

Kajian Kondisi Hidrologis DAS Kapuas Hulu,
Kabupaten Kapuas Hulu,
Kalimantan Barat

*Betha Lusiana, Rudy Widodo, Elok Mulyoutami,
Dudy Adi Nugroho and Meine van Noordwijk*

Southeast Asia



Kajian Kondisi Hidrologis DAS Kapuas Hulu, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat

Betha Lusiana
Rudy Widodo
Elok Mulyoutami
Dudy Adi Nugroho
Meine van Noordwijk

Working Paper nr 60



World Agroforestry Centre
TRANSFORMING LIVES AND LANDSCAPES

Correct citation:

Lusiana B, Widodo R, Mulyoutami E, Nugroho DA dan van Noordwijk M. 2008. Kajian Kondisi Hidrologis DAS Kapuas Hulu, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat. Working Paper No. 60. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre. 68 p.

Titles in the Working Paper Series aim to disseminate interim results on agroforestry research and practices and stimulate feedback from the scientific community. Other publication series from the World Agroforestry Centre include: Agroforestry Perspectives, Technical Manuals and Occasional Papers.

Published by the World Agroforestry Centre
ICRAF Southeast Asia Regional Office
Jl. CIFOR, Situ Gede, Sindang Barang, Bogor 16680
PO Box 161, Bogor 16001, Indonesia

Tel: 62 251 625415, fax: 62 251 625416
Email: icraf-indonesia@cgiar.org
ICRAF Southeast Asia website: <http://www.worldagroforestrycentre.org/sea>

© World Agroforestry Centre 2008
Working Paper nr 60

Photos: RHA Team
Maps: RHA Team
Geographical data: RHA Team

The views expressed in this publication are those of the author(s) and not necessarily those of the World Agroforestry Centre.
Articles appearing in this publication may be quoted or reproduced without charge, provided the source is acknowledged.
All images remain the sole property of their source and may not be used for any purpose without written permission of the source.

About the authors

Betha Lusiana (b.lusiana@cgiar.org)

Rudy Widodo (r.widodo@cgiar.org)

Elok Mulyoutami (e.mulyoutami@cgiar.org)

Dudy Adi Nugroho (d.nugroho@cgiar.org)

Meine van Noordwijk (m.vannoordwijk@cgiar.org)

Abstrak

Laporan ini menyajikan hasil dari suatu ‘penilaian cepat’ dari kondisi hidrologis di DAS Kapuas Hulu, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat. Tujuan utama studi ini adalah untuk mengkaji kondisi hidrologis DAS Kapuas Hulu dan menyajikan informasi mengenai apa dan dimana pembayaran jasa perlindungan DAS dapat dilakukan. Di hulu DAS Kapuas Hulu terdapat Taman Nasional Betung Kerihun, yang merupakan salah satu habitat alami beberapa jenis spesies langka di Kalimantan. Taman nasional ini merupakan areal ‘hot spot’ keragaman hayati dimana di dalamnya terdapat beragam jenis tumbuhan dan hewan, dan sebagian besar merupakan spesies endemik Kalimantan.

Kapuas Hulu memiliki iklim basah dengan rata-rata curah hujan tahunan sekitar 4100 mm/tahun. Hujan terdistribusi secara merata sepanjang tahun dengan bulan November atau Desember sebagai bulan yang paling basah. Tutupan lahan yang dominan di DAS Kapuas Hulu adalah hutan (90%). Lahan yang dikelola oleh petani (dalam bentuk pertanian dan sistem berbasis pohon) ada sekitar 3% dari total luasan area. Ada tiga sub-DAS utama di DAS Kapuas Hulu yaitu Sibau, Mendalam, dan Kapuas (Koheng). Intensitas pengelolaan lahan cukup berbeda di masing-masing sub-DAS, dimana Sibau bersifat lebih intensif (kebun sayur, tegakan pohon dalam kebun, dan tembawang) dan di Kapuas (Koheng) pengelolaannya lebih bersifat ekstensif (pengumpul hasil hutan dan tembawang).

Dewasa ini, wilayah hutan di Kapuas Hulu terancam semakin berkurang akibat adanya kebakaran, penebangan dan penambangan dalam jumlah besar. Para stakeholder lokal (baik masyarakat lokal maupun para pembuat kebijakan) sangat menyadari adanya masalah berkurangnya tutupan hutan yang akan berdampak pada fungsi hidrologi DAS, terutama dalam hal jumlah air dan kualitas air (erosi, sedimentasi, dan polusi). Transportasi sungai merupakan alat perhubungan yang cukup penting di areal ini, sehingga kondisi sungai yang stabil dengan kedalaman yang cukup sangat diperlukan oleh masyarakat sekitar. Masalah kualitas air di Kapuas Hulu berkaitan dengan polusi dan kekeruhan air yang disebabkan oleh erosi dan sedimentasi.

