelolaan ini dikerjakan oleh Karang Taruna Temas dan LSM Fokal Mesra Kota Batu. Karena dinilai berhasil, Pemerintah Provinsi Jawa Timur mendukung dana pengembangan sistem ini dengan menambah kapasitas (volume) penampungan limbah sehingga bisa menampung limbah dari 500 rumah-tangga, sementara sebelumnya hanya dari 40 rumah-tangga (*TEMPO Interaktif*, 29 Agustus 2008).

Sumber sampah yang lain adalah dari sektor pariwisata, terutama hotel dan restoran besar. Seharusnya mereka mempunyai instalasi pengolahan limbah sendiri sesuai dengan Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, yang mewajibkan perusahaan untuk mengelola sampahnya. Sampah dalam industri hotel dan restoran tak boleh diendapkan lebih dari satu hari. Jika harus mengelola sendiri, manajemen merasa kesulitan karena mereka bukan perusahaan pengolah sampah, sehingga biasanya diserahkan kepada kontraktor. (*TEMPO Interaktif*, 28 September 2008).



**Gambar 4.4.** Sampah pertanian, sampah domestik dan sampah industri rumah-tangga dibuang bukan di tempat sampah yang disediakan, berpotensi mencemari mata air dan sungai (kiri atas).

Kenyataannya, masih banyak limbah rumah tangga dan limbah industri/perusahaan yang dibuang pada tempat pembuangan sampah liar yang berada di dekat pemukiman penduduk dan lokasi pabrik atau bahkan dibuang langsung ke sungai (Gambar 3.4.). Untuk mengatasi masalah pencemaran sampah ini Pemerintah Kota Batu telah merencanakan membangun instalasi pengolahan limbah terpadu untuk mengolah limbah domestik dan industri. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Batu sudah mulai melakukan kajian dan penelitian.

#### **4.3.7. Konflik stakeholder sebagai akibat ketidak teraturan pemanfaatan sumber air dan aliran sungai**

Konflik atau potensi konflik yang disebabkan oleh rebutan penguasaan air sudah mulai dirasakan di Kota Batu. Beberapa tahun yang lalu telah terjadi tarik ulur antara Pemkot Batu dan Pemkot Malang (PDAM) terkait dengan pembagian dana atas penggunaan air dari Kota Batu oleh PDAM Kota Malang.

Dalam penelusuran bersama masyarakat ditemukan adanya beberapa instansi dan perusahaan besar yang mengambil air langsung dari mata air di kawasan hutan (Tahura dan Perhutani). Berbagai pihak merasa tidak pernah memberikan ijin untuk pengambilan air dan terjadi saling lempar tanggung-jawab atas terjadinya kasus ini.

Selain instalasi pengambilan air yang besar, di lapangan juga ditemukan banyak sekali instalasi penyedotan air dalam skala kecil dengan pompa mesin untuk keperluan irigasi lahan-lahan disekitarnya.

Persoalan timbul pada musim kemarau ketika debit air Kali Brantas sangat kecil, kebutuhan sehari-hari untuk domestik dan lain-lainnya ternyata tidak terpenuhi, maka persoalan penyedotan air di hulu menjadi isu yang menimbulkan potensi konflik.



**Gambar 4.5.** Pompa air “berserakan” secara tersembunyi maupun terang-terangan di sekitar sumber air di DAS Sumber Brantas, untuk menyedot air secara “ilegal” digunakan untuk irigasi dan berbagai keperluan lainnya.

#### **4.3.8. Berkembangnya kawasan pemukiman dan industri di kawasan resapan**

Kawasan DAS Sumber Brantas secara tradisional merupakan daerah resapan yang sangat potensial bagi kesetimbangan hidrologi di DAS Brantas. Namun, fungsi tersebut akhir-akhir ini menjadi sangat terganggu akibat perkembangan penutupan lahan yang tidak terkendali. Gangguan terbesar adalah penebangan hutan baik ilegal maupun legal, mengakibatkan semakin luasnya tanah terbuka yang menyebabkan semakin besarnya limpasan permukaan dan erosi, akibat menurunnya laju infiltrasi.

Limpasan permukaan semakin besar dengan berkurangnya kawasan resapan akibat tertutup oleh bangunan baik perluasan pemukiman, pembangunan hotel, industri, dsb. Salah satu contoh pembangunan perusahaan jamur yang berada di kawasan Sumber Brantas seluas beberapa hektar (Gambar 4.1).



**Gambar 4.6.** Kondisi tutupan lahan di kawasan resapan DAS Sumber Brantas terbuka di hulu dan pemukiman di tengah (*foto kanan*), dan bangunan untuk industri/perusahaan di bagian hulu yang menutupi permukaan tanah sebagai kawasan resapan (*foto kiri*)

#### 4.4. Evaluasi Pengalaman Stakeholder dalam membangun integrasi komunikasi dalam Menjalankan Jasa Lingkungan

Kegiatan fasilitasi Fokal Mesra, LMDH, kegiatan GNKPA (perencanaan DAS Mikro) dan GN-RHL untuk **karakterisasi wilayah DAS** dan diagnosis isu utama dan masalahnya terkait dengan fungsi DAS dan perikehidupan (termasuk sumber air minum) telah dilakukan dengan baik, walaupun dengan pendekatan yang berbeda (Tabel 5). Fokal Mesra melalui perencanaan partisipatif untuk perbaikan peri-kehidupan masyarakat dengan analisis keterkaitan ekosistem hutan, lahan budidaya, sungai/sumber air, dan pemukiman memberikan informasi yang komperhensif untuk menyusun rencana aksi. Demikian pula LMDH dengan pendekatan pemetaan secara partisipatif dan GN-KPA (perencanaan DAS Mikro) dan GN-RHL dengan pendekatan Partisipatory Rapid Aprassial (PRA). Kegiatan GIRAB cukup memadai dengan pendekatan penelusuran transek DAS melalui kegiatan penelusuran sungai, namun pemahaman akar masalah dari isu yang ada belum teranalisis dengan baik.

**Penilaian Bentang Lahan**, kemiringan, penggunaan lahan dan zonasi vegetasi, toposekuen tanah dari punggung bukit sampai ke lembah sungai dalam kegiatan Fokal Mesra dilakukan secara partisipatif melalui kegiatan transek wilayah desa. Kegiatan LMDH dilakukan melalui kegiatan pemetaan secara partisipatif di masing-masing petak lahan Perhutani. Kedua kegiatan tersebut belum banyak memanfaatkan kaidah-kaidah ilmiah. Sementara GN-KPA (perencanaan DAS Mikro) dan GN-RHL dilakukan melalui upaya penggabungan antara

kaidah-kaidah ilmiah dan partisipasi masyarakat. Kegiatan GIRAB hanya dilakukan observasi oleh stakeholder.

Pemahaman **aliran air** dan kosekuensi aliran lateral dilakukan dengan baik dalam kegiatan GN-KPA (perencanaan DAS Mikro) dan GN-RHL melalui analisis perkiraan limpasan permukaan, erosi dengan pendekatan model dan aliran bawah tanah dengan geolistrik. Untuk kegiatan Fokal Mesra dilakukan dengan inventarisasi pengetahuan lokal. Untuk kegiatan PHBM dan GIRAB hanya dilakukan melalui observasi sesaat.

Pencirian sistem penggunaan lahan terkait dengan hasil, tenaga kerja dan kebutuhan masukan biaya produksi/keuntungan dan dampak-dampaknya terhadap aliran air (evapotranspirasi, dampak pada pemadatan tanah, penutupan lahan) dilakukan dengan baik dalam kegiatan Fokal Mesra melalui sekolah lapangan dan GN-KPA (perencanaan DAS Mikro) dan GN-RHL melalui pendekatan PRA. Untuk kegiatan PHBM dan GIRAB dilakukan melalui pemahaman empiris berdasarkan pengalaman-pengalaman setempat dan diangkat menjadi isu-isu strategis.

Pencirian mosaik bentang lahan dalam **pandangan terpisah-pisah-terpadu**, dan kosekuensinya terhadap mempertemukan fungsi produksi dan fungsi lingkungan dilakukan dengan baik dalam perencanaan DAS Mikro melalui pendekatan pemetaan bentang lahan yang dikonfirmasi dengan *indepth interview* dengan masyarakat. Untuk kegiatan Fokal Mesra dan PHBM dilakukan melalui pemahaman empiris berdasarkan diskusi-diskusi informal dan pertemuan-pertemuan stakeholder dan pengalaman-pengalaman setempat dan diangkat menjadi isu-isu strategis. Untuk kegiatan GIRAB kurang mendapatkan perhatian.

Pemahaman *trade-offs* antara fungsi agronomis relatif (RAF) dan fungsi lingkungan relative (REF), sebagai contoh dalam bentuk jumlah penduduk yang kecukupan pendapatan per km<sup>2</sup> sebagai RAF dan jumlah penduduk dengan kecukupan air bersih hanya mendapat perhatian dalam kegiatan LMDH untuk memperjelas bagi hasil antara LMDH, Perum Perhutani dan Pemkot Batu melalui kesepakatan-kesepakatan bertahap, walaupun kesepakatan-kesepakatan tersebut belum didokumentasikan dengan baik.

**Mosaik bentang lahan** dalam konteks aliran air dan “externalities” untuk pembuatan keputusan di lahan petani; **keberadaan aturan dan insentif** (‘carrots and sticks’) di tingkat masyarakat dan pemerintah; apakah mosaik bentang lahan yang ada konfigurasinya stabil untuk memenuhi sebuah kebutuhan di kegiatan Fokal Mesra, LMDH dan GIRAB dilakukan baik dalam kesepakatan-kesepakatan secara partisipatif, pembuatan PERDES, penggalangan dukungan dari stakeholder lain. Untuk kegiatan GN-KPA (perencanaan DAS Mikro) dan GN-RHL belum jelas kelanjutan kegiatan karena kegiatan ini dirancang berdasarkan proyeksi oleh BBWS Kali Brantas dan BP DAS Brantas.

Analisis praktek pola dan penggunaan lahan yang ada berdasarkan prespektif stakeholder (termasuk **gender dan pemerataan**) cukup baik dilakukan dalam kegiatan Fokal Mesra dan LMDH, namun isu-isu yang diangkat belum jelas menyelesaikan masalah yang ada.

Pemahaman masalah yang ada dan konflik pada tingkat **pengetahuan lokal, kebijakan dan ilmiah**: sebagai tahapan dalam **negosiasi** dilakukan dengan baik dalam kegiatan Fokal Mesra, LMDH dan GIRAB melalui pendekatan empiris pengalaman-pengalaman jangka panjang yang dilakukan oleh masyarakat setempat secara partisipatif, namun dukungan substantif tentang pemahaman fungsi DAS yang sehat masih bias.

Kelanjutan **kesepakatan negosiasi**, diikuti dengan kegiatan monitoring dan dampaknya terhadap layanan lingkungan dan perikehidupan masyarakat dilakukan dengan baik oleh Fokal Mesra dan LMDH dengan terus adanya interaksi yang positif secara organik stakeholder. Untuk Perencanaan DAS Mikro hingga saat ini komitmen dari BBWS Kali Brantas maupun BP DAS Brantas untuk merealisasi rencana yang dibuat belum jelas. Untuk kegiatan GIRAB sangat ditentukan oleh kepeloporan Camat yang walaupun telah mendapatkan dukungan dengan baik stakeholder di wilayah kecamatan tersebut, namun intrik-intrik politik yang berkembang dapat mengganggu kelancaran kegiatan tersebut.

**Tabel 4.3.** Evaluasi Pelaksanaan Membangun Komunikasi dalam Menjalankan Jasa Lingkungan di DAS Sumber Brantas

Tahap	Dukungan negosiasi DAS	Macam integrasi stakeholder pengambil keputusan dengan masyarakat				
		Fokal Mesra	LMDH	GN-KPA	GIRAB	GN-RHL
1	Karakterisasi dan diagnosis DAS.	B	B	B	C	C
2	Penilaian Bentang Lahan.	C	C	B	K	C
3	Pemahaman aliran air	C	K	B	K	K
4	Pencirian system penggunaan lahan	B	C	B	C	B
5	Pencirian mosaik mempertemukan fungsi produksi dan fungsi lingkungan.	C	C	B	K	C
6	Pemahaman <i>tradeoffs</i>	K	C	K	K	K
7	Mosaik bentang lahan dan; keberadaan aturan dan insentif	C	C	K	C	C
8	Analisis praktek pola dan penggunaan lahan berdasarkan prespektif stakeholder.	C	C	K	K	C
9	Pemahaman pengetahuan lokal, kebijakan dan ilmiah:	B	B	C	B	C
10	Kelanjutan kesepakatan negosiasi,	B	B	K	C	C

Keterangan :

Kriteria Penilaian yang digunakan dalam Tabel: SK = Sangat Kurang ; K = Kurang ; C = Cukup ; B = Baik ; SB = Sangat Baik

## 5. Modellers Ecological Knowledge (MEK)

### 5.1. Metode

#### 5.1.1. Konsep Dasar Fungsi Hidrologi DAS

Pada dasarnya terdapat tiga fungsi penting daerah aliran sungai sehubungan dengan kondisi hidrologi DAS, yaitu:

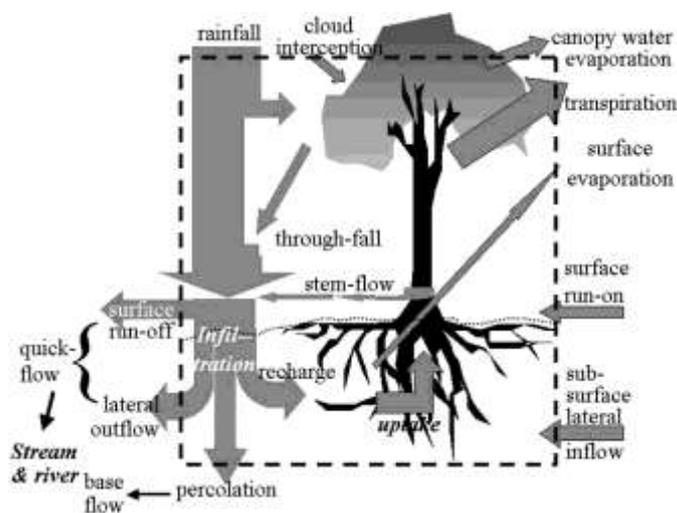
1. DAS sebagai area penampung air hujan.
2. DAS sebagai penyimpan air dalam jumlah dan waktu yang bervariasi dan berbeda-beda.
3. DAS sebagai sistem yang akan melepaskan air baik dalam bentuk aliran permukaan maupun aliran dalam tanah.

Kunci utama penilaian kualitas suatu daerah aliran sungai terletak pada volume dan waktu aliran air yang dihasilkan oleh sistem DAS. Waktu serta volume aliran air tersebut sangat dipengaruhi oleh interaksi antara air hujan yang jatuh dengan kondisi penutupan lahan dan sifat-sifat tanah yang ada. Beberapa proses yang terjadi sehubungan dengan interaksi tersebut adalah:

1. Intersepsi air hujan oleh vegetasi. Komposisi vegetasi yang bervariasi pada suatu bentang lahan berpengaruh terhadap waktu jatuhnya air hujan di atas permukaan tanah.
2. Aliran permukaan sesaat setelah terjadinya hujan (surface quick flow). Aliran permukaan ini merupakan air yang tidak dapat terinfiltrasi ke dalam tanah dan akan mengalir menuju saluran-saluran drainase yang ada dalam sistem DAS.
3. Air hujan yang terinfiltrasi dalam tanah yang telah berada dalam kapasitas lapang akan mengalir ke dalam sistem sungai terdekat (soil quick flow).
4. Meningkatnya kapasitas infiltrasi tanah karena terserapnya air tanah oleh akar melalui proses transpirasi dan evaporasi.
5. Aliran air secara perlahan dari air tanah (groundwater stock) menuju saluran-saluran drainase dan sungai.

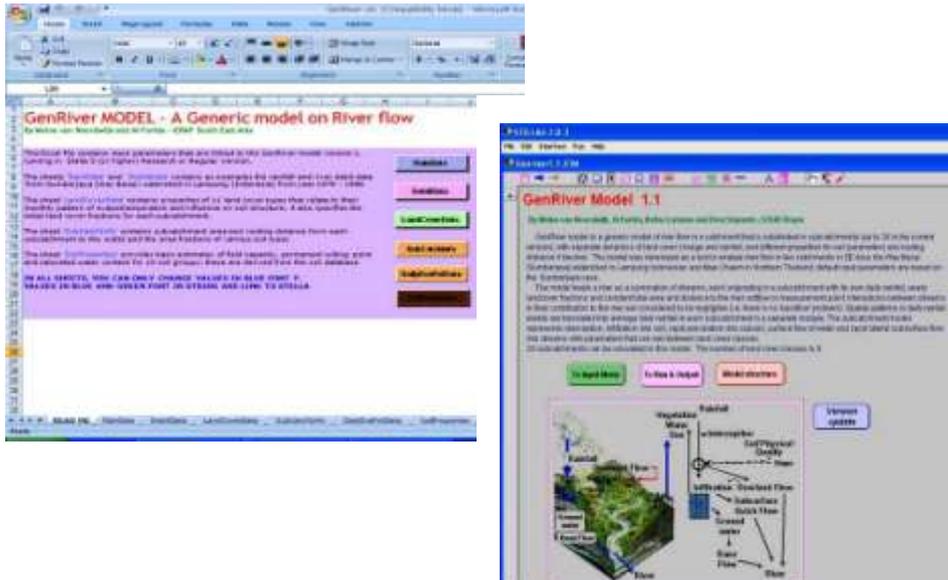
### 5.1.2. Struktur Model GenRiver

GenRiver merupakan model yang dikembangkan berdasarkan proses hidrologi yang terjadi dalam level plot yang kemudian dikembangkan dalam level catchment, berdasarkan pada perhitungan-perhitungan empiris. Model ini dapat dipergunakan sebagai alat untuk memahami perubahan karakteristik aliran sungai terhadap perubahan penggunaan lahan yang terjadi pada tingkat plot, subcatchment dan catchment. Inti dari model ini adalah kondisi water ballance pada level plot yang dipengaruhi oleh curah hujan, tipe penutupan lahan dan sifat-sifat tanahnya. Pada level plot ini akan terjadi proses-proses aliran air seperti aliran permukaan sesaat setelah terjadinya hujan (surface quick flow), aliran air dalam tanah (soil quick flow) sehari setelah terjadinya hujan dan aliran air dari *groundwater stock* (base flow) yang dilepaskan perlahan ke saluran-saluran drainase.



**Gambar 5.1.** Water ballance pada plot level yang merupakan inti dari model GenRiver

Input data untuk GenRiver disesuaikan dengan ketersediaan data yang berasal dari data sekunder (contoh: data timeseries hujan, suhu dan debit harian). Model GenRiver menggunakan program Stella yang memungkinkan dilakukannya modifikasi struktur model yang diperlukan oleh pengguna. Selain program Stella yang berbentuk file stm, dalam pengoperasiannya model ini menggunakan file excel yang didalamnya memuat data-data yang dapat dihubungkan (linked) dengan program Stella. Terdapat enam (6) sheet utama dalam program excel GenRiver yang memuat data-data yang akan diproses dalam running program GenRiver, yaitu sheet data hujan, debit, landcover, subcatchment, evapotranspirasi dan sifat tanah. Dalam program Stella untuk model GenRiver, terdapat tiga menu utama yaitu menu input data (to input menu), menu untuk running dan output (run and output) dan menu yang menunjukkan struktur model GenRiver (model structure).



Gambar 5.2. Tampilan (*layout*) file GenRiver excel dan stella

Sementara itu, indikator-indikator kuantitatif dari fungsi DAS dalam merespon perubahan penggunaan lahan terhadap debit sungai yang dihasilkan ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 5.1. Indikator kuantitatif fungsi DAS

Kriteria	Indikator
1. Transmisi Air	Total debit sungai per unit hujan (TWY)
2. Penyangga pada puncak kejadian hujan	a. Buffering indicator (BI). Indikator penyangga. b. Relative buffering indicator (RBI). Indikator penyangga terhadap total debit c. Buffering peak event (BPE) Indikator penyangga puncak kejadian hujan d. Total maksimum debit terhadap rata-rata curah hujan bulanan e. Total aliran air permukaan (surface quick flow <sup>2</sup> ) terhadap debit total f. Total aliran air tanah (soil quick flow <sup>3</sup> ) terhadap debit total
3. Pelepasan air secara bertahap	a. Total minimum debit terhadap rata-rata curah hujan bulanan b. Total aliran lambat (slow flow <sup>4</sup> ) total debit

Keterangan :

2. Surface quick flow = aliran cepat permukaan = aliran permukaan pada saat kejadian hujan
3. Soil quick flow = aliran cepat air tanah = aliran air dalam lapisan tanah setelah satu hari kejadian hujan
4. Slow flow = aliran lambat = aliran air dalam lapisan tanah setelah lebih dari satu hari kejadian hujan

### 5.1.3. Tahapan Kegiatan dalam MEK

Tahapan-tahapan dalam kegiatan MEK disajikan pada tabel di bawah ini.

**Tabel 5.2.** Tahapan kegiatan dalam MEK

Tahap	Kegiatan	Metode	Outputs
1	Review dan studi literatur tentang kondisi hidrologi, landscape, geologi, iklim dan sistem pengelolaan DAS Sumber Brantas	Pengumpulan data dan informasi dari sumber-sumber terdahulu	Kondisi pengelolaan air, kondisi umum di DAS Sumber Brantas
2	Penentuan dan pengumpulan parameter-parameter iklim dan hidrologi serta pengumpulan data-data iklim lainnya	Analisis data time series	Deskripsi kondisi iklim dan hidrologi DAS Sumber Brantas
3	Parametrisasi kondisi landuse / landcover dan pembagian sub catchment	Pemrosesan dan analisis data geospasial	Database untuk data-data spasial dan indikator model
4	Parameterisasi untuk data tanah (jenis tanah dan kedalaman)	Pengumpulan data dari penelitian-penelitian yang sedang berjalan dan terdahulu	Indikator-indikator model
5	Parameterisasi dan analisa kondisi landuse aktual dan landuse skenario	Model GenRiver	Dampak hidrologi dari perubahan penggunaan lahan di DAS Sumber Brantas

Sementara itu, detail kegiatan dari setiap tahapan tersebut dijelaskan sebagai berikut.

#### ***Tahap 1. Review dan studi literatur tentang kondisi hidrologi, landscape, geologi, iklim dan sistem pengelolaan DAS Sumber Brantas***

Pada tahap ini terdapat dua kegiatan. Kegiatan pertama adalah pengumpulan data sekunder dan informasi tentang studi yang berhubungan dengan kondisi hidrologi, bentang lahan (landscape), geologi, dan iklim di DAS Sumber Sumber Brantas. Data-data yang dimaksud dapat berupa laporan, artikel atau dokumentasi-dokumentasi lainnya. Kegiatan kedua adalah konsultasi dengan pihak-pihak terkait baik institusi maupun narasumber yang mempunyai kegiatan di lokasi studi yang berhubungan dengan kondisi hidrologi, pengelolaan DAS, dan topik terkait lainnya.

Metode yang dipergunakan dalam tahap ini adalah pengumpulan data dan informasi dari sumber-sumber terdahulu.

Output yang didapatkan dari tahap pertama ini adalah informasi tentang kondisi pengelolaan air, serta kondisi umum di wilayah studi.

## ***Tahap 2. Parameterisasi kondisi iklim dan hidrologi serta data-data lainnya***

Data iklim dan hidrologi yang telah terkumpul dipergunakan untuk memvalidasi model GenRiver dan menjalankan simulasi kondisi aktual serta skenario yang diajukan. Keseluruhan kegiatan dalam tahap kedua ini dalam hubungannya dengan pengumpulan dan analisa data iklim dan hidrologi dijelaskan sebagai berikut :

- Pengumpulan data hujan dan data debit sungai selama 10 tahun
- Pengumpulan data evapotranspirasi harian selama 10 tahun
- Pengumpulan data hidrologi lainnya
- Analisa konsistensi data

Metode yang dipergunakan dalam tahap ini adalah dengan melakukan analisa data time series. Output yang dihasilkan berupa deskripsi kondisi iklim dan hidrologi DAS Sumber Brantas.

## ***Tahap 3. Parameterisasi landuse / landcover dan batas subcatchment***

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah:

- Pengumpulan peta-peta maupun image seperti peta batas administrasi, peta geologi, peta jenis tanah, dan image satelit.
- Pengadaan data Digital Elevation Model (DEM)
- Pemrosesan peta (klasifikasi landuse dan penentuan jaringan sungai / subcatchment).

Metode yang dipergunakan dalam tahap ini adalah pemrosesan dan analisa data geospasial.

Output yang dihasilkan berupa database untuk data-data geospasial dan indikator model GenRiver.

## ***Tahap 4. Parameterisasi untuk data tanah (jenis dan kedalaman tanah)***

- Pengumpulan dan analisa data-data sifat tanah dari studi terdahulu khususnya data jenis tanah dan kedalaman tanah.
- Mengaplikasikan fungsi pedotransfer dari bermacam jenis tanah di lokasi studi sebagai parameter dalam model GenRiver.

Metode yang dipergunakan dalam tahap ini adalah pengumpulan data dari penelitian-penelitian yang sedang berjalan dan penelitian terdahulu.

Output yang dihasilkan berupa indikator-indikator untuk model GenRiver.

### ***Tahap 5. Parameterisasi dan Analisa Data Kondisi Landuse Aktual dan Skenario***

Model GenRiver dikembangkan oleh ICRAF SEA sebagai suatu perangkat untuk menganalisa debit aliran sungai pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai konsekuensi terhadap kondisi landuse yang ada di dalamnya. DAS terbagi dalam subcatchment (subDAS) yang masing-masing mempunyai kondisi landuse / landcover, jenis tanah, sifat-sifat fisik tanah, hujan, dan panjang aliran sungai yang berbeda-beda. Dalam model GenRiver, aliran sungai merupakan integrasi dari seluruh aliran anak sungai yang berada pada tiap subcatchment yang mempunyai karakteristik yang berbeda seperti yang dijelaskan sebelumnya. Model ini dikembangkan berdasarkan data-data yang didapatkan dari DAS Way Besai, Lampung Indonesia dan DAS Mae Chaem di Thailand Utara.

Data-data yang diperlukan untuk mengaplikasikan model GenRiver antara lain adalah :

#### **A. Data Iklim**

- Hujan

Data hujan diambil dari 6 stasiun data hujan di wilayah DAS Sumber Brantas. Keenam stasiun hujan ditentukan berdasarkan metode poligon thiesen. Keenam stasiun hujan tersebut adalah stasiun Kedungrejo, Ngaglik, Pacet, Ciliwung, Tlekung dan Pujon. Keseluruhan data hujan yang didapatkan dari tiap stasiun tersebut diambil dalam bentuk data timeseries selama 10 tahun dari tahun 1998 sampai dengan tahun 2007.

- Intensitas Hujan

Data intensitas hujan didapatkan dari data jumlah hujan dan waktu atau durasi kejadian hujan.

- Potensial Evaporasi

Data potensial evapotranspirasi diperoleh melalui persamaan Thornwaite. Sementara itu, data suhu harian yang dipergunakan dalam perhitungan tersebut mempergunakan data suhu harian selama kurun waktu 10 tahun dari tahun 1998 sampai dengan 2007 yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) stasiun klimatologi Karangploso Malang.

$$\begin{aligned} \text{PET} &= 1,6[(10.T)/I]^a \\ I &= \sum_{i=1}^{12} \left[ \left( \frac{T}{5} \right) \right]^{1,5} \end{aligned}$$

Dimana :

PET = Evapotranspirasi potensial (mm)

T = Suhu rata-rata bulanan (oC)

$$I = \text{Indeks panas tahunan}$$

$$a = 675.10^{-9} I^3 - 771.10^{-7} I^2 + 1792.10^{-5} I + 0,49239$$

## B. Kondisi Landform dan Jaringan Sungai

Kondisi landform dan jaringan aliran sungai di DAS Sumber Brantas didapatkan dari peta DEM. Peta ini pada dasarnya memperlihatkan perbedaan elevasi (ketinggian tempat) pada setiap subcatchment. Pada akhirnya dengan perbedaan ketinggian ini, diperoleh batas-batas subcatchment.

## C. Tanah

Data tanah yang diperlukan untuk input data dalam model ini adalah:

- Rata-rata kedalaman tanah (batas olah perkembangan akar).
- Tekstur tanah (atau jenis tanah) sebagai input fungsi pedotransfer untuk mengestimasi kurva retensi air tanah (saturation, field capacity, dan wilting point).
- Estimasi berat isi tanah pada berbagai kondisi penggunaan tanah khususnya untuk pertanian, untuk mengestimasi konduktivitas hidrolik jenuh dan potensial infiltrasi.

## D. Vegetasi dan Penutupan Lahan

Data tentang fraksi vegetasi dan landcover diperoleh dari analisis citra satelit. Detail selengkapnya disajikan pada bab 2.

## E. Data Debit Prediksi

Dalam simulasi model GenRiver untuk kondisi DAS Sumber Brantas ini, debit sungai dalam bentuk time series tidak dapat disajikan. Hal ini disebabkan karena pengukuran debit aktual terletak jauh di bagian hilir (diluar DAS Sumber Brantas) dimana representasi wilayah yang terukur debitnya meliputi wilayah DAS Amprong, Bango, dan DAS Sumber Brantas itu sendiri. Oleh karena itu, dalam studi yang khusus dilakukan di DAS Sumber Brantas, data debit prediksi dalam jangka waktu 10 tahun akan dipergunakan untuk menjelaskan kondisi hidrologi di wilayah ini.

### 5.1.4. Validasi Model GenRiver

Validasi model GenRiver dalam studi ini dilakukan untuk menguji apakah model GenRiver dapat dipergunakan untuk mengetahui kondisi hidrologi di Sub DAS Sumber Brantas.

Validasi sendiri menurut Hoover dan Perry (1989) merupakan proses penentuan apakah model, sebagai konseptualisasi atau abstraksi, merupakan representasi berarti dan akurat dari sistem nyata. Terdapat banyak macam metode validasi. Namun demikian, dalam konteks studi yang dilakukan, validasi model GenRiver dilakukan dengan metode perbandingan output

simulasi dengan sistem nyata. Membandingkan output ukuran kinerja model simulasi dengan ukuran kinerja yang sesuai dari sistem nyata merupakan metode yang paling sesuai untuk melakukan validasi metode simulasi. Uji T, uji F maupun metode nonparametrik lainnya seperti uji ChiSquare dan Kolmogorov Smirnov dapat digunakan untuk menguji kesamaan ragam sistem nyata dengan model simulasi.

Validasi model GenRiver dilakukan pada tiga Sub DAS berbeda dimana salah satunya adalah sub DAS Sumber Brantas. Dua sub DAS yang dimaksud adalah sub DAS Bango dan Amprong. Sub DAS Bango dan Amprong terletak di wilayah Kabupaten Malang. Validasi model dilakukan dengan menghitung nilai efisiensi model dengan menggunakan persamaan Nash and Sutcliffe. Persamaan Nash and Sutcliffe disajikan sebagai berikut.

$$NSE = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y^{mean})^2} \right]$$

Dimana :

$Y_i^{obs}$  = Debit pengukuran (m3/det)

$Y_i^{sim}$  = Debit simulasi (m3/det)

$Y^{mean}$  = Rerata debit pengukuran (m3/det)

Nilai NSE berkisar pada angka  $-\infty$  sampai 1, dimana  $NSE = 1$  merupakan batas nilai paling tinggi. Nilai  $NSE < 0,0$  mengindikasikan bahwa rerata debit pengukuran lebih baik untuk dipergunakan sebagai prediksi daripada debit simulasi itu sendiri. Dengan kata lain, bahwa performance model masih belum dapat diterima. Sementara itu, nilai NSE antara 0,0 sampai 1,0 menunjukkan bahwa model mempunyai performance yang dapat diterima. Pengkelasan dalam performance model dengan menggunakan nilai NSE disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 5.3.** Kelas performance nilai NSE

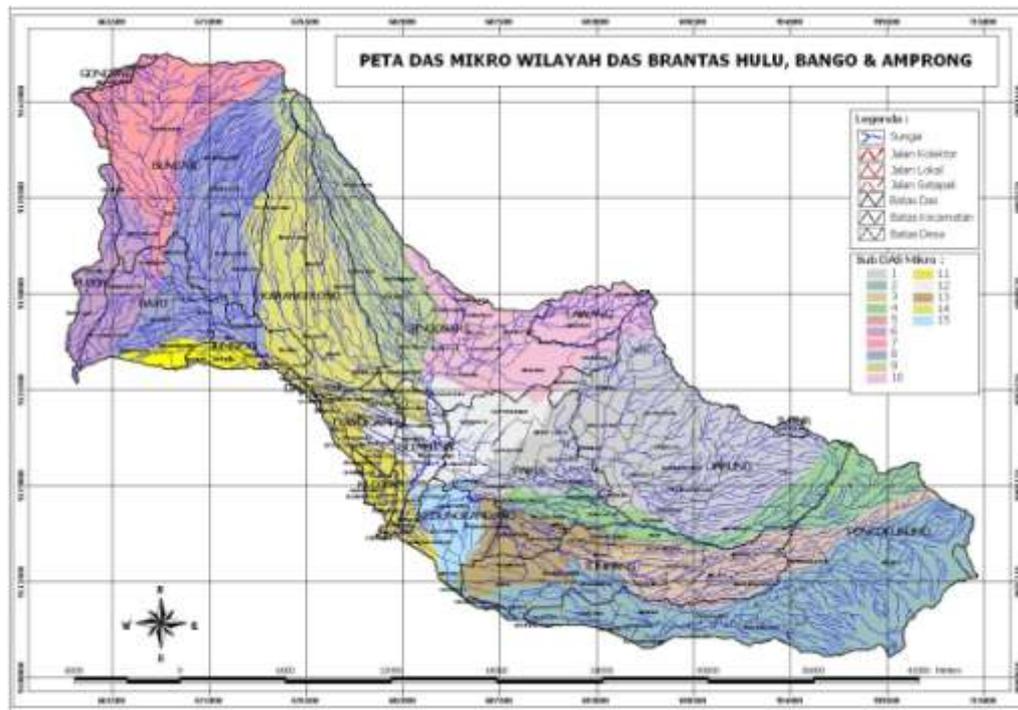
Performance Rating	NSE
Very Good	$0.75 < NSE \leq 1.00$
Good	$0.65 < NSE \leq 0.75$
Satisfactory	$0.50 < NSE \leq 0.65$
Unsatisfactory	$NSE \leq 0.5$