Fokus area di DAS Kapuas Hulu ini adalah Desa Sibau Hulu yang terletak di sub-DAS Sibau, dan Desa Datah Dian yang terletak di sub-DAS Mendalam. Kedua desa ini berada di wilayah paling hulu dari DAS dan merupakan areal dimana perubahan lahan oleh masyarakat lokal banyak terjadi.

Rata-rata hujan tahunan di DAS Kapuas sekitar 4100 mm/tahun. Neraca air di Kapuas menunjukkan bahwa sekitar 60% air dialirkan ke sungai, dan sekitar 40% dimanfaatkan tanaman untuk intersepsi dan transpirasi. Berdasarkan model, hanya sekitar 0.5% dari curah hujan yang menjadi aliran permukaan, 16% menjadi aliran cepat tanah (soil quick flow/interflow: yang mencapai sungai dalam waktu 2 hari setelah hujan) dan 39% sebagai aliran dasar/baseflow.

Dari sejumlah data yang ada dan perkiraan neraca air melalui pendekatan pemodelan, DAS Kapuas Hulu dinilai masih dapat mempertahankan fungsi DAS dalam hal mempertahankan debit sungai.

Sebagaimana ditunjukkan dalam hasil analisa skenario, pengurangan tutupan hutan di areal ini akan dapat meningkatkan limpasan permukaan dan mengurangi aliran cepat tanah. Namun, jika kondisi areal sempadan sungai tidak bagus, sedimentasi sungai dapat meningkat. Hasil analisa neraca air juga menunjukkan bahwa sampai tahun 2004, fraksi limpasan permukaan di Kapuas Hulu sangat rendah. Namun demikian, telah ada tanda-tanda terjadinya degradasi lahan pada skala yang lebih kecil seperti yang ditunjukkan pada hasil analisa skenario di sub-DAS di Dataran Dian. Di sub-DAS ini sekitar 3% dari curah hujan keseluruhan menjadi limpasan permukaan, yang berarti 6 kali lipat dari kondisi DAS Kapuas Hulu secara keseluruhan.

Studi hidrologi ini juga melihat dampak dari perubahan hutan menjadi penggunaan lahan lainnya (sistem pertanian, semak belukar) terhadap neraca air, khususnya perubahan dari aliran dasar menjadi aliran cepat tanah dan limpasan permukaan. Hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan ternyata dapat mempengaruhi pola debit sungai harian, namun tidak berpengaruh pada pola debit sungai mingguan maupun bulannya.

Pengembangan mekanisme imbal jasa di area ini harus dikaitkan dengan berbagai aktivitas untuk meningkatkan (i) tutupan pohon di sempadan sungai, serta (ii) konversi lahan non produktif, sebagaimana disebutkan bahwa areal ini memiliki kontribusi yang cukup tinggi terhadap sedimentasi sungai. Kurang tersedianya data hidrologis mengenai DAS Kapuas Hulu menunjukkan perlu adanya pemantauan secara reguler terhadap kondisi air dan sungai.

Untuk memastikan apakah kondisi hidrologis DAS Kapuas Hulu dapat dijaga dan ditingkatkan, masalah penambangan serta juga penambangan emas juga perlu diperhatikan.

Kata kunci

pengkajian jasa lingkungan, mekanisme imbalan jasa lingkungan, pemodelan hidrologi, Indonesia, pengetahuan lokal, fungsi DAS

Ucapan terima kasih

Studi ini dilakukan dalam kegiatan 'Equitable Payments for Watershed Services, Phase I: Making the Business Case' Programme, merupakan joint program antara WWF, CARE dan IIED yang didanai oleh DANIDA dan DGIS, dalam kolaborasinya dengan program RUPES.

Ucapan terima kasih diberikan kepada seluruh staf WWF Pontianak dan Putusibau yang telah membantu dalam pelaksanaan survey RHA ini pada bulan Desember 2006. Terima kasih terutama kepada Patria Palgunadi dan Rudi Zapariza atas bantuannya dalam penyediaan data sekunder. Terima kasih juga kepada Heri Mustopa atas bantuannya pada kegiatan survey LEK dan PEK di lapangan.