## 5.2. Hasil

### 5.2.1. Validasi Model GenRiver

#### *Lokasi Studi*

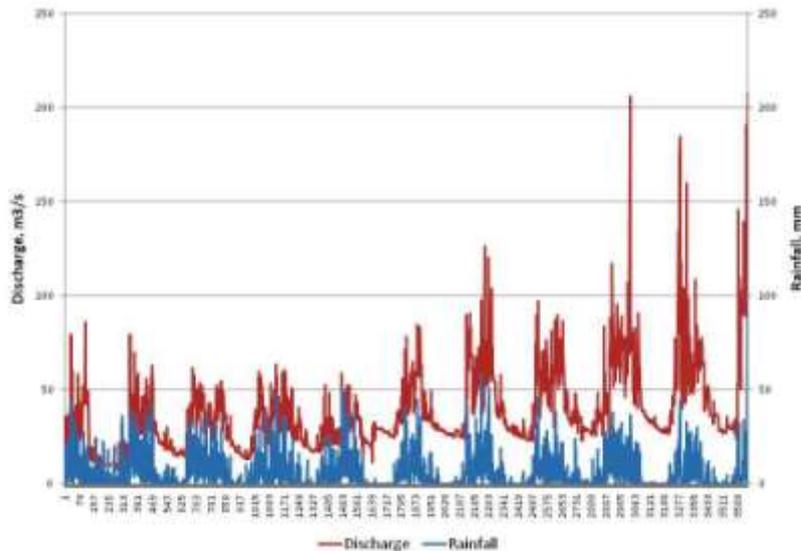
Validasi model GenRiver dilakukan pada tiga DAS yaitu DAS Sumber Brantas, Bango dan Amprong. Secara keseluruhan wilayah studi mempunyai luas 774 km<sup>2</sup> yang sebagian besar terletak di Kabupaten Malang dan selebihnya di Kota Batu.



**Gambar 5.3.** Pembagian subcatchment pada tiga DAS untuk validasi model GenRiver

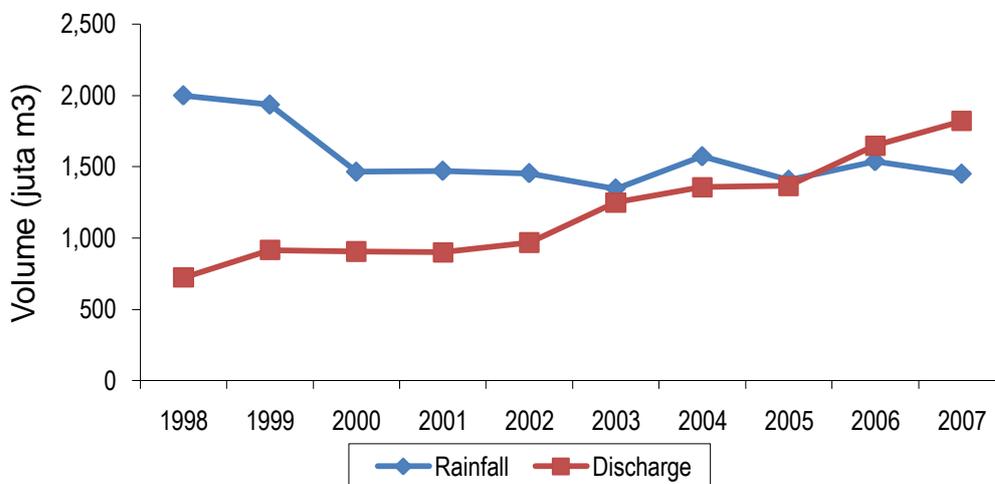
#### *Data Debit dan Hujan untuk Validasi Model*

Kondisi data hujan dan debit dalam kurun waktu 10 tahun dari tahun 1998 sampai dengan 2007 ditunjukkan pada gambar-gambar berikut. Data debit minimal pada musim kemarau dari tahun-ke tahun terlihat menunjukkan peningkatan nilai. Selain itu, volume total debit yang dihasilkan oleh sistem hidrologi di ketiga DAS ini pada 5 tahun terakhir menunjukkan jumlah yang tak sebanding dengan volume hujan yang jatuh di seluruh DAS.



**Gambar 5.4.** Grafik hujan dan debit harian selama tahun 1998 sampai 2007

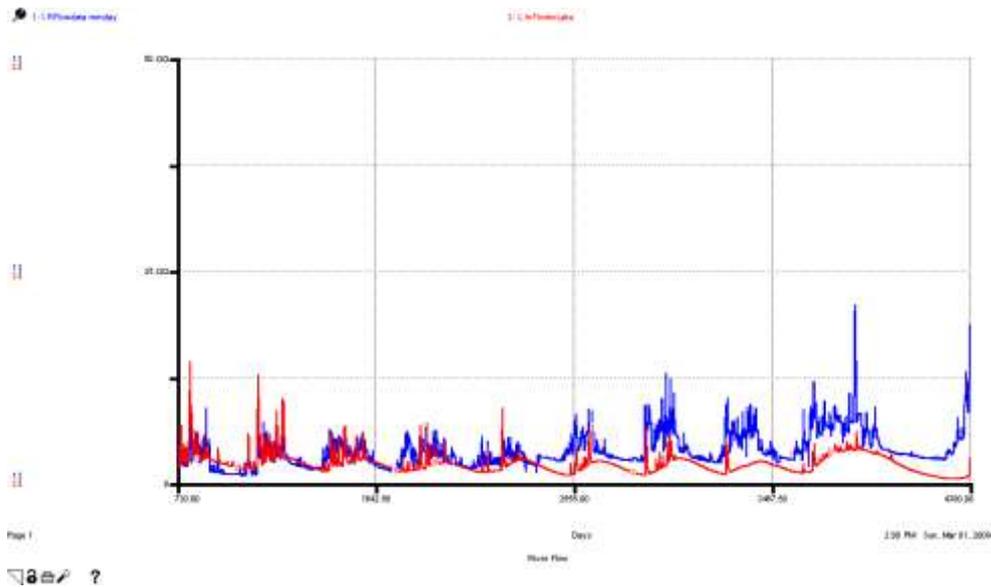
Sementara itu, total volume curah hujan dan debit ditunjukkan pada gambar berikut.



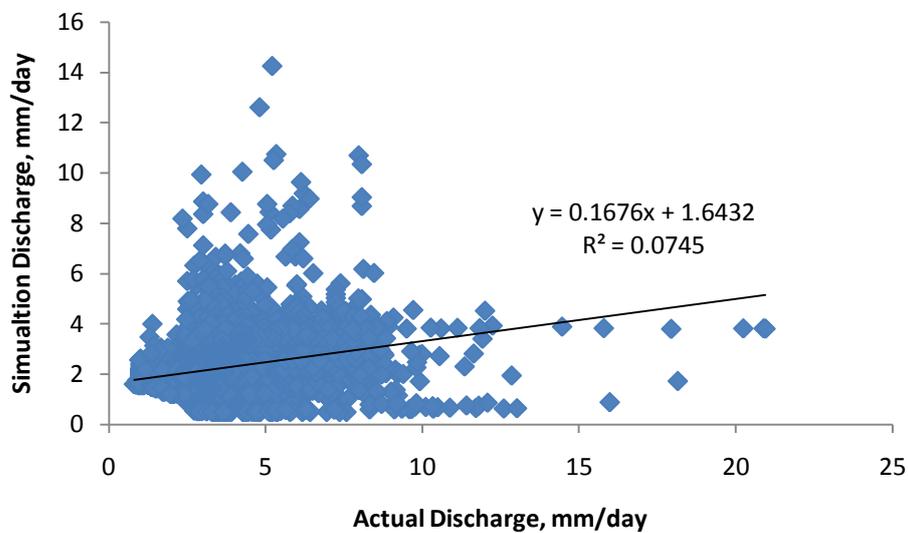
**Gambar 5.5.** Total volume curah hujan dan debit tahunan

**Hasil Validasi Model**

Hasil validasi model GenRiver di ketiga DAS dengan data debit dan hujan selama 10 tahun menunjukkan nilai efisiensi model yang sangat rendah, dengan nilai NSE kurang dari 0 dan nilai  $R^2$  antara debit aktual dan debit simulasi (prediksi) sebesar 0,074. Kondisi ini dapat dijelaskan dari data debit yang terlihat tidak logis setelah dihubungkan dengan data hujan, khususnya mulai tahun 2003 sampai dengan 2007. Verifikasi data debit dan hujan sebagai input data utama dalam validasi model ini perlu dilakukan lebih lanjut.

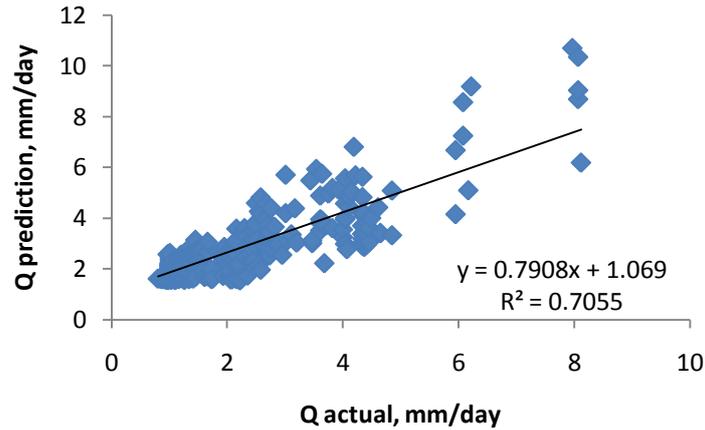


**Gambar 5.6.** Grafik debit aktual dan debit prediksi hasil simulasi model



**Gambar 5.7.** Hubungan antara debit aktual dan debit prediksi hasil simulasi model seluruh tahun

Namun demikian, dari data hujan tahun pertama (1998), diperoleh hubungan antara debit prediksi dan debit aktual dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,705. Hal ini menunjukkan bahwa sebesar 70% debit simulasi (prediksi) yang diperoleh sesuai dengan debit aktual yang ada.

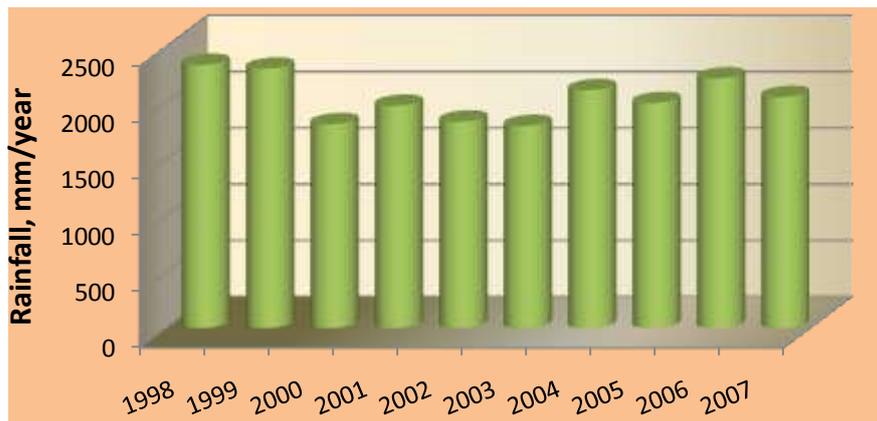


**Gambar 5.8.** Hubungan antara debit aktual dan debit prediksi hasil simulasi model pada tahun pertama

### 5.2.2. Aplikasi Model GenRiver di DAS Sumber Brantas

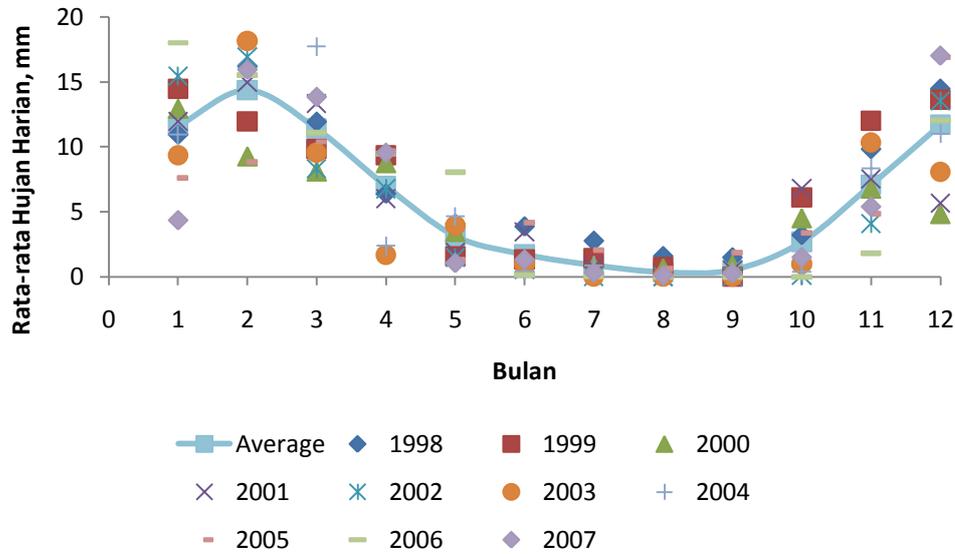
#### *Data Hujan dan Debit DAS Sumber Brantas*

Data hujan yang digunakan dalam hal ini adalah data hujan dari tahun 1998 sampai dengan tahun 2007. Lima dari sepuluh data hujan tahunan tersebut menunjukkan nilai hujan tahunan kurang dari 2000 mm, dan selebihnya data hujan tahunan berkisar antara 2000 mm – 2400 mm.



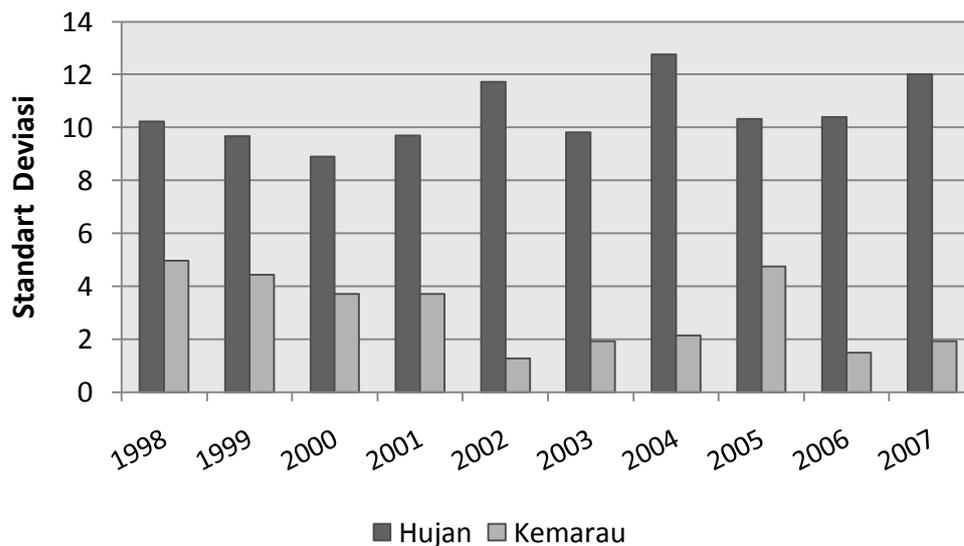
**Gambar 5.9.** Total hujan tahunan di wilayah DAS Sumber Brantas

Sebaran data rata-rata hujan harian pada masing-masing tahun ditunjukkan pada gambar berikut.