Daftar isi

Pendahuluan.....	1
Metodologi.....	6
Metode penilaian hidrologis	6
Analisis penutupan lahan di DAS Kapuas Hulu	14
Lokasi kajian RHA	14
Analisa tutupan lahan.....	16
Delineasi batas sub-DAS dan DAS Kapuas Hulu.....	22
Persoalan hidrologis di DAS Kapuas Hulu: perspektif masyarakat lokal dan pembuat kebijakan.....	23
Pengetahuan dan persepsi masyarakat lokal	23
Pembuat kebijakan: persepsi dan pengetahuan mengenai fungsi DAS.....	27
Neraca air DAS Kapuas Hulu	35
Debit sungai DAS Kapuas Hulu	35
Klimatologi	35
Pola aliran aungai dan pola curah hujan di DAS Kapuas Hulu	36
Kalibrasi model GenRiver untuk penilaian kondisi hidrologi DAS Kapuas Hulu	37
Neraca air DAS Kapuas Hulu	38
Kondisi hidrologi DAS Kapuas Hulu	39
Hubungan penggunaan lahan dengan kondisi hidrologi di DAS Kapuas Hulu.....	41
Skenario perubahan penggunaan lahan.....	41
Dampak perubahan lahan terhadap neraca air	41
Kondisi hidrologis di desa Datah Dian dan Sibau Hulu: area hotspot di DAS Kapuas Hulu	45
Kondisi umum Datah Dian dan Sibau Hulu.....	45
Masalah hidrologi	47
Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap neraca air di desa Sibau Hulu dan Datah Dian	48
Diskusi dan Kesimpulan	51
Pengembangan imbal jasa lingkungan: suatu perspektif hidrologi.....	51
Mekanisme imbal jasa lingkungan yang potensial untuk dikembangkan	53
Kesimpulan	55
Lampiran 1. Hasil akurasi klasifikasi citra landsat	60
Lampiran 2.	61
Daftar Pustaka.....	63
Daftar Istilah	65

Akronim

WWF:	World Wild Fund
DANIDA:	Danish International Development Agency
IIED:	International Institute for Economic and Development
RUPES:	Rewarding the Upland Poor for the Environmental Services they provided
BAPPEDA:	Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (Regional Planning and Development Bureau)
RTRWP:	Rencana Tata Ruang Wilayah Propinsi (Spatial Planning for Provincial Area)
PDAM:	Perusahaan Daerah Air Minum (Public Drinking Water Company)
RHA:	Rapid Hydrological Appraisal
CIFOR:	Center for International Forestry Research
WCMC:	Water Conservation Monitoring Centre
BAKOSURTANAL:	Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (National Coordinating Agency for Surveys and Mapping)
BMG:	Badan Meteorologi dan Geofisika (Meteorological and Geophysical Agency)
KIMPRASWIL:	Pemukiman dan Prasarana Wilayah (Settlement and Regional Infrastructure Agency)

Pendahuluan

Penilaian hidrologis di DAS Kapuas Hulu

Adanya peningkatan degradasi fungsi DAS mendorong tumbuhnya kesadaran untuk mengenali kegiatan pelayanan lingkungan yang dapat dilakukan untuk menjaga fungsi DAS tersebut. Pola penggunaan lahan secara signifikan berpengaruh terhadap fungsi DAS seperti kualitas air, debit air, pengendali erosi dan sedimentasi di daerah hilir. Namun demikian, para pengelola lingkungan di daerah hulu seringkali hanya menerima sebagian kecil insentif, sedangkan keuntungan lebih banyak diterima di daerah hilir.

Meningkatnya kesadaran akan pentingnya pengelolaan DAS mendorong berbagai macam inisiatif untuk melindungi DAS termasuk menyediakan insentif bagi masyarakat di daerah hulu untuk melindungi fungsi DAS tersebut. Landells Mills dan Porras (2002) mengidentifikasi 61 inisiatif dalam mekanisme imbal jasa dalam pengelolaan fungsi DAS, dengan tujuan untuk menjaga debit air pada musim kering, menjaga kualitas air, dan mengontrol sedimentasi. Mekanisme imbal jasa dipandang sebagai pendekatan langsung dalam konservasi DAS dan secara eksplisit menunjukkan adanya kebutuhan untuk menjembatani kepentingan para pemilik lahan dan penerima keuntungan melalui sistem pembayaran kompensasi.

Kabupaten Kapuas Hulu sebagai lokasi potensial dalam membangun mekanisme imbal jasa lingkungan

Secara geografis, Kabupaten Kapuas Hulu terletak di bagian utara Propinsi Kalimantan Barat pada koordinat $0^{\circ}15' - 1^{\circ}25'$ Bujur Timur dan $111^{\circ}39' - 114^{\circ}13'$ Lintang Utara, berbatasan dengan wilayah Sarawak– Malaysia (Gambar 5). Di sebelah timur berbatasan dengan Propinsi Kalimantan Timur dan Kalimantan Tengah, sementara di sebelah barat dan selatan berbatasan dengan Kabupaten Sintang. Total luasan areal Kabupaten Kapuas Hulu sekitar $30,800 \text{ km}^2$.

Di sebelah utara Kabupaten Kapuas Hulu terdapat Taman Nasional Betung Kerihun, yang menjadi daerah paling hulu dari sebagian besar sungai di Pulau Kalimantan, yaitu Sungai Kapuas, Rejang dan Lupar. Sungai Kapuas merupakan sungai terpanjang di Pulau Kalimantan. Sungai Lupar mengalir ke wilayah Sarawak (Malaysia). Taman Nasional Betung Kerihun dikenal sebagai areal 'hot-spot' untuk keragaman hayati. Kawasan ini menjadi habitat alami beberapa jenis tumbuhan yang berupa hutan dataran rendah Dipterocarp, hutan dataran tinggi, hutan lumut, dan hutan rawa. Hutan-hutan tersebut memiliki keragaman hayati yang cukup tinggi, terdiri dari beragam jenis tumbuhan dan hewan, yang sebagian besar merupakan spesies endemik di Kalimantan. Bahkan, sebagian dari jenis tersebut merupakan jenis langka yang ditemukan di habitat alaminya di Kalimantan. Dewasa ini, hutan di Kalimantan semakin terancam, baik dari kebakaran, penebangan, dan aktivitas penambangan yang berlebihan yang dapat mengakibatkan terjadinya degradasi fungsi DAS.



Gambar 1. Lokasi program ‘Equitable Payments for Watershed Services’ di Indonesia. Atambua dan Putus Sibau adalah ibukota dari masing-masing Kabupaten Belu dan Kapuas Hulu.

Kondisi saat ini di wilayah Kapuas Hulu menunjukkan bahwa mekanisme imbal jasa yang sebanding (equitable) dapat dikembangkan, khususnya di DAS Kapuas Hulu dimana 57% arealnya termasuk ke dalam areal Taman Nasional Betung Kerihun. Masyarakat yang tinggal di dalam dan di sekitar taman nasional diidentifikasi menjadi 'seller' yang potensial dalam menyediakan jasa untuk mengelola fungsi DAS termasuk juga hutan dan keragaman hayatinya. Para pihak yang memiliki kepedulian terhadap keragaman hayati dapat menjadi 'buyer' yang potensial sebagai suatu bagian dalam suatu integritas pengelolaan 'Heart of Borneo'. Pemerintah lokal dapat berperan sebagai mediator, sebagai pembeli jasa di tingkat lokal dalam basis perlindungan DAS, serta di tingkat global berperan sebagai penjual dalam upaya konservasi yang terintegrasi.

Pembeli jasa yang lain yang dapat diidentifikasi adalah PDAM atau Perusahaan Daerah Air Minum. Saat ini, PDAM menyediakan air minum untuk masyarakat di Putussibau (ibu kota Kabupaten Kapuas Hulu), dengan menggunakan air dari Sungai Kapuas. Karena itu, suplai air bersih secara berkesinambungan menjadi perhatian PDAM. Dalam Indonesia Human Development Report (2004), pada tahun 2002 disebutkan bahwa ada sekitar 80.4% masyarakat Kapuas Hulu tidak memiliki akses air bersih.

Mekanisme imbal jasa harus dapat mengatasi masalah kemiskinan di DAS Kapuas Hulu. Propinsi Kalimantan Barat memiliki Human Development Index (HDI)¹ sebesar 62.9, yang merupakan peringkat keempat terendah diantara 20 propinsi yang ada di Indonesia (Indonesia National Human Development Report, 2004). Di Propinsi Kalimantan Barat, Kapuas Hulu masuk dalam peringkat ke 5 (dari 9 kabupaten dan kotamadya, termasuk Pontianak sebagai ibu kota propinsi), atau peringkat ke 276 (dari 340 kabupaten dan kotamadya yang ada di Indonesia). Rendahnya nilai HDI Propinsi Kalimantan Barat dan Kabupaten Kapuas Hulu dapat mencerminkan kondisi perekonomian dan kehidupan masyarakat di sekitar DAS Kapuas Hulu.