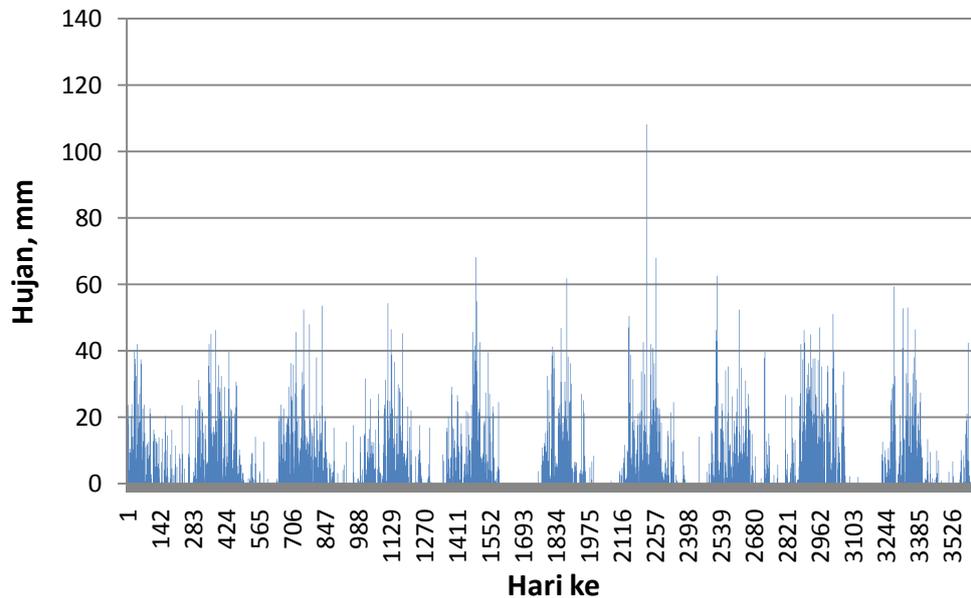


**Gambar 5.10.** Rata-rata hujan harian tiap bulan dan sebarannya pada masing-masing tahun

Sementara itu, keragaman curah hujan harian musim hujan dan kemarau tiap bulan dari tahun 1998 sampai dengan tahun 2007 serta grafik hujan harian ditunjukkan pada gambar berikut.



**Gambar 5.11.** Nilai standart deviasi hujan harian pada musim hujan dan kemarau



Gambar 5.12. Hujan harian dari keseluruhan tahun

### *Parameterisasi Model GenRiver*

#### A. Identifikasi Subcatchment

Tabel di bawah ini menunjukkan data jumlah subcatchment, luasan dan jarak masing-masing subcatchment terhadap outlet. Titik pengamatan (measurement point) terhadap kondisi debit sungai tidak dilakukan dalam hal ini.

Tabel 5.4. Parameterisasi subcatchment, luas, dan jaraknya terhadap outlet

Sub-catchment	Fraksi Luas	Luas (km <sup>2</sup> )	Routing Distance (km)	Obs1	Obs2	Obs3	Obs4	Obs5	Obs6
A	0.05	8.8	21.3	-1	-1	-1	-1	-1	-1
B	0.11	18.5	24.1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
C	0.09	15.2	19.3	-1	-1	-1	-1	-1	-1
D	0.01	1.3	2.1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
E	0.06	10.8	16.2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
F	0.04	7.4	15.1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G	0.08	13.3	16.2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
H	0.12	21.6	11.2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
I	0.05	7.9	17.8	-1	-1	-1	-1	-1	-1
J	0.06	9.6	4.5	-1	-1	-1	-1	-1	-1
K	0.06	10.9	6.4	-1	-1	-1	-1	-1	-1
L	0.03	4.4	5.0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
M	0.11	19.0	10.5	-1	-1	-1	-1	-1	-1
N	0.07	11.5	11.1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
O	0.08	13.2	15.2	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Kondisi jenis tanah pada tiap subcatchment dideskripsikan pada tabel berikut. Data luasan jenis tanah pada masing-masing subcatchment didapatkan dengan mengoverlaykan antara peta jenis tanah dan peta pembagian subcatchment.

**Tabel 5.5.** Distribusi jenis tanah pada tiap subcatchment

Sub-catchment	Alfisols	Andisols	Aridisols	Entisols	Inceptisols	Mollisols	Oxisols	Spodosols	Ultisols	Vertisols
A	0.00	0.90	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	0.00	0.71	0.00	0.01	0.22	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
C	0.00	0.56	0.00	0.01	0.34	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
E	0.05	0.03	0.00	0.00	0.83	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.03	0.12	0.00	0.00	0.75	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
G	0.03	0.27	0.00	0.03	0.59	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
H	0.00	0.18	0.00	0.01	0.73	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
I	0.00	0.73	0.00	0.00	0.20	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
J	0.08	0.21	0.00	0.01	0.68	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.01	0.14	0.00	0.04	0.77	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
M	0.00	0.35	0.00	0.00	0.55	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
N	0.00	0.33	0.00	0.00	0.44	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
O	0.00	0.51	0.00	0.00	0.42	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Time independent soil depth, cm	450.00	400	110.00	475.00	470	165.00	320.00	142.50	180	198.00
Topsoil depth, cm	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00

**Tabel 5.6.** Nilai asumsi untuk parameter-parameter yang lainnya

Sub-catchment	Topsoil BD/Bdref	Soilquick flow capacity, mm	Plant available water, mm	Inaccessible water, mm	Max dynamic GW store, mm	Ground water release fraction
A	0.87	248.36	637.81	590.16	300	0.1
B	0.96	234.49	630.25	576.88	300	0.1
C	1.03	223.98	631.98	575.58	300	0.1
D	1.10	232.97	810.43	733.13	300	0.1
E	1.05	213.01	740.24	674.65	300	0.1
F	1.08	209.92	705.75	642.98	300	0.1
G	1.03	226.63	708.02	638.40	300	0.1
H	1.04	224.03	726.40	655.70	300	0.1
I	0.86	228.71	612.47	564.72	300	0.1
J	1.09	232.69	762.74	697.48	300	0.1
K	1.10	235.02	760.92	678.67	300	0.1
L	1.06	226.60	788.29	713.09	300	0.1
M	0.95	217.33	667.15	607.32	300	0.1
N	0.96	188.03	570.53	520.98	300	0.1
O	1.05	227.55	662.25	606.26	300	0.1

#### B. Penentuan tipe penutupan lahan

Pada dasarnya, pengelompokan jenis penutupan lahan yang dipergunakan untuk input dalam model GenRiver terdiri dari 3 kelompok penutupan lahan. Kelompok pertama adalah landuse alami yang terdiri dari pioner, hutan sekunder muda (young secondary forest), hutan sekunder tua (old secondary forest) dan hutan primer (primary forest). Kelompok kedua adalah landuse agroforestry yang terdiri dari agroforestry early and late production, post productive agroforestry, dan agroforestry pioneer. Kelompok ketiga adalah bentukan-bentukan penggunaan lahan lainnya seperti sawah teririgasi, tanaman semusim, pemukiman dan sebagainya. Fraksi tiap-tiap landcover pada setiap subcatchment di DAS Sumber Brantas selengkapnya disajikan pada tabel 5.7.

Sementara itu, perkiraan (guestimation) dari pengaruh tiap landcover terhadap kondisi water ballance di lokasi studi disajikan pada tabel 5.8.

**Tabel 5.7.** Distribusi jenis landcover pada tiap subcatchment dan hasil estimasi BD/BDref

Land Cover Type	Pioneer	YoungSec	OldSec	PrimFor	Water body	AF_ Early Prod	AF_ Late Prod	Pine	Crop	Paddy Rice	Houses	Total	Mean BD/BDref
A	0.12	0.00	0.23	0.25	0.00	0.07	0.00	0.31	0.02	0.00	0.00	1.00	0.87
B	0.18	0.00	0.11	0.13	0.00	0.06	0.00	0.25	0.24	0.00	0.03	1.00	0.96
C	0.47	0.00	0.04	0.06	0.00	0.10	0.00	0.08	0.24	0.00	0.01	1.00	1.03
D	0.30	0.00	0.00	0.01	0.00	0.34	0.00	0.01	0.06	0.09	0.19	1.00	1.10
E	0.36	0.00	0.02	0.01	0.00	0.24	0.00	0.07	0.26	0.00	0.05	1.00	1.05
F	0.29	0.00	0.01	0.02	0.00	0.25	0.00	0.03	0.25	0.01	0.13	1.00	1.08
G	0.29	0.00	0.04	0.05	0.00	0.28	0.00	0.09	0.18	0.01	0.06	1.00	1.03
H	0.21	0.00	0.05	0.07	0.00	0.25	0.00	0.04	0.24	0.01	0.13	1.00	1.04
I	0.26	0.00	0.07	0.40	0.00	0.08	0.00	0.11	0.06	0.00	0.00	1.00	0.86
J	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.02	0.40	0.03	0.13	1.00	1.09
K	0.17	0.00	0.01	0.00	0.00	0.24	0.00	0.02	0.32	0.04	0.20	1.00	1.10
L	0.30	0.00	0.04	0.04	0.00	0.26	0.00	0.00	0.12	0.13	0.11	1.00	1.06
M	0.20	0.00	0.25	0.15	0.00	0.19	0.00	0.05	0.06	0.04	0.05	1.00	0.95
N	0.28	0.00	0.07	0.19	0.00	0.11	0.00	0.13	0.18	0.00	0.04	1.00	0.96
O	0.22	0.00	0.05	0.06	0.00	0.24	0.00	0.08	0.20	0.00	0.15	1.00	1.05
<b>BD/BDref</b>	1.08	0	0.85	0.63	0	1.02	0	0.95	1.07	1.1	1.3		

**Tabel 5.8.** Jenis landcover dan pengaruhnya terhadap water ballance

Landcover type	BD/BD ref	Potential Intercep-tion (mm day-1)	Relative Drought Threshold	Multiplier of Daily Potential Evapotranspiration												Landcover Epot mm year <sup>-1</sup>	
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
Pioneer	1.08	1	0.55	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1786.95
YoungSec	0	0	0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	2144.34
OldSec	0.85	3.5	0.5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	2859.13
PrimFor	0.63	3.5	0.45	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	2859.13
Water body	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3573.91
AF_EarlyProd	1.02	2	0.55	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	2144.34
AF_LateProd	0	0	0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	2501.73
Pine	0.95	3.5	0.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3573.91
Crop	1.07	1	0.7	1	1	1	1	1	1	0.7	0.3	0.5	0.5	0.5	0.8		2795.92
Paddy Rice	1.1	1	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3573.91
Houses	1.3	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	35.74
<i>Potensial evapotranspiration, mm / month</i>				305	282	305	328	337	271	260	253	279	326	318	309		

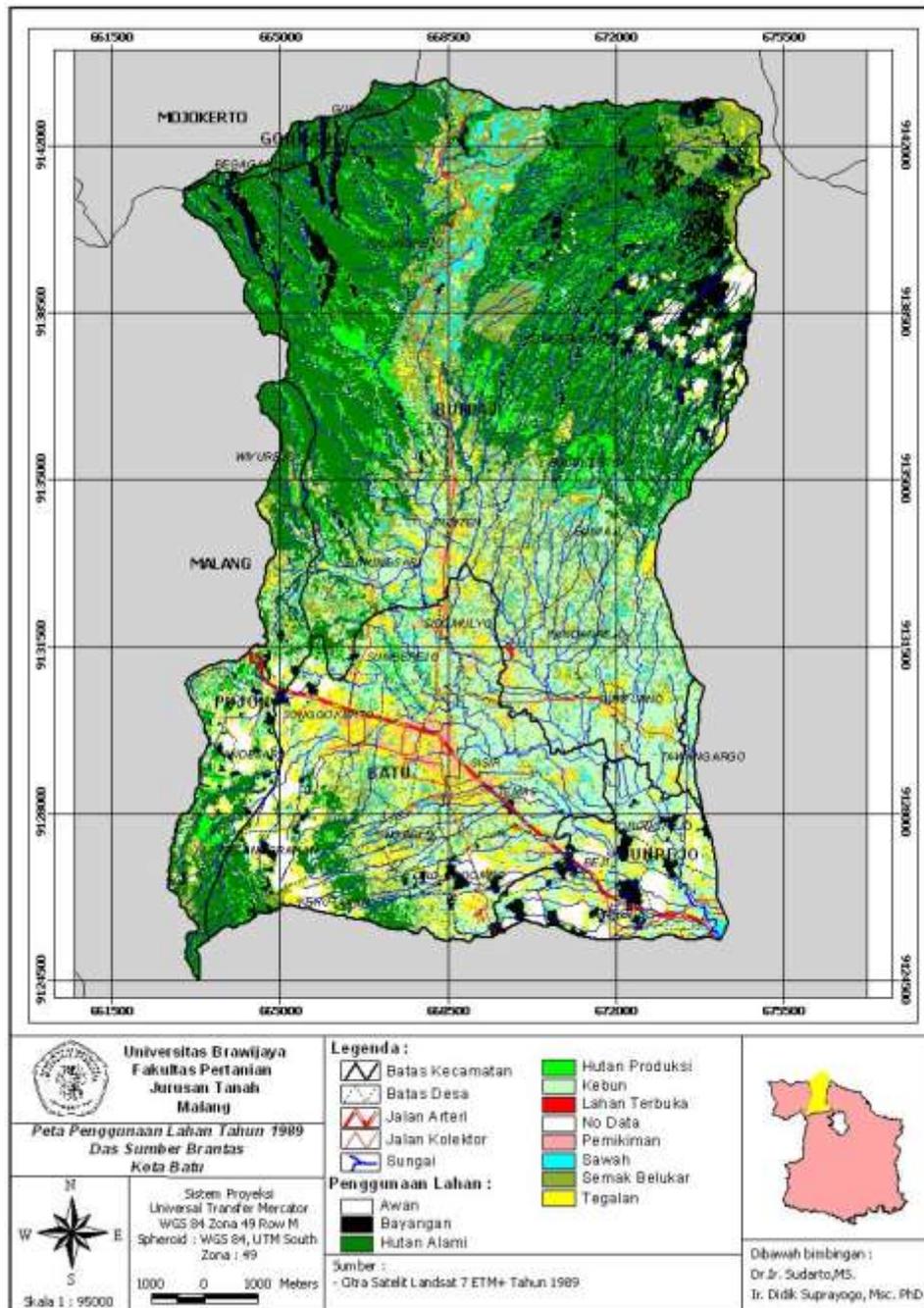
Keterangan :

Young sec dan AF\_Late Prod tidak ada dalam tata guna lahan di lokasi studi

## Skenario Penggunaan Lahan

Skenario 1. Landuse tahun 1989

Skenario 1 mengacu pada landuse tahun 1989 dimana landuse ini mewakili kondisi penutupan lahan di lokasi studi sebelum terjadinya *illegal logging* (masa reformasi). Kondisi landuse pada tahun tersebut disajikan pada gambar berikut.



Gambar 5.11. Kondisi landuse di DAS Sumber Brantas tahun 1989

Terdapat 3 jenis penggunaan lahan yang utama pada tahun ini yaitu hutan alami, kebun (perkebunan apel), serta semak belukar. Jenis penutupan lahan serta luasannya disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 5.9.** Jenis penutupan lahan dan luasannya untuk skenario 1

No	Landuse	Luas (Ha)	Persentase
1	No Data	8.1	0.05
2	Kebun	4070.07	23.41
3	Tegalan	1650.51	9.49
4	Hutan Alami	5304.42	30.51
5	Lahan Terbuka	31.59	0.18
6	Pemukiman	240.39	1.38
7	Bayangan	1125.02	6.47
8	Sawah	711.54	4.09
9	Awan	711.27	4.09
10	Semak Belukar	2316.33	13.32
11	Hutan Produksi	1215.27	6.99
	<i>Total</i>	17384.51	100

#### Skenario 2. Landuse tahun 2002

Skenario kedua mengacu pada landuse sesaat setelah terjadinya masa reformasi pada tahun 1998/1999. Jenis penggunaan lahan serta luasan landuse pada tahun ini menunjukkan bahwa luasan hutan alami telah berkurang menjadi kurang dari 10% dari total luas catchment, jika dibandingkan dengan landuse tahun 1989. Berkurangnya luasan lahan hutan alami ini ternyata disebabkan karena hutan alami telah berubah menjadi hutan terganggu, hutan produksi, dan semak belukar. Hutan produksi dalam hal ini adalah hutan-hutan milik Perhutani yang telah ditanami tanaman semusim (tetelan). Sementara itu, hutan terganggu mempunyai kondisi yang lebih bagus daripada hutan produksi dimana tegakan pohon masih mendominasi. Sementara itu, semak belukar kebanyakan adalah lahan yang dulunya hutan dan setelah ditebang pohonnya menjadi lahan terlantar yang kemudian ditumbuhi oleh semak belukar. Lahan-lahan ini pada umumnya berada pada posisi lereng yang curam. Lebih jelasnya, jenis penutupan lahan dan luasannya disajikan pada tabel 5.10 dan gambar 5.14.