Penilaian kondisi hidrologis

Tipe penggunaan lahan dan karakteristik fungsi DAS sangat beragam dan bersifat 'site spesifik', sehingga pendekatan secara general untuk memonitor dan mengkaji kondisi biofisik suatu DAS sebelum membangun imbal jasa lingkungan sangatlah penting dilakukan. Penilaian hidrologis perlu dilakukan secara independent dan transparan. Jika tidak, pengembangan mekanisme imbal jasa lingkungan hanya akan didasarkan kepada mitos tentang keterkaitan antara penggunaan lahan dan fungsi hidrologi sehingga solusi yang diperoleh menjadi kurang tepat (Kaimowitz, 2001).

RUPES² menyarankan tujuh tahapan dalam upaya pengembangan imbal jasa lingkungan (Jeanes, *et al.*, 2006): (1) Scoping (Ruang Lingkup), (2) Awareness (Kesadaran), (3)

1 Human Development Index (HDI) mengukur pencapaian suatu wilayah baik negara maupun kota atau kabupaten dalam tiga dimensi pembangunan yang utama yaitu harapan hidup (longevity), yang diukur berdasarkan harapan hidup saat lahir, tingkat pendidikan, yang diukur dari laju penduduk dewasa yang buta huruf rata-rata tahun pendidikan, serta standar hidup yang diukur dari pengeluaran pertahun.

2 RUPES (Rewarding the Upland Poor for the Environmental Services they provide) adalah program pengembangan mekanisme imbal jasa lingkungan di daerah upland yang di Asia. Tujuan dari program ini adalah untuk meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat serta mengurangi kemiskinan di wilayah upland dengan mendukung kegiatan konservasi di tingkat lokal dan global. Lihat <http://www.worldagroforestrycentre.org/sea/networks/rupes>

Identifying Partners (Mengidentifikasi rekanan), (4) Negotiations (Negosiasi), (5) Action Plans (Rencana kerja), (6) Environmental Services Rewards Support for Actions (Pelaksanaan Imbal Jasa Lingkungan) dan (7) Monitoring (Pengawasan). Tiga tahapan pertama dalam penilaian hidrologis perlu dilakukan pada tahap awal pengembangan imbal jasa lingkungan.

Van Noordwijk *et al.* (2006, 2007) mengidentifikasi kriteria dan indikator dalam mekanisme imbal jasa lingkungan dan kompensasi, yaitu: realistik, sukarela, kondisional, dan berpihak pada kemiskinan. Kriteria dan indikator tersebut harus dipenuhi agar mekanisme imbal jasa lingkungan dapat sukses dilaksanakan. Laporan ini difokuskan pada tahap I yaitu penilaian terhadap hubungan yang ‘realistik’ antara penggunaan lahan dengan jasa lingkungan yang memiliki nilai memadai untuk dijadikan sebagai basis dalam mekanisme imbal jasa lingkungan. Pada tahap I juga diperlukan adanya kajian derajat ‘kesadaran’ (awareness) dan ‘pemahaman bersama’ (shared understanding) antara berbagai stakeholder, sehingga terbentuk interaksi nyata dengan kegiatan-kegiatan pada tahapan kedua, yang berlangsung secara paralel, yaitu mempersiapkan fase negosiasi.

Tujuan utama dari studi ini adalah untuk mengkaji kondisi hidrologis DAS Kapuas Hulu dari beragam perspektif stakeholder (pengetahuan ekologi lokal, pengetahuan ekologi para pembuat keputusan dan para ahli ekohidrologi) dan menilai apakah PES layak dan dapat diterapkan di DAS Kapuas Hulu. Sebagai langkah awal dalam menerapkan PES yang bersifat ‘bisnis’, informasi penting yang diharapkan dapat diperoleh adalah di daerah mana dan dalam bentuk seperti apa jasa lingkungan dapat ditemukan, sehingga dapat dikembangkan mekanisme pembayaran yang tepat.