**Tabel 5.10.** Jenis penutupan lahan dan luasannya untuk skenario 2

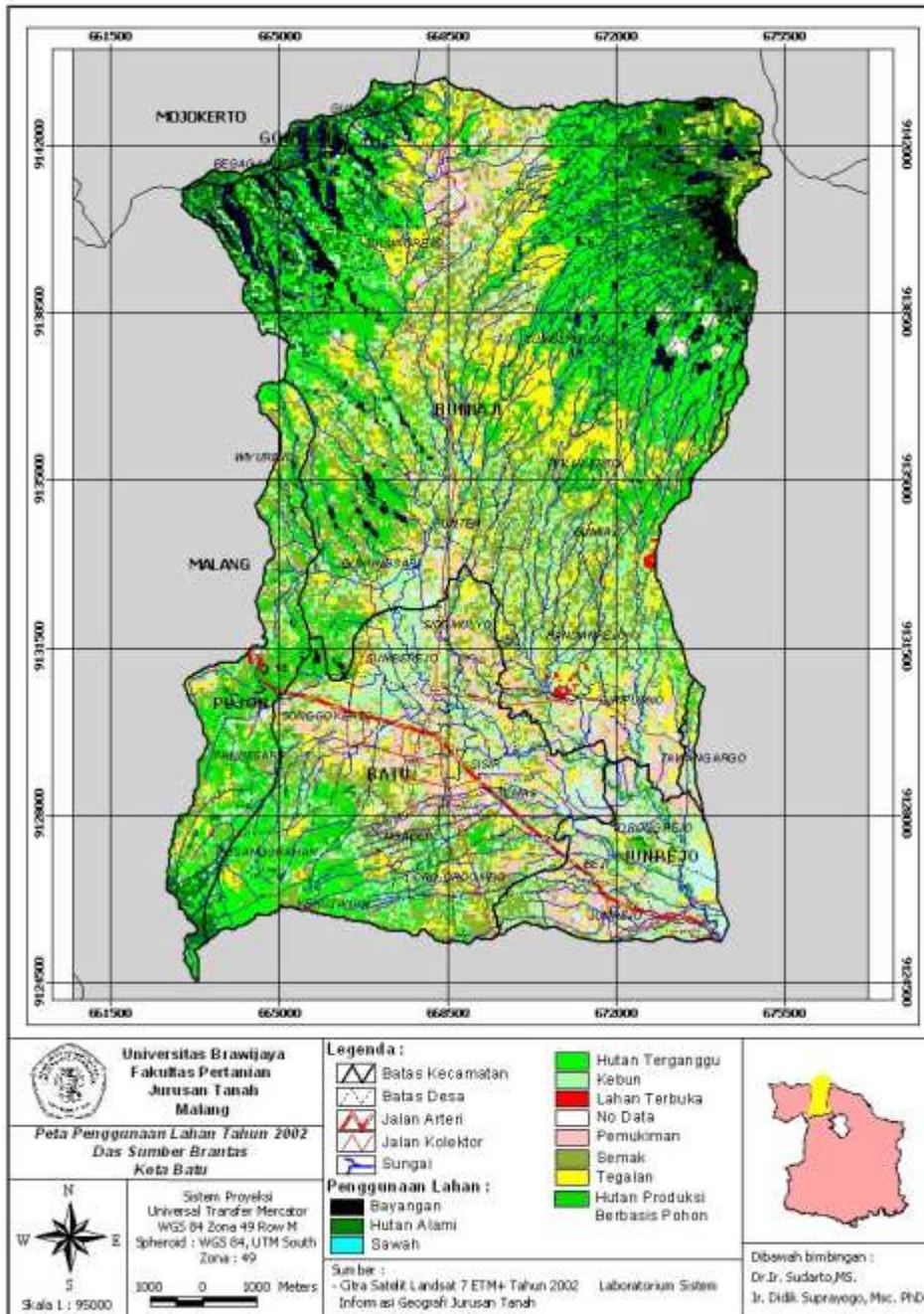
No	Landuse	Luas (Ha)	Persentase
1	No Data	8.73	0.05
2	Kebun	2917.71	16.78
3	Tegalan	2289.33	13.17
4	Hutan Alami	1602.81	9.22
5	Lahan Terbuka	25.74	0.15
6	Pemukiman	1343.61	7.73
7	Bayangan	667.44	3.84
8	Sawah	671.58	3.86
9	Awan	100.64	0.58
10	Semak Belukar	3722.85	21.41
11	Hutan Terganggu	2386.44	13.73
12	Hutan Produksi	1647.63	9.48
	<i>Total</i>	17384.51	100

### Skenario 3. Landuse tahun 2006

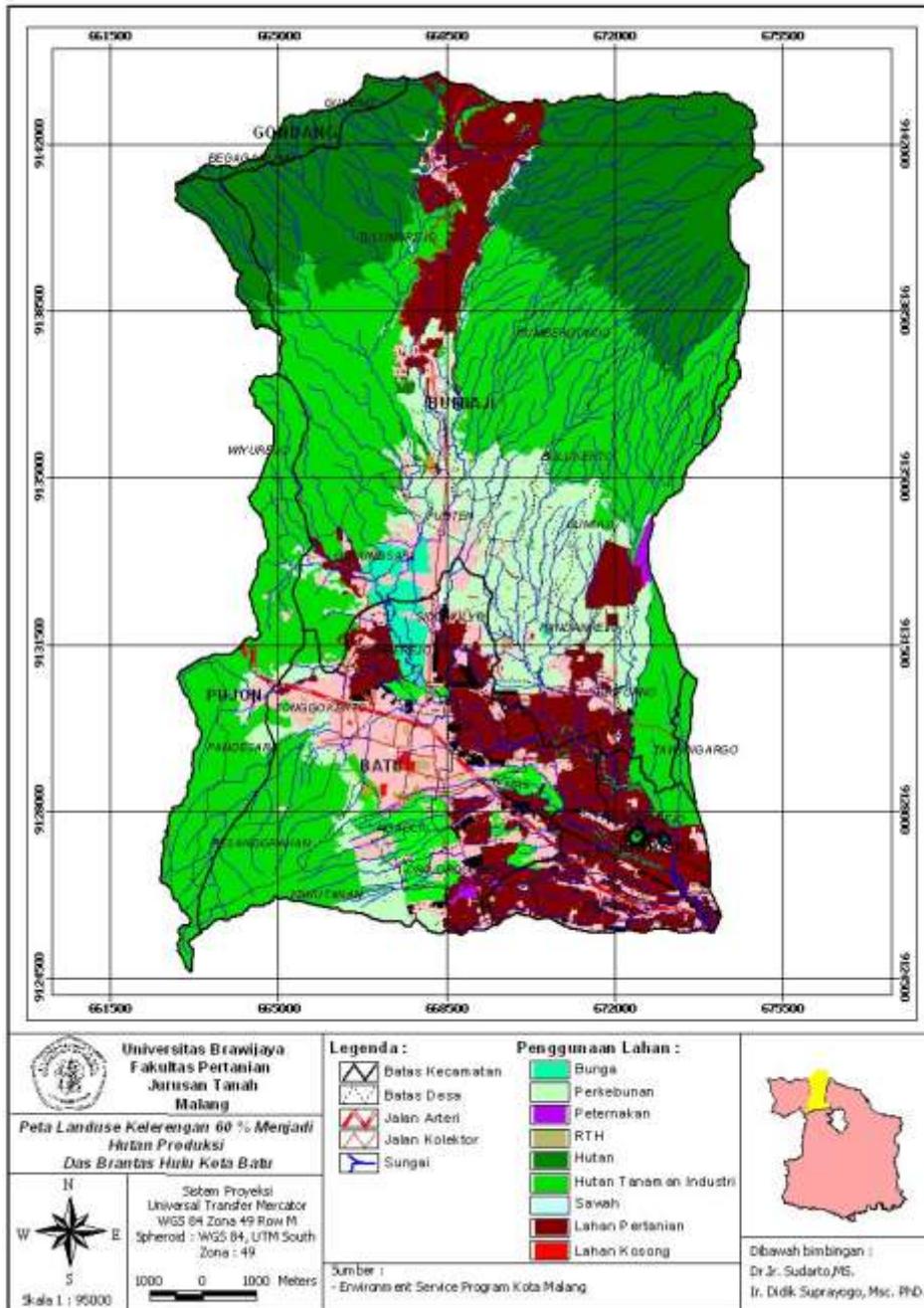
Kondisi landuse aktual diwakili oleh landuse tahun 2006 dimana jenis dan komposisi landuse disajikan pada gambar 5.15 dan tabel 5.11.

**Tabel 5.11.** Jenis dan luasan penutupan lahan tahun 2006

No	Landuse	Luas (Ha)	Persentase
1	No Data	76.59	0.4
2	Kebun	3171.20	18.2
3	Tegalan	3484.64	20.0
4	Hutan Alami	1374.01	7.9
5	Lahan Terbuka	92.50	0.05
6	Pemukiman	1253.21	7.2
7	Bayangan	348.86	2.0
8	Sawah	268.34	1.5
9	Awan	539.37	3.1
10	Semak	4386.33	25.2
11	Hutan Terganggu	804.85	4.6
12	Hutan Produksi	1584.63	9.1
	<i>total</i>	17384.51	100



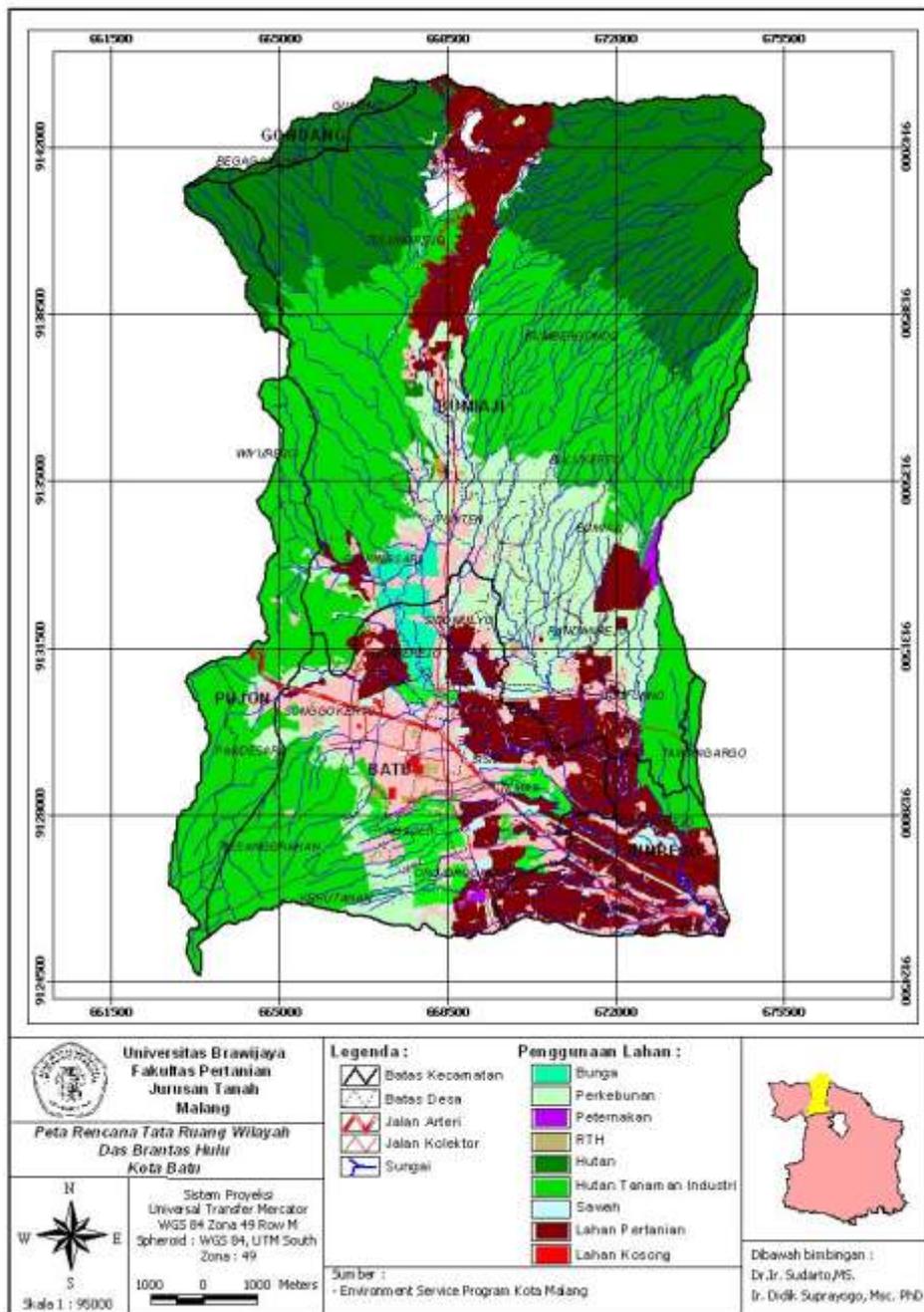
Gambar 5.12. Kondisi landuse di DAS Sumber Brantas tahun 2002



**Gambar 5.13.** Kondisi landuse tahun 2006

### Skenario 3. Landuse RTRW dan hutan recovery

Skenario ketiga ditetapkan berdasarkan Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Batu yang rencananya telah diimplementasikan pada tahun 2005 yang lalu. Namun demikian, RTRW yang baru masih dalam proses penyusunan sehingga masih belum dapat dipergunakan sebagai acuan untuk skenario. Karena perencanaan wilayah hutan baik itu hutan milik Perhutani maupun Tahura (Taman Hutan Raya) diluar otoritas pemerintah Kota Batu, sehingga dalam skenario ketiga ini ditetapkan seluruh kawasan hutan yang telah berubah fungsi dikembalikan lagi pada fungsi sebenarnya yaitu sebagai hutan alami dan hutan produksi (Hutan Tanaman Industri).



**Gambar 5.14.** Kondisi landuse RTRW dan hutan recovery

**Tabel 5.12.** Jenis penutupan lahan dan luasannya untuk skenario 3

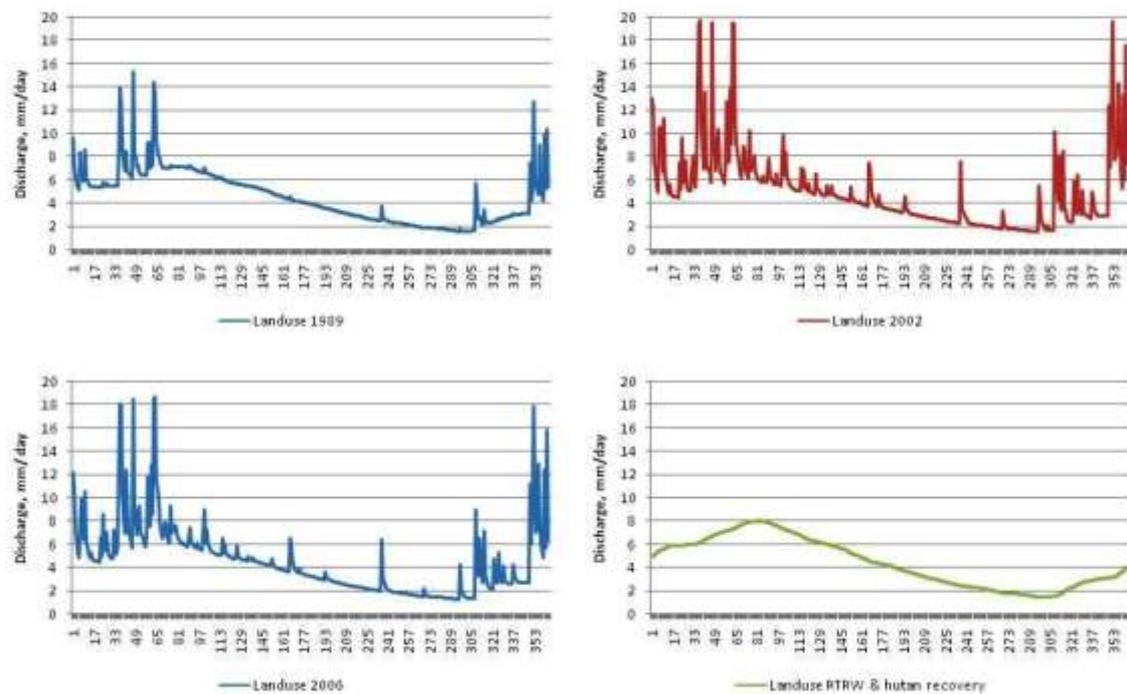
No	Landuse	Luas (Ha)	Persentase
1	Pemukiman	1747.56	10.05
2	Kebun	2478.83	14.26
3	Agroforestry	807.15	4.64
4	Sayuran	2099.00	12.07
5	Hutan Produksi	6238.32	35.88
6	Hutan Alami	3638.73	20.93
7	Lahan Terbuka	20.02	0.12
8	Sawah	354.90	2.04
	<i>Total</i>	17384.51	100

***Dampak Skenario Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Kondisi Hidrologi DAS***

***Sumber Brantas***

**A. Fluktuasi Debit Harian**

Data hujan yang dipergunakan untuk ketiga skenario penggunaan lahan adalah data hujan dari tahun 1998 sampai dengan tahun 2007. Hasil fluktuasi debit harian diambil dari salah satu tahun (1998) disajikan pada gambar berikut.