Tabel 1. Tahapan dalam proses pembentukan mekanisme imbalan jasa lingkungan (pembayaran) yang adil yang berbasis pada ‘business case’ dengan mengidentifikasi *buyers*, *sellers* dan *intermediaries*

<p>I. <i>Knowledge to knowledge</i> (K to K):</p> <p>Penelusuran awal sistem pengetahuan yang ada: apakah ada hubungan yang realistis yang bersifat sebab akibat antara penggunaan lahan dengan kondisi DAS di hilir (menghindari degradasi? rehabilitasi?), dan apakah terdapat cukup kesadaran atau perhatian (<i>awareness</i>) dan pemahaman bersama (<i>shared understanding</i>) tentang masalah hidrologis yang ada di antara pemangku kepentingan (RUPES tahap 1+2)</p>	<p>II. <i>Actor to actor</i> (A to A)</p> <p>a. Perlindungan terhadap jasa lingkungan yang bersifat wajib (<i>mandatory</i>), berupa aturan penggunaan lahan yang didasarkan pada posisi suatu daerah (<i>spatially explicit</i>)</p> <p>b. Adanya pilihan untuk menyusun perjanjian yang bersifat sukarela (<i>voluntary</i>): berusaha mendapatkan gambaran tentang posisi dan pendapat para pemangku kepentingan serta keinginan maupun pilihan mereka, menyusun skenario tentang apa yang mungkin terjadi di masa yang akan datang dan menduga bagaimana posisi dan pemangku kepentingan tersebut dalam skenario.</p> <p>c. Membandingkan sikap ‘willingness to engage’ dari pihak <i>buyer</i> (pembeli/pengguna), pihak <i>seller</i> (penyedia) dan pihak <i>intermediary</i> – bersama-sama mendefinisikan ‘<i>the business case</i>’</p> <p>d. Perbedaan kesejahteraan dan kekuasaan antar pemangku kepentingan menjadikan pentingnya mendapatkan gambaran tentang arti <i>kesetaraan</i> (<i>equitability</i>) dalam pengertian lokal.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

III. Negosiasi: (K+K ⇔ A+A) sehingga terjadi hubungan dan keterkaitan antara konsep dengan kegiatan (K to A) Memfokuskan pada sifat <i>conditionality</i> (quid pro quo) dari perjanjian yang telah disusun, apa yang menjadi kriteria sukses (= pembayaran diberikan) dan adakah mekanisme bagi pihak pengguna/pembeli maupun penyedia untuk belajar dari kesalahan dan lakukan perbaikan secara bertahap

IV. Implementasi dan pengawasan (monitoring)

Secara lebih rinci tujuan dari kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi isu penting dalam hidrologi dan permasalahan yang ada
2. Mengidentifikasi bentuk-bentuk penggunaan lahan atau tutupan lahan di DAS
3. Mengidentifikasi bagian dari DAS yang memberikan kontribusi terhadap masalah utama
4. Memperkirakan neraca air dalam DAS dan seberapa pengaruhnya terhadap perubahan penggunaan lahan
5. Mengidentifikasi opsi terbaik untuk mengatasi persoalan dan isu hidrologis

Metodologi

Metode penilaian hidrologis

Kondisi hidrologis DAS Kapuas Hulu dikaji dengan menggunakan metode 'Rapid Hydrological Appraisal (RHA)' (Penilaian Cepat Hidrologis= PCH)³ (Jeanes, 2006). Metode ini dikembangkan untuk mengkaji dan menilai fungsi hidrologis suatu DAS secara cepat, murah dan menyeluruh. Metode ini juga dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan gambaran mengenai kesenjangan pemahaman yang mungkin ada di antara para pemangku kepentingan DAS, yakni komunitas lokal, pembuat kebijakan dan kalangan peneliti atau ilmuwan, sebelum kita melakukan kegiatan pengembangan mekanisme jasa lingkungan. Jika tidak ada kesenjangan pemahaman yang cukup besar dan berarti, maka kita dapat memulai kegiatan untuk mengembangkan mekanisme pembayaran jasa lingkungan. Jika ada kesenjangan, maka terlebih dahulu kita perlu melakukan kegiatan untuk menjembatani kesenjangan ini.

Kegunaan praktis metode PCH adalah dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai kriteria dan indikator dari fungsi hidrologis suatu DAS. Ini berarti, ada kejelasan mengenai: (i) apa saja fungsi hidrologis DAS yang ada, (ii) siapa yang memberikan/menjaga/memperbaiki fungsi hidrologis DAS, (iii) bagaimana kondisi fungsi hidrologis DAS saat ini dan (iv) melalui mekanisme apakah pembayaran jasa lingkungan dapat diberikan secara efektif agar dapat mempertahankan fungsi hidrologis DAS.