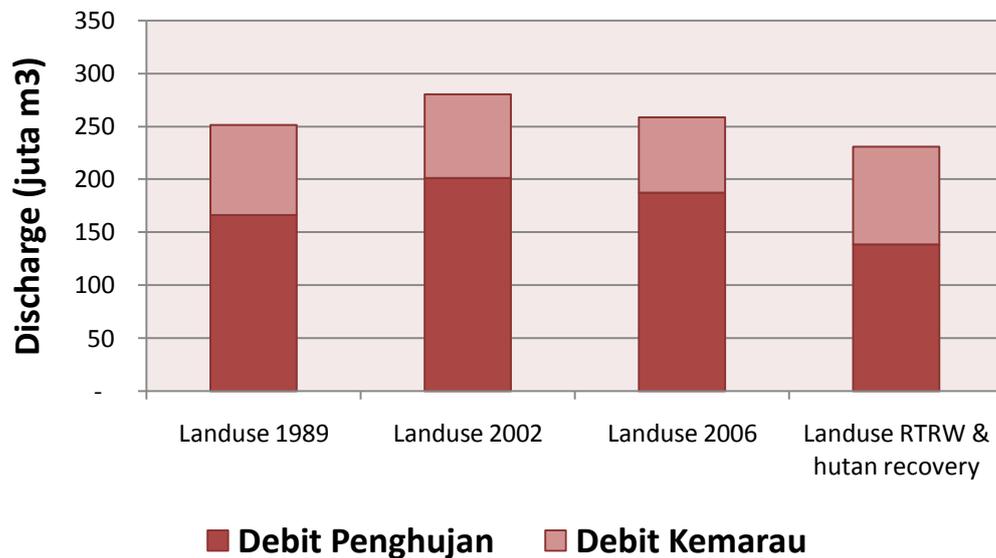
**Gambar 5.15.** Fluktuasi debit harian berbagai skenario

## B. Fluktuasi Debit Musim Hujan dan Kemarau

Fluktuasi debit antara musim hujan dan musim kemarau pada setiap skenario penggunaan lahan menunjukkan bahwa kondisi landuse aktual mempunyai perbedaan total debit musim kemarau dan musim penghujan yang paling tinggi. Nilai perbedaan tersebut hampir sama dengan kondisi pada saat landuse setelah reformasi. Sementara itu, skenario landuse ke-3 menunjukkan nilai perbedaan debit musim kemarau dan penghujan yang paling rendah dalam hal ini jumlah debit musim kemarau telah melebihi 50% dari debit total pada musim penghujan. Rasio serta perbandingan antara debit kemarau dengan penghujan ditunjukkan pada tabel dan grafik berikut.

**Tabel 5.13.** Rasio debit musim kemarau dan penghujan (data hujan tahun 2004)

Landuse	Rasio Kemarau/Penghujan
Landuse 1989	0.51
Landuse 2002	0.39
Landuse 2006	0.38
Landuse RTRW & hutan recovery	0.66



**Gambar 5.16.** Perbandingan debit musim kemarau dan penghujan (data hujan tahun 2004)

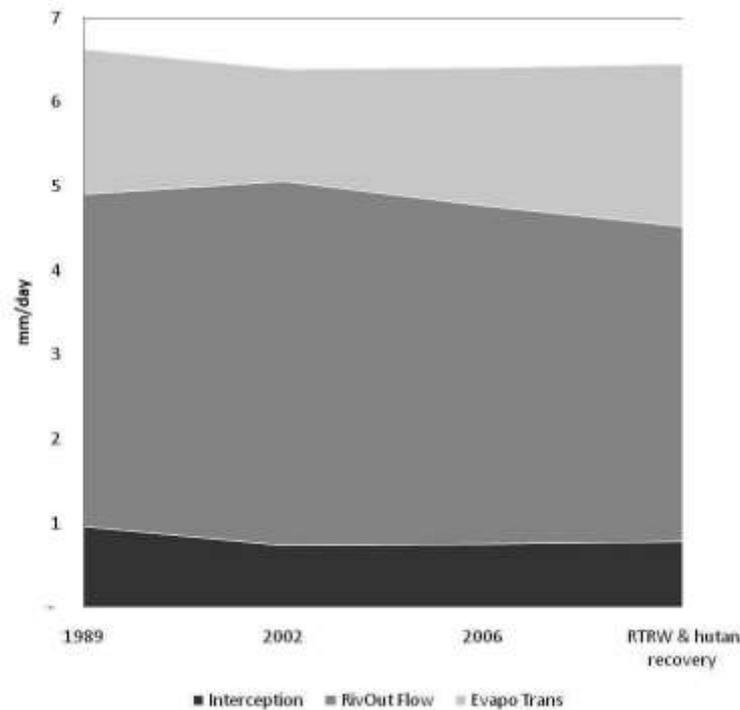
C. Kondisi Water Ballance pada tiap skenario penggunaan lahan

Kondisi water ballance yang meliputi total hujan, intersepsi, evapotranspirasi dan river outflow disajikan pada tabel berikut.

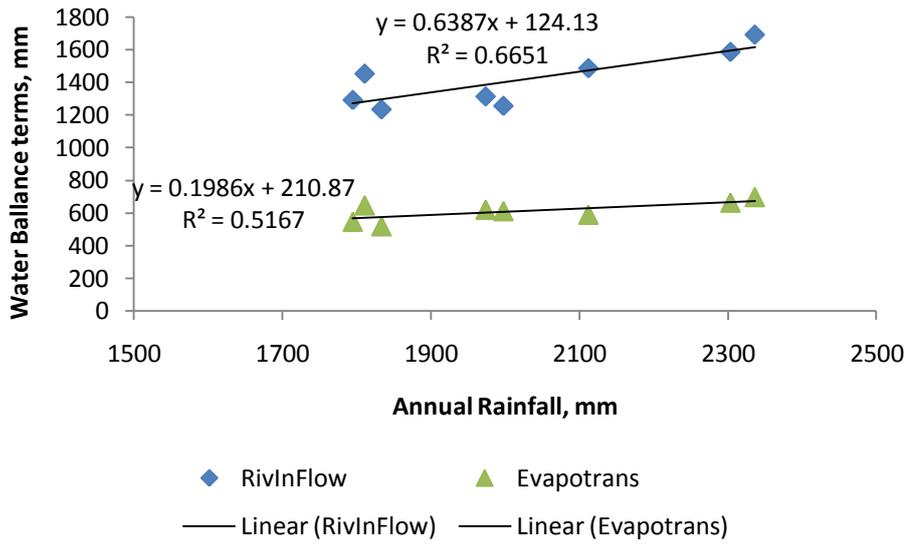
**Tabel 5.14.** Kondisi water ballance pada tiap skenario penggunaan lahan

Skenario Landuse	Flow Pathways (mm)			Water ballance terms in mm over 10 years (mm)			
	Surf Quick flow	Soil Quick flow	Base flow	Cum Rain	Cum Intercep	Cum Evap Transp	Cum Riv Outflow
Aktual Landuse	4,134.36	192.89	10,314.69	20,542.65	2,780.45	5,965.35	14,635.74
Skenario 1	1,804.04	-	12,569.79	20,542.65	3,543.44	6,264.81	14,369.57
Skenario 2	5,035.72	-	10,725.17	20,542.65	2,717.61	4,849.96	15,753.39
Skenario 3	93.60	4.67	13,521.49	20,542.65	2,888.85	7,028.17	13,622.33

Sementara itu, rata-rata harian kondisi water ballance untuk keseluruhan skenario penggunaan lahan dan landuse aktual disajikan pada gambar 5.19. Sedangkan hubungan antara kondisi waterballance dengan total hujan tahunan disajikan pada gambar 5.20.



**Gambar 5.17.** Rata-rata kondisi water ballance pada beberapa skenario penggunaan lahan dan landuse aktual



**Gambar 5.18.** Hubungan kondisi water ballance dengan total hujan tahunan

## 6. Pembahasan dan Kesimpulan

### 6.1. Pembahasan

Setelah mempelajari pandangan atau persepsi masing-masing kelompok LEK, PEK dan MEK melalui metode yang sesuai untuk masing-masing kelompok, kemudian ketiga kelompok tersebut dipertemukan dalam forum sarasehan sehari. Dalam pertemuan bersama ini dihadiri oleh wakil-wakil Kelompok Tani, Kelompok LMDH, HIPPAM, HIPPA, dan tokoh-tokoh masyarakat (Kelompok LEK), wakil-wakil Pemerintah Kota Batu (Bappeda, Dinas Pertanian dan Kehutanan, Dinas Pengairan dan Bina Marga, dan Dinas Lingkungan Hidup (Kelompok PEK), Perum Jasa Tirta I, Tahura R. Soerjo, Perum Perhutani KPH Malang dan Jatim Park/PHRI (Kelompok Perusahaan/PEK), serta dari peneliti Fakultas Pertanian UB Malang (Kelompok MEK).



**Gambar 6.1.** Suasana sarasehan tiga pihak : LEK, PEK dan MEK untuk Pengelolaan DAS Sumber Brantas di Kota Batu 18 Pebruari 2009

Hasil analisis terhadap pandangan ketiga kelompok LEK, PEK dan MEK kemudian dikonfirmasi dengan pertemuan sarasehan ketiga kelompok itu. Perbandingan kedua hasil

analisis tadi menunjukkan bahwa terdapat persamaan dan perbedaan pendapat diantara ketiganya, namun secara umum kecenderungan pandangan dari ketiga kelompok itu dapat dikatakan serupa.

Berikut ini diuraikan persamaan dan perbedaan pandangan ketiga kelompok serta bagaimana upaya yang bisa dilakukan untuk membangun kesepahaman diantara mereka.

### **6.1.1. Perbandingan Pandangan LEK, PEK dan MEK tentang banjir dan kekeringan**

Secara umum ketiga kelompok LEK, PEK dan MEK sepakat bahwa debit sungai dipengaruhi oleh *musim* (hujan dan kemarau) dan *kondisi hutan* (keberadaan pohon-pohonan). Walaupun secara umum persepsinya serupa, tetapi ada beberapa hal detil yang berbeda. Menurut kelompok LEK dan PEK, kondisi hutan ternyata berpengaruh terhadap jumlah air yang tertampung di sungai. Dengan kata lain, jika wilayah hutannya luas, maka bencana banjir juga akan jarang terjadi. Selain itu, dikatakan pula bahwa debit sungai pada musim penghujan dan kemarau sangat jauh berbeda, dimana pada musim hujan debit sungai seringkali sangat tinggi sehingga menimbulkan banjir sementara itu pada musim kemarau debit sungai menjadi sangat kecil dan tidak mencukupi kebutuhan air untuk pertanian.

Hasil yang sama juga diperoleh dari proses simulasi dengan model GenRiver oleh kelompok MEK, dimana dari empat skenario penutupan lahan, didapatkan bahwa penutupan lahan dengan prosentase luasan hutan paling kecil yaitu penutupan lahan tahun 2002, menghasilkan fluktuasi debit paling tinggi khususnya pada musim penghujan, dibandingkan dengan penutupan lahan lainnya (gambar 5.17). Fluktuasi debit yang tinggi menandakan adanya kejadian banjir pada hari-hari tertentu setelah adanya kejadian hujan. Hasil perbandingan debit sungai antara musim kemarau dan penghujan menunjukkan bahwa penutupan lahan tahun 2006 dan 2002 menghasilkan proporsi debit sungai pada musim penghujan lebih banyak dibandingkan pada musim kemarau. Hal ini sejalan dengan persepsi masyarakat seperti yang telah diuraikan sebelumnya.

Informasi lain yang didapatkan dari hasil simulasi model menunjukkan bahwa luasan wilayah hutan terkecil (landuse 2002), menghasilkan total debit sungai yang paling besar dalam kurun waktu satu tahun. Sementara itu, jika hutan masih banyak ditemukan (skenario landuse RTRW & hutan recovery), maka total debit sungai dalam setahun pun relatif lebih kecil. Namun demikian, meskipun total debit pada skenario dengan luas wilayah hutan yang luas ini lebih kecil, tetapi ketersediaan air antara musim penghujan dan kemarau relatif lebih tercukupi dari pada skenario penutupan lahan lainnya.

### **6.1.2. Perbandingan Pandangan LEK, PEK dan MEK tentang jumlah dan debit mata air**

Adanya fenomena menurunnya jumlah mata air yang ada di wilayah DAS Sumber Brantas dari 111 menjadi 58 dikatakan oleh masyarakat lokal (LEK) sebagai akibat dari penggundulan hutan sebagai daerah resapan air, yang terjadi besar-besaran di wilayah ini. Kondisi ini terus memburuk dengan semakin menurunnya debit pada mata air yang masih tersisa. Upaya-upaya yang dapat dilakukan menurut mereka adalah dengan menanam lokasi-lokasi mata air dengan pepohonan besar seperti pohon lo, beringin, pucung, dan sebagainya dan tidak diperbolehkannya menanam tanaman sayur-sayuran (hortikultura) di dekat mata air. Pendapat yang sama pun dikemukakan oleh kelompok PEK. Beberapa program penanaman khususnya di wilayah mata air diprakarsai oleh beberapa instansi yang berkepentingan dengan pelestarian sumberdaya alam (misalnya Dinas SDAE). Namun demikian, menurut kelompok MEK daerah resapan dari suatu mata air tidaklah mudah ditentukan hanya dari lokasi yang berada di dekat mata air tersebut. Kondisi geologi sangat berpengaruh terhadap lokasi resapan suatu mata air. Dengan kata lain, daerah resapan suatu mata air dapat berupa satu wilayah catchment atau bahkan mungkin terletak jauh di balik perbukitan atau pegunungan di sebelahnya. Identifikasi daerah resapan mata air di DAS Sumber Brantas pernah dilakukan melalui studi yang dilakukan oleh Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya bersama dengan masyarakat dengan mempergunakan metode geolistrik.

### **6.1.3. Perbandingan Pandangan LEK, PEK dan MEK tentang kualitas air**

Pada dasarnya, persepsi terhadap kualitas air oleh ketiga kelompok LEK, PEK, dan MEK adalah sama. Penurunan kualitas air di DAS Sumber Brantas disebabkan oleh dua faktor utama. Faktor pertama adalah adanya erosi dan sedimentasi yang dihasilkan dari lahan-lahan terbuka di daerah hulu. Selain itu, sedimentasi juga dihasilkan dari kejadian-kejadian longsor baik yang terjadi di lahan, tebing-tebing sungai maupun di sepanjang jalan dengan kelerengan tinggi. Faktor kedua yang menyebabkan menurunnya kualitas air di wilayah ini adalah adanya pencemaran dari berbagai macam industri yang ada seperti pabrik jamur, bunga potong, serta hotel dan penginapan.

### **6.1.4. Perbandingan Pandangan LEK, PEK dan MEK tentang erosi dan longsor**

Erosi terbesar menurut kelompok LEK berasal dari lahan-lahan hutan dengan kemiringan tinggi yang dikelola oleh pesanggem (tetelan). Erosi ini disebabkan karena lahan-lahan tersebut ditanami dengan tanaman sayuran seperti wortel, kentang, sawi dan sebagainya. Sementara itu, longsor dikatakan banyak terjadi di daerah-daerah pegunungan yang gundul tidak tertanami pohon. Persepsi kelompok LEK tentang erosi dan longsor tersebut tidak jauh berbeda dengan pendapat dari kelompok PEK dan MEK. Perubahan penggunaan lahan

dengan struktur kanopi rapat menjadi terbuka merupakan faktor pendorong utama terjadinya erosi di wilayah ini. Sementara itu, faktor kelerengan merupakan faktor utama terjadinya longsor di wilayah ini dimana lokasi-lokasi dengan lereng yang tinggi ( $> 60^{\circ}$ ) mempunyai kemungkinan paling besar untuk terjadi longsor. Sedangkan faktor lain seperti vegetasi merupakan faktor pendorong lain setelah faktor kelerengan. Sebagian besar longsor yang terjadi di DAS Sumber Brantas terjadi di lahan dan jalan.

## 6.2. Penerapan Metodologi RHA di DAS Sumber Brantas

Penerapan metode RHA di DAS Sumber Brantas memakan waktu kurang dari 6 bulan. Meskipun pekerjaan ini telah melebihi 3 bulan dari batas waktu kontrak pekerjaan, namun pada kenyataannya pekerjaan ini baru dimulai sekitar 4.5 bulan setelah penandatanganan kontrak kerja sehingga total waktu yang digunakan untuk mengerjakannya adalah selama 5 bulan. Beberapa kendala, keuntungan serta kekurangan dari pelaksanaan metode RHA di DAS Sumber Brantas dijelaskan pada uraian berikut.

DAS Sumber Brantas yang luasnya sekitar 173,84 km<sup>2</sup>, hampir 95% terletak dalam wilayah Kota Batu dan sisanya di Kabupaten Malang. Kota Batu merupakan sebuah kawasan otonom yang baru (2001). Dilihat dari kedua aspek ini (luas dan wilayah administrasi) maka sebenarnya DAS Sumber Brantas merupakan sebuah kawasan pengelolaan yang ideal untuk ditangani dalam satu unit pengelolaan. Oleh sebab itu DAS Sumber Brantas merupakan sebuah pilihan lokasi yang ideal untuk uji-coba penerapan metode RHA. DAS Sumber Brantas yang tidak terletak dalam wilayah administrasi yang berbeda memberi keuntungan tersendiri khususnya dalam studi LEK dan PEK, karena tidak diperlukan pengulangan responden dari institusi yang sama.