PCH di Kapuas Hulu dilakukan melalui kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

- Analisis spasial DAS Kapuas Hulu menggunakan citra satelit LANDSAT dan peta-peta lainnya untuk menyusun peta penutupan lahan sebagai upaya untuk mengetahui kegiatan yang dilakukan penduduk setempat serta untuk kepentingan pemodelan hidrologi DAS.
- Mengumpulkan berbagai informasi yang berkaitan dengan DAS Kapuas Hulu, termasuk data iklim, aliran sungai dan peta penutupan lahan.
- Survei pengetahuan lokal mengenai fungsi hidrologis DAS, sungai dan pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap kondisi DAS yang dimiliki oleh pemangku kepentingan (masyarakat lokal dan pembuat kebijakan) di DAS Kapuas Hulu.
- Analisis data hidrologis (aliran sungai, curah hujan).
- Analisis neraca air dan penggunaan air di DAS Kapuas Hulu dengan menggunakan model simulasi GenRiver⁴.
- Analisis skenario menggunakan model GenRiver untuk mengetahui pengaruh perubahan lahan terhadap kondisi dan fungsi hidrologis DAS Kapuas Hulu.

³ Rapid Hydrological Appraisal (Penilaian Cepat Hidrologis) dikembangkan oleh ICRAF untuk mengkaji dan menilai fungsi hidrologis suatu DAS serta bagaimana fungsi penting DAS tersebut dipengaruhi perubahan penggunaan lahan. ICRAF juga telah mengembangkan metode Rapid Carbon Stocks Appraisal (RaCSA) dan Rapid (Agro) Biodiversity Appraisal (RaBA). Ketiga metode ini dapat dimanfaatkan untuk mengkaji jasa lingkungan di suatu daerah tertentu.
<http://www.worldagroforestrycentre.org/sea/networks/rupes>

⁴ GenRiver merupakan model simulasi aliran sungai yang dibangun oleh ICRAF. Informasi selanjutnya dapat dilihat di <http://www.worldagroforestrycentre.org/sea/products/models>

Analisa perubahan tutupan lahan

Klasifikasi citra dilakukan menggunakan pendekatan klasifikasi 'supervised' dengan berbasis pada informasi obyek. Pendekatan berbasis obyek merupakan suatu metode klasifikasi citra digital berdasarkan pada pengelompokan spektral yang homogen dari piksel. Informasi dari piksel ini memberikan informasi terhadap obyek yang nyata pada permukaan bumi. Pengelompokan piksel ini disebut sebagai segment citra, yang mengandung beberapa informasi spektral seperti luas, keliling dan kedekatan informasi spektral (neighbourhood relationship). Gabungan dari informasi spektral ini dapat digunakan untuk mengelompokkan tutupan lahan dan jenis vegetasi pada citra satelit.

Dalam studi ini dua data Landsat-TM yang diperoleh adalah tahun 2001 dan 2004. Citra landsat ini memiliki resolusi spasial sebesar 30 m dan 7 channel spektral. Untuk studi ini kami hanya menggunakan channel 3, 4, 5 dan 7. Pada Tabel 2 dideskripsikan citra landsat yang digunakan dalam studi ini dan beberapa data tambahan lainnya.

Penilaian ketepatan dilakukan untuk mendapatkan perkiraan kuantitatif atas kualitas informasi yang didapat dari peta tutupan lahan dan dibandingkan dengan lokasi sampel pada peta tutupan lahan tersebut dengan referensi data lapangan. Metode yang digunakan dalam hal ini adalah Kappa dalam ArcView.

Beberapa titik sampel untuk klasifikasi citra dikumpulkan dalam survei lapangan yang dilakukan pada bulan Desember 2006, dan diperoleh 8 kelas tutupan lahan yang berhasil diidentifikasi dalam kegiatan ini. Kedelapan kelas tersebut diuraikan sebagai berikut:

Hutan adalah wilayah dengan keadaan tutupan lahan yang berupa vegetasi pepohonan dengan tutupan lahan yang rapat, biasanya memiliki komposisi dan distribusi diameter yang bervariasi.

Agroforestri (sistem berbasis pohon), areal yang dikelola (budidaya) oleh masyarakat dengan tanaman pepohonan dan/atau tanaman semusim, bisa terdapat di pekarangan rumah maupun yang berada di wilayah perkebunan, misalnya: kebun campur, pekarangan, perkebunan sengon

Lahan pertanian kering (ladang), lahan yang dikelola oleh petani yang ditumbuhi oleh tanaman semusim yang tidak berkayu dengan jenis tutupan tidak rapat, seperti perladangan.

Semak merupakan tutupan lahan berupa vegetasi rendah yang tidak dikelola oleh manusia, biasanya ditumbuhi oleh tanaman perdu. Semak mudah tumbuh di areal yang terdegradasi.