Selain itu, luas DAS yang tidak begitu besar memberikan kemudahan tersendiri dalam studi MEK, apalagi didukung dengan kondisi sistem drainase/hidrologi yang tidak begitu rumit dimana keseluruhan wilayah DAS hanya terbagi dalam subcatchment-subcatchment dengan satu outlet utama (tanpa ada waduk, danau dan lokasi-lokasi penampungan air lainnya). Namun demikian, kelemahan dalam studi MEK yang dilakukan di DAS Sumber Brantas adalah tidak adanya stasiun pengukuran debit yang dapat mengukur debit yang keluar dari DAS ini. Sehingga pada akhirnya proses validasi model dilakukan pada wilayah yang merupakan representasi dari debit yang dikeluarkan di stasiun pengukuran debit Gadang. Wilayah tersebut mencakup DAS Sumber Brantas itu sendiri, DAS Bango, dan Amprong. Bertambah luasnya wilayah ini membawa konsekuensi tersendiri terhadap ketersediaan data baik data hidrologi, tanah maupun spasial yang diperlukan dalam input GenRiver untuk proses validasi model dan juga waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan.

Kelemahan lain dalam penerapan metode RHA ini terletak pada proses simulasi data dalam program GenRiver. Seperti diketahui bahwa karena sifatnya sebagai “rapid appraisal”, sebagian besar data yang dipergunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari sumber lain. Oleh karenanya tingkat validitas data yang ada belum dapat sepenuhnya dipastikan oleh peneliti, sehingga diperlukan verifikasi dari data-data yang ada. Proses ini, ditambah dengan dukungan birokrasi dan administrasi dari institusi penyedia data yang belum tentu dapat mempermudah proses penyediaan data merupakan faktor lain yang dapat menghambat analisa data dalam studi MEK. Di sisi lain, GenRiver sebagai model yang dikembangkan oleh tim peneliti ICRAF SEA, memerlukan pemahaman lebih mendalam dari pihak luar yang hanya memahami model ini dibagian luar (kulitnya) saja. Keseluruhan faktor-faktor tersebut yang kemudian berintegrasi menjadi satu, dapat memberikan kemungkinan penerapan metode di lokasi-lokasi lain akan memerlukan waktu lebih lama dari waktu yang ditetapkan (dalam hal ini selama 6 bulan).

### 6.3. Peluang Pembayaran Jasa Lingkungan di DAS Sumber Brantas

Rantai pembayaran jasa lingkungan dimulai dari adanya “*pembeli*” yang mendapatkan layanan secara nyata yang hanya bisa dirasakan apabila dia membayar harganya. Layanan aktual tersebut hanya dapat diberikan oleh *penjual* yang telah melakukan upaya menghasilkan jasa tersebut.

Rantai layanan ini disajikan secara skematis dalam Gambar 6.2., dimulai dari kondisi landsekap dibawah pengelolaan/penguasaan petani/Perhutani/Tahura yang akan menjadi penyedia air (kuantitas, kualitas dan kontinuitas). Air yang dihasilkan digunakan oleh PDAM (Kota Batu dan Kota Malang), HIPPAM (Kota Batu), Perusahaan (Hotel, Restoran, Industri di Kota Batu dan Malang), dan Perum Jasa Tirta 1 yang mengelola air untuk selanjutnya disediakan bagi PLTA (Sengguruh dan Karangates) dan industri, PDAM, irigasi (di kawasan tengah dan hilir Kali Brantas).



**Gambar 6.2.** Skema Imbal Jasa Lingkungan di DAS Sumber Brantas

Pada saat ini hampir semua pemanfaat air atau konsumen (*kecuali untuk irigasi*) sudah “membayar” harga air yang digunakan, walaupun dengan kondisi kualitas, kuantitas dan kontinuitas yang belum terjamin sepenuhnya. Bentuk-bentuk “gangguan” terhadap penyediaan air yang terkait dengan kualitas, kuantitas dan kontinuitas sudah mulai lebih sering dirasakan oleh konsumen, misalnya kekurangan air (industri dan PDAM di Surabaya dan sekitarnya), dan pemadaman listrik secara bergilir.

Dalam skema (Gambar 6.2.) ditunjukkan bahwa para konsumen akhir pada saat ini telah membayar harga untuk mendapatkan air atau energi dari air. Pembayaran oleh konsumen diberikan kepada institusi yang menyediakan air tersebut (PDAM, PLN, HIPPAM). Sementara di DAS Sumber Brantas terdapat institusi yang langsung mengambil air dari sungai/mata air, khususnya di wilayah Kota Batu dan Kota Malang dan institusi yang mendapat air yang sudah dikelola oleh Perum Jasa Tirta 1. Mekanisme yang kedua, di mana institusi penyedia air/energi memperoleh air dari PJT I, telah melakukan prinsip-prinsip imbal jasa lingkungan secara terbatas.

Sampai sejauh ini, PJT 1 telah menerima hasil “penjualan” air dari konsumennya, terutama dari PJB (Pembangkit PLN Jawa-Bali), PDAM Surabaya, kalangan Industri besar sepanjang Kali Brantas mulai dari Malang sampai Surabaya. Sementara untuk konsumen lain yang cukup besar adalah petani dan petambak sampai sejauh ini mendapat alokasi air Kali Brantas secara gratis. PJT berkewajiban menyediakan air kepada semua konsumennya secara kontinyu sebanyak yang disepakati bersama dan pada kualitas yang memadai. Hasil “penjualan” air oleh PJT 1 sebagian besar dialokasikan untuk pemeliharaan bangunan-bangunan dan infrastruktur pendukung di sepanjang Kali Brantas. Sebagian kecil dari hasil itu juga mulai dialokasikan untuk pemeliharaan daerah tangapan air Kali Brantas.

Sampai sejauh ini, mekanisme imbal jasa lingkungan yang dikembangkan melalui PJT masih dalam lingkup yang agak terbatas. PJT sebagai sebuah BUMN yang berbentuk Perusahaan Umum (Perum) masih belum bisa diterima oleh seluruh stakeholder yang terkait dengan pemanfaatan air. Studi yang dilakukan bersama oleh YPP-LP3ES-PJT I (Gunawan *et al.*, 2006) menunjukkan bahwa masih banyak stakeholder (konsumen) yang belum bersedia mengikuti mekanisme yang dikembangkan melalui PJT dengan berbagai argumentasinya, walaupun sudah diatur dalam undang-undang. Keinginan sebagian stakeholder (konsumen) adalah menggunakan sebuah badan pengelola non-pemerintah yang dianggap lebih netral.

Pada saat ini PJT I bekerja sama dengan beberapa pihak (masyarakat, Pemerintah Kota dan/atau Kabupaten dan LSM) sedang menguji-cobakan mekanisme pembayaran jasa kepada masyarakat (petani) yang melakukan praktek-praktek konservasi air. Selain PJT I, ada beberapa perusahaan besar swasta yang juga sedang mencoba melakukan mekanisme imbal jasa lingkungan di kawasan DAS Kali Brantas, misalnya PT Sampoerna, PDAM Kota Malang, PT Unilever, dsb.

Konsumen tersebut di atas seringkali tidak mendapatkan air dalam jumlah dan kualitas yang sesuai dengan kebutuhannya. Kondisi yang sering diungkap misalnya kekurangan air di musim kemarau untuk PLTA dan PDAM (termasuk kualitasnya). Perum Jasa Tirta I tidak mampu menyediakan karena adanya gangguan baik oleh alam maupun manusia. Gangguan alam misalnya pola musim kemarau dan hujan yang ekstrem di luar perkiraan. Gangguan oleh manusia misalnya pencemaran air sungai karena aktivitas manusia membuang limbah ke sungai baik dari domestik maupun industri yang tidak bisa dikendalikan. Gangguan lainnya berasal dari kombinasi keduanya ulah manusia dan kondisi alam, misalnya pendangkalan waduk karena sedimentasi sebagai akibat tindakan manusia menggunakan lahan di bagian hulu DAS secara tak terkendali (penggundulan lahan, pengolahan tanah intensif, dsb).

Pendangkalan waduk-waduk yang dibangun di sepanjang Kali Brantas mengakibatkan kapasitas waduk menurun (Perum Jasa Tirta I, 2005), sehingga jumlah air yang ditampung selama musim penghujan tidak mencukupi untuk kebutuhan PLTA pada musim kemarau. Oleh karena itu, PJT I juga memiliki kepentingan besar terhadap pengelolaan lahan di bagian hulu DAS Kali Brantas, termasuk DAS Sumber Brantas. Adanya gangguan-gangguan terhadap kualitas, kuantitas dan kontinuitas produk-produk yang dihasilkan oleh berbagai stakeholder tersebut pada akhirnya juga sampai ke masyarakat sebagai konsumen akhir. Konsumen akhir seperti rumah tangga yang menggunakan air bersih PDAM dan listrik dari PLN seringkali merasa terganggu dengan adanya suplai air PDAM yang kualitasnya tidak layak dan tidak lancar dan gangguan listrik yang sering mati.

Pada saat ini sebagian konsumen akhir tampaknya bersedia membayar lebih banyak dari apa yang sekarang mereka keluarkan untuk mendapatkan air dan energi listrik. Konsumen berani membayar harga lebih mahal untuk membeli air bersih (air minum) berupa air kemasan,

dengan alasan kualitas. Banyak konsumen juga menggunakan generator sendiri untuk memperoleh listrik dengan membeli BBM ketika listrik dari PLN mati. Sementara petani-petani di Kota Batu mengambil air dari sungai dan mata air dengan menggunakan pompa air dan diangkut dengan kendaraan untuk menyiram tanamannya. Upaya-upaya tersebut membuktikan bahwa sebagian konsumen ternyata sudah bersedia membayar lebih untuk memperoleh layanan yang lebih baik.

Potensi ini pembeli jasa lingkungan khususnya sumberdaya air di DAS Kali Brantas pada umumnya dan DAS Sumber Brantas khususnya adalah sangat besar. Sementara Pemerintah Daerah dan DPRD Provinsi Jawa Timur tengah menyiapkan peraturan daerah (PERDA) tentang mekanisme imbal jasa lingkungan antara hulu-hilir, maka hasil studi RHA ini dapat dipakai sebagai dasar pengembangan mekanisme ini di DAS Sumber Brantas.

Pemahaman yang sama dari berbagai pihak tentang hubungan antara kualitas, kuantitas dan kontinuitas penyediaan air berhubungan dengan kondisi lahan di hulu atau daerah tangkapan air, bisa dipakai menjadi dasar pengembangan mekanisme imbal jasa lingkungan ini. Adanya perbedaan terhadap detail proses masing-masing bisa menjadi bahan dialog selanjutnya dalam rangka membangun kemitraan oleh semua pihak. Landasan untuk menjalankan proses ini di DAS Sumber Brantas sebenarnya sudah dibangun melalui berbagai kegiatan yang dilakukan oleh berbagai pihak dalam beberapa tahun terakhir ini. Walaupun hasilnya masih sangat beragam tetapi proses pengembangan mekanisme imbal jasa lingkungan di DAS Sumber Brantas dan DAS Kali Brantas pada umumnya, sudah layak untuk dikembangkan lebih konkrit lagi.

Dalam pertemuan antar pihak yang dilaksanakan dalam rangka RHA ini, terungkap adanya kebutuhan yang sangat mendasar jika akan menerapkan mekanisme imbal jasa lingkungan atau yang sudah dikenal oleh masyarakat dengan istilah “*hulu-hilir*”. Masalah-masalah yang diungkapkan itu sesuai dengan salah satu prinsip imbal jasa yaitu “*bagaimana membuat pembeli yakin bahwa layanan yang diberikan sesuai dengan yang dijanjikan*”. Salah satunya adalah bagaimana membuktikan berbagai kualitas servis atau layanan, misalnya :

- Bagaimana mengukur hasil air atau debit air yang dihasilkan oleh DAS Sumber Brantas dan kontribusi setiap SubDAS sampai DAS Mikro yang ada didalamnya supaya bisa memberikan reward kepada petani secara adil ? Sampai saat ini belum ada pengukuran-pengukuran debit di kawasan ini. Siapa yang akan mengukur dan memonitor ?
- Terkait dengan kualitas air, sebenarnya sudah ada upaya pengukuran oleh PJT dan masyarakat. Namun karena biaya analisis air sangat mahal dan jumlah sampel yang banyak (untuk memonitor secara “kontinyu”) maka monitoring kualitas yang dilakukan tidak memadai. Pengembangan monitoring kualitas dengan metode biologi

dan pelibatan stakeholder (kelompok masyarakat, anak sekolah) sudah dicoba tetapi belum mempunyai sasaran yang jelas sehingga tidak berjalan dengan konsisten.

Selain itu juga masih ada beberapa persoalan lain yang belum dapat disepakati oleh berbagai pihak yang terlibat dalam mekanisme hulu-hilir ini, diantaranya adalah:

- Siapa yang paling layak untuk menjadi *perantara* dalam mekanisme ini dan bisa diterima oleh semua stakeholder belum dapat dirumuskan dengan jelas. Sudah ada inisiasi pembentukan Forum DAS Brantas namun masih belum jelas ke mana arahnya. Demikian pula ada keinginan untuk membentuk forum-forum DAS di level bawahnya (Sub DAS sampai DAS Mikro), tetapi juga belum ada kesepakatan ke mana visi dan misinya.
- Konsep alokasi air bagi pemakai atau konsumen pada umumnya sudah agak jelas dan mudah dipahami serta diperhitungkan oleh semua pihak. Sebaliknya konsep kontribusi petani hulu terhadap hasil air masih sulit untuk dipahami. MEK melalui simulasi model seperti GenRiver yang diterapkan dalam studi RHA di DAS Sumber Brantas ini juga belum bisa memberikan solusi yang cukup detail terhadap persoalan ini.
- Hubungan antara jenis tanaman (semusim versus tahunan/pohon) dengan fungsi hidrologi secara umum sudah ada kesepahaman diantara semua stakeholder. Namun, hubungan yang lebih detail misalnya tentang jenis pohon apa yang mampu meningkatkan hasil air, di mana lokasi penanaman yang tepat (misalnya untuk mempertahankan mata air), dsb masih belum ada kesepakatan. Salah satu isu sedang hangat di DAS Sumber Brantas adalah konversi tanaman sayuran di kawasan hutan dengan tanaman kopi robusta yang ditanam dibawah tegakan.

## 6.4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian RHA di DAS Sumber Brantas yang dilakukan dengan melibatkan masyarakat lokal, pemerintah daerah dan lembaga swasta, lembaga non-pemerintah dan perguruan tinggi di Kota Batu, maka dapat disimpulkan:

1. Terdapat kesamaan pemahaman dari tiga pihak (LEK, PEK dan MEK) tentang fungsi hidrologi dan pengelolaan DAS Sumber Brantas terutama hal-hal yang bersifat umum, misalnya hubungan antara hutan, penebangan pohon dan debit sungai (banjir dan kekeringan). Perbedaan terhadap hal-hal detail memang ada dan belum semua bisa disatukan.
2. Berdasarkan skenario simulasi model dampak pengelolaan lahan terhadap fungsi hidrologi DAS Sumber Brantas, hasil yang terbaik adalah jika seluruh kawasan

“*hutan*” yang sebagian besar menjadi lahan pertanian tanaman semusim dikembalikan menjadi hutan (*reforestasi*) dan hutan tanaman (*agro-forestri*), sementara kawasan budidaya dengan kelerengan  $> 60^{\circ}$  juga ditanami dengan tanaman tahunan (*agroforestri*).

3. Ada beberapa faktor yang cukup kuat untuk digunakan sebagai dasar dalam mengembangkan mekanisme imbal-jasa lingkungan antara hulu-hilir di DAS Sumber Brantas. Selain itu di Kota Batu juga sudah ada proses pendahuluan yang bisa dipakai sebagai rujukan jika akan melaksanakan mekanisme imbal jasa lingkungan.

## Daftar Pustaka

- Anonimous. 2006. Studi Bufferzone Pengamanan Sumberdaya Strategis di DAS Sumber Brantas. Laporan Akhir. Dinas Permukiman, Pemerintah Propinsi Jatim, Surabaya.
- Anonimous. 2006. Studi Detil Konservasi Sub DAS Sumber Brantas. Laporan Akhir PT Ika Adya Perkasa. Induk Pelaksana Kegiatan Pengembangan Wilayah Sungai Kali Brantas, Direktorat Jendral Sumberdaya Air, Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonimous. 2007. Studi Kajian Hidrologi Kawasan DAS Sumber Brantas. Laporan Akhir. Dinas Permukiman, Pemerintah Propinsi Jatim, Surabaya.
- Environmental Service Program (ESP). 2006. Quarterly Report No. 7. October-December 2006. Development Alternatives, Inc. for the USAID. p. 43-44.
- Farida, K. Jeanes, D. Kurniasari, A. Widayati, A. Ekadinata, D. Prasetyo Hadi, L. Joshi, D. Suyamto and M. van Noordwijk. 2005. Rapid Hydrological Appraisal (RHA) of Singkarak Lake in the context of Rewarding Upland Poor for Environmental Services (RUPES). Working Paper 2005, ICRAF Southeast Asia, Bogor.
- Fokal Mesra. 2008. Penguatan Pengorganisasian dan *Leveraging* Kelompok Masyarakat dalam rangka Konservasi Lingkungan dan Sumberdaya Air DAS Sumber Brantas Kota Batu. Laporan Kegiatan Forum Kajian Air dan Lingkungan menuju Selaras Alam (Fokal Mesra). Environmental Service Program (ESP) – USAID.
- Gunawan, Pandriono, and R.Y. Kristiawati. 2005. Action Research on Development Upstream-Downstream Transaction for Watershed Protection Services and Improved Livelihoods. Final Report. IIED-LP3ES-YPP-JASA TIRTA I.
- Handayani, et al. 2001. Penentuan Status Kualitas Perairan Sungai Sumber Brantas dengan Biomonitoring Makrozoobentos : Tinjauan dari Pencemaran Bahan Organik. Biosain Vol. 1 No. 1, April 2001.
- Jeanes, K. M. van Noordwijk, L. Joshi, A. Widayati, Farida and B. Leimona. 2006. Rapid Hydrological Appraisal in the Context of Environmental Service Rewards. World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia, Bogor, Indonesia.
- Nugroho, N.P., C.N.S. Priyono, dan S.A. Cahyono. 2004. Dampak Sosial, Ekonomi dan Ekologi Pengelolaan Hutan Pinus. Prosiding Ekspose BP2TPDAS-IBB Surakarta di Kebumen 3 Agustus 2004.
- Paguyuban LMDH Kota Batu dan Kelompok Petani Bumi Jaya. 2008. Pengembangan Usaha Pembibitan Permanen Berbasis Masyarakat Lembaga Desa Hutan (LMDH). Laporan Akhir. Environmental Service Program (ESP) – USAID.
- Pemerintah Provinsi Jawa Timur. 2006. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 02 Tahun 2006 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Jawa Timur.

- Perum Jasa Tirta (PJT) I. 2005. Tinjauan Hidrologi dan Sedimentasi DAS Kali Sumber Brantas. Paper disampaikan pada Diskusi Terbatas tentang “Masalah dan Model Penanganan Lahan Kritis di Jawa Timur”, Balitbang Provinsi Jawa Timur tanggal 15 Nopember 2005.
- PPLH UB. 2008. Semilokas Sehari DAS Brantas. Masalah dan Solusinya. Malang 24 Juli 2008.
- Priyono, C.N.S. 2003. Pengaruh Hutan Pinus terhadap Erosi dan Tata Air. Prosiding Diskusi Panel “Menyikapi Kerusakan Sumberdaya Alam dengan Pendekatan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai”, di Trenggalek 20 Januari 2003. BP2TPDAS, Badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan, Surakarta.
- Santoso, S dan Suwarti, T. Geologi Lembar Malang, Jawa. 1992. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Departemen Pertambangan dan Energi, Dirjen Geologi dan Sumberdasya Mineral.
- Serikat Petani Gunung Biru (SPGB). 2008. Restorasi Kawasan Hutan Wengkon : Model Pengorganisasian Masyarakat serta Pengembangan Tanaman di bawah Tegakan yang sesuai. Laporan Akhir. Environmental Service Program (ESP) – USAID.

## **WORKING PAPERS IN THIS SERIES**

### **2005**

1. Agroforestry in the drylands of eastern Africa: a call to action
2. Biodiversity conservation through agroforestry: managing tree species diversity within a network of community-based, nongovernmental, governmental and research organizations in western Kenya.
3. Invasion of *Prosopis juliflora* and local livelihoods: Case study from the Lake Baringo area of Kenya
4. Leadership for change in farmers organizations: Training report: Ridar Hotel, Kampala, 29th March to 2nd April 2005.
5. Domestication des espèces agroforestières au Sahel : situation actuelle et perspectives
6. Relevé des données de biodiversité ligneuse: Manuel du projet biodiversité des parcs agroforestiers au Sahel
7. Improved land management in the Lake Victoria Basin: TransVic Project's draft report.
8. Livelihood capital, strategies and outcomes in the Taita hills of Kenya
9. Les espèces ligneuses et leurs usages: Les préférences des paysans dans le Cercle de Ségou, au Mali
10. La biodiversité des espèces ligneuses: Diversité arborée et unités de gestion du terroir dans le Cercle de Ségou, au Mali

### **2006**

11. Bird diversity and land use on the slopes of Mt. Kilimanjaro and the adjacent plains, Tanzania
12. Water, women and local social organization in the Western Kenya Highlands
13. Highlights of ongoing research of the World Agroforestry Centre in Indonesia
14. Prospects of adoption of tree-based systems in a rural landscape and its likely impacts on carbon stocks and farmers' welfare: The FALLOW Model Application in Muara Sungkai, Lampung, Sumatra, in a 'Clean Development Mechanism' context
15. Equipping integrated natural resource managers for healthy agroforestry landscapes.
16. Are they competing or compensating on farm? Status of indigenous and exotic tree species in a wide range of agro-ecological zones of Eastern and Central Kenya, surrounding Mt. Kenya.

17. Agro-biodiversity and CGIAR tree and forest science: approaches and examples from Sumatra.
18. Improving land management in eastern and southern Africa: A review of policies.
19. Farm and household economic study of Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor, Indonesia: A socio-economic base line study of agroforestry innovations and livelihood enhancement.
20. Lessons from eastern Africa's unsustainable charcoal business.
21. Evolution of RELMA's approaches to land management: Lessons from two decades of research and development in eastern and southern Africa
22. Participatory watershed management: Lessons from RELMA's work with farmers in eastern Africa.
23. Strengthening farmers' organizations: The experience of RELMA and ULAMP.
24. Promoting rainwater harvesting in eastern and southern Africa.
25. The role of livestock in integrated land management.
26. Status of carbon sequestration projects in Africa: Potential benefits and challenges to scaling up.
27. Social and Environmental Trade-Offs in Tree Species Selection: A Methodology for Identifying Niche Incompatibilities in Agroforestry [Appears as AHI Working Paper no. 9]
28. Managing tradeoffs in agroforestry: From conflict to collaboration in natural resource management. [Appears as AHI Working Paper no. 10]
29. Essai d'analyse de la prise en compte des systemes agroforestiers par les legislations forestieres au Sahel: Cas du Burkina Faso, du Mali, du Niger et du Senegal.
30. Etat de la recherche agroforestiere au Rwanda etude bibliographique, periode 1987-2003

## **2007**

31. Science and technological innovations for improving soil fertility and management in Africa: A report for NEPAD's Science and Technology Forum.
32. Compensation and rewards for environmental services.
33. Latin American regional workshop report compensation.
34. Asia regional workshop on compensation ecosystem services.
35. Report of African regional workshop on compensation ecosystem services.
36. Exploring the inter-linkages among and between compensation and rewards for ecosystem services CRES and human well-being

- 37 Criteria and indicators for environmental service compensation and reward mechanisms: realistic, voluntary, conditional and pro-poor
- 38 The conditions for effective mechanisms of compensation and rewards for environmental services.
- 39 Organization and governance for fostering Pro-Poor Compensation for Environmental Services.
- 40 How important are different types of compensation and reward mechanisms shaping poverty and ecosystem services across Africa, Asia & Latin America over the Next two decades?
41. Risk mitigation in contract farming: The case of poultry, cotton, woodfuel and cereals in East Africa.
42. The RELMA savings and credit experiences: Sowing the seed of sustainability
43. Yatich J., Policy and institutional context for NRM in Kenya: Challenges and opportunities for Landcare.
44. Nina-Nina Adoung Nasional di So! Field test of rapid land tenure assessment (RATA) in the Batang Toru Watershed, North Sumatera.
45. Is Hutan Tanaman Rakyat a new paradigm in community based tree planting in Indonesia?
46. Socio-Economic aspects of brackish water aquaculture (Tambak) production in Nanggroe Aceh Darrusalam.
47. Farmer livelihoods in the humid forest and moist savannah zones of Cameroon.
48. Domestication, genre et vulnérabilité : Participation des femmes, des Jeunes et des catégories les plus pauvres à la domestication des arbres agroforestiers au Cameroun.
49. Land tenure and management in the districts around Mt Elgon: An assessment presented to the Mt Elgon ecosystem conservation programme.
50. The production and marketing of leaf meal from fodder shrubs in Tanga, Tanzania: A pro-poor enterprise for improving livestock productivity.
51. Buyers Perspective on Environmental Services (ES) and Commoditization as an approach to liberate ES markets in the Philippines.
52. Towards Towards community-driven conservation in southwest China: Reconciling state and local perceptions.
53. Biofuels in China: An Analysis of the Opportunities and Challenges of *Jatropha curcas* in Southwest China.
54. *Jatropha curcas* biodiesel production in Kenya: Economics and potential value chain development for smallholder farmers

55. Livelihoods and Forest Resources in Aceh and Nias for a Sustainable Forest Resource Management and Economic Progress.
56. Agroforestry on the interface of Orangutan Conservation and Sustainable Livelihoods in Batang Toru, North Sumatra.

## **2008**

57. Assessing Hydrological Situation of Kapuas Hulu Basin, Kapuas Hulu Regency, West Kalimantan.
58. Assessing the Hydrological Situation of Talau Watershed, Belu Regency, East Nusa Tenggara.
59. Kajian Kondisi Hidrologis DAS Talau, Kabupaten Belu, Nusa Tenggara Timur.
60. Kajian Kondisi Hidrologis DAS Kapuas Hulu, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat.
61. Lessons learned from community capacity building activities to support agroforest as sustainable economic alternatives in Batang Toru orang utan habitat conservation program (Martini, Endri et al.)
62. Mainstreaming Climate Change in the Philippines.
63. A Conjoint Analysis of Farmer Preferences for Community Forestry Contracts in the Sumber Jaya Watershed, Indonesia.
64. The Highlands: A shower water tower in a changing climate and changing Asia.
65. Eco-Certification: Can It Deliver Conservation and Development in the Tropics?
66. Designing ecological and biodiversity sampling strategies. Towards mainstreaming climate change in grassland management.
67. Participatory Poverty and Livelihood Assessment Report, Kalahan, Nueva Vizcaya, the Philippines
68. An Assessment of the Potential for Carbon Finance in Rangelands
69. ECA Trade-offs Among Ecosystem Services in the Lake Victoria Basin.
70. Le business plan d'une petite entreprise rurale de production et de commercialisation des plants des arbres locaux. Cas de quatre pépinières rurales au Cameroun.
71. Les unités de transformation des produits forestiers non ligneux alimentaires au Cameroun. Diagnostic technique et stratégie de développement Honoré Tabuna et Ingratia Kayitavu.
72. Les exportateurs camerounais de safou (*Dacryodes edulis*) sur le marché sous régional et international. Profil, fonctionnement et stratégies de développement.

73. Impact of the Southeast Asian Network for Agroforestry Education (SEANAFE) on agroforestry education capacity.
74. Setting landscape conservation targets and promoting them through compatible land use in the Philippines.
75. Review of methods for researching multistrata systems.
76. Study on economical viability of *Jatropha curcas* L. plantations in Northern Tanzania  
Assessing farmers' prospects via cost-benefit analysis
77. Cooperation in Agroforestry between Ministry of Forestry of Indonesia and International Center for Research in Agroforestry
78. "China's bioenergy future. an analysis through the Lens if Yunnan Province
79. Land tenure and agricultural productivity in Africa: A comparative analysis of the economics literature and recent policy strategies and reforms
80. Boundary organizations, objects and agents: linking knowledge with action in agroforestry watersheds
81. Reducing emissions from deforestation and forest degradation (REDD) in Indonesia: options and challenges for fair and efficient payment distribution mechanisms

## **2009**

82. Mainstreaming Climate Change into Agricultural Education: Challenges and Perspectives.
83. Challenging Conventional mindsets and disconnects in Conservation: the emerging role of eco-agriculture in Kenya's Landscape Mosaics.
84. Lesson learned RATA garut dan bengkurat: suatu upaya membedah kebijakan pelepasan kawasan hutan dan redistribusi tanah bekas kawasan hutan.
85. The emergence of forest land redistribution in Indonesia.
86. Commercial opportunities for fruit in Malawi.
87. Status of fruit production processing and marketing in Malawi.
88. Fraud in tree science.
89. Trees on farm: analysis of global extent and geographical patterns of agroforestry
90. The springs of Nyando: water, social organization and livelihoods in Western Kenya.
91. Building capacity toward region-wide curriculum and teaching materials development in agroforestry education in Southeast Asia.
92. Overview of Biomass Energy Technology in Rural Yunnan.
93. A Pro-Growth Pathway for Reducing Net GHG Emissions in China

94. Analysis of local livelihoods from past to present in the central Kalimantan Ex-Mega Rice Project area
95. Constraints and options to enhancing production of high quality feeds in dairy production in Kenya, Uganda and Rwanda
96. Agroforestry education in the Philippines: status report from the Southeast Asian Network for Agroforestry Education (SEANAFE)

## **2010**

97. Economic viability of *Jatropha curcas* L. plantations in Northern Tanzania- assessing farmers' prospects via cost-benefit analysis.
98. Hot spot of emission and confusion: land tenure insecurity, contested policies and competing claims in the central Kalimantan Ex-Mega Rice Project area
99. Agroforestry competences and human resources needs in the Philippines
100. CES/COS/CIS paradigms for compensation and rewards to enhance environmental Services
101. Case study approach to region-wide curriculum and teaching materials development in agroforestry education in Southeast Asia
102. Stewardship agreement to reduce emissions from deforestation and degradation (REDD): Lubuk Beringin's Hutan Desa as the first village forest in Indonesia
103. Landscape dynamics over time and space from ecological perspective
104. A performance-based reward for environmental services: an action research case of "RiverCare" in Way Besai sub-watersheds, Lampung, Indonesia
105. Smallholder voluntary carbon scheme: an experience from Nagari Paningahan, West Sumatra, Indonesia
106. Rapid Carbon Stock Appraisal (RACSA) in Kalahan, Nueva Vizcaya, Philippines.
107. Tree domestication by ICRAF and partners in the Peruvian Amazon: lessons learned and future prospects in the domain of the Amazon Initiative eco-regional program
108. Memorias del Taller Nacional: "Iniciativas para Reducir la Deforestación en la region Andino - Amazónica", 09 de Abril del 2010. Proyecto REALU Peru
109. Percepciones sobre la Equidad y Eficiencia en la cadena de valor de REDD en Perú –Reporte de Talleres en Ucayali, San Martín y Loreto, 2009. Proyecto REALU-Perú.

- 110.Reducción de emisiones de todos los Usos del Suelo. Reporte del Proyecto REALU Perú Fase 1
- 111.Programa Alternativas a la Tumba-y-Quema (ASB) en el Perú. Informe Resumen y Síntesis de la Fase II. 2da. versión revisada
- 112.Estudio de las cadenas de abastecimiento de germoplasma forestal en la amazonía Boliviana
- 113.Biodiesel in the Amazon
- 114.Estudio de mercado de semillas forestales en la amazonía Colombiana
- 115.Estudio de las cadenas de abastecimiento de germoplasma forestal en Ecuador
- 116.How can systems thinking, social capital and social network analysis help programs achieve impact at scale?
- 117.Energy policies, forests and local communities in the Ucayali Region, Peruvian Amazon
- 118.NTFPs as a Source of Livelihood Diversification for Local Communities in the Batang Toru Orangutan Conservation Program
- 119.Studi Biodiversitas: Apakah agroforestry mampu mengkonservasi keanekaragaman hayati di DAS Konto?
- 120.Estimasi Karbon Tersimpan di Lahan-lahan Pertanian di DAS Konto, Jawa Timur



## Who we are

The World Agroforestry Centre is the international leader in the science and practice of integrating 'working trees' on small farms and in rural landscapes. We have invigorated the ancient practice of growing trees on farms, using innovative science for development to transform lives and landscapes.

## Our vision

Our Vision is an 'Agroforestry Transformation' in the developing world resulting in a massive increase in the use of working trees on working landscapes by smallholder rural households that helps ensure security in food, nutrition, income, health, shelter and energy and a regenerated environment.

## Our mission

Our mission is to advance the science and practice of agroforestry to help realize an 'Agroforestry Transformation' throughout the developing world.



United Nations Avenue, Gigiri - PO Box 30677 - 00100 Nairobi, Kenya  
Tel: +254 20 7224000 or via USA +1 650 833 6645  
Fax: +254 20 7224001 or via USA +1 650 833 6646  
Southeast Asia Regional Programme - Sindang Barang, Bogor 16680  
PO Box 161 Bogor 16001, Indonesia  
Tel: +62 251 8625 415 – Fax: +62 251 8625 416  
[www.worldagroforestry.org](http://www.worldagroforestry.org)