Tabel 2. Data citra satelit dan peta yang digunakan untuk mengelompokkan kelas tutupan lahan di DAS Kapuas Hulu

Data	Deskripsi
Landsat 7 ETM Scene ID: 119-60	Tanggal pengambilan citra: 26 November 1999 Resolusi spasial: 30 m. Daerah tutupan awan: 10%. Ketinggian matahari: 57.52
Landsat 7 ETM Scene ID: 119-59	Tanggal pengambilan citra: 10 July 2001 Resolusi spasial: 30 m. Daerah tutupan awan: 1% Ketinggian matahari: 53.59

Landsat 7 ETM	Tanggal pengambilan citra: 19 August 2004
Scene ID: 119-60	Resolusi spasial: 30 m. Daerah tutupan awan: 1% Ketinggian matahari: 57.07
Landsat 7 ETM	Tanggal pengambilan citra: 19 August 2004
Scene ID: 119-59	Resolusi spasial: 30 m. Daerah tutupan awan: 1% Ketinggian matahari: 57.77
Rencana Tata Ruang dan Wilayah Propinsi (RTRWP) map	Scale: 1 : 100 000 Sumber: Dinas Kehutanan Kapuas Hulu
Data GPS	Data GPS untuk pengelolaan sampel, dikumpulkan pada bulan December 2006

Padang rumput/alang-alang merupakan lahan dengan tutupan lahan berupa vegetasi rendah dan tidak dikelola manusia, biasanya ditumbuhi jenis rumput-rumputan ataupun alang-alang. Tampilan lahan hampir menyerupai semak, tetapi tidak ada tanaman perdu/berkayu.

Sawah merupakan lahan yang ditanami padi dan terendam air. Areal ini nampak berwarna biru muda pada citra dengan kombinasi band visible-NIR-MIR.

Perairan adalah kawasan yang dialiri ataupun digenangi air, misalnya danau atau sungai.

Pemukiman, daerah yang terdiri dari kelompok rumah yang dihuni oleh manusia, termasuk jalan.



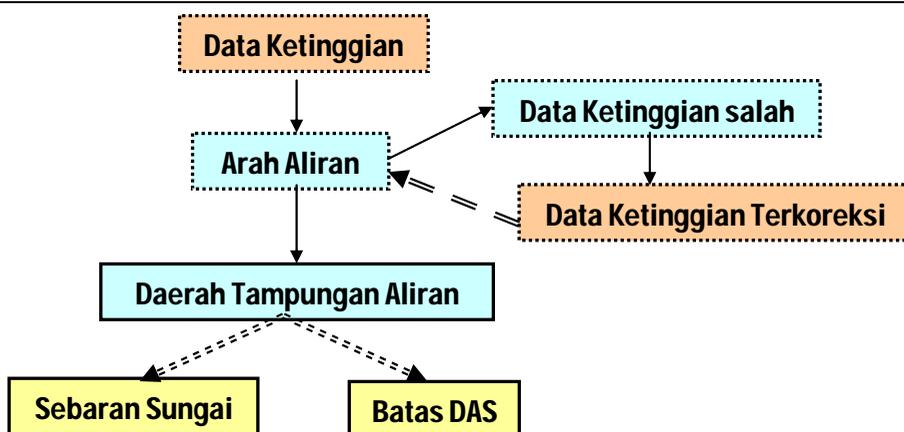
Gambar 2. Diagram alur analisis penutupan lahan dari citra Landsat yang dilakukan pada PCH di DAS Kapuas Hulu (Sumber: Jeanes, *et al.*, 2004).

Delineasi batas DAS dan sub-DAS

Delineasi batas DAS dan sub-DAS dilakukan dengan memanfaatkan data DEM dari SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), yang diperoleh di <http://srtm.csi.cgiar.org//>. Tabel 3 berisi penjelasan mengenai data-data yang digunakan.

Tabel 3. Data STRM-DEM yang digunakan pada delineasi batas DAS Kapuas Hulu

Jenis	Data	Posisi	Tahun
SRTM 90m DEM	srtm_59_12	Latitude 2.50 N Longitude 117.50 E	2004
SRTM 90m DEM	srtm_59_13	Latitude 2.50 S Longitude 112.50 E	2004



Gambar 3. Gambaran umum tahapan dalam menyusun fitur hidrologi melalui modul ArcView Hydro (Sumber, Jeanes, *et al.*, 2004).

Catatan:

Arah Aliran: masing-masing piksel diberi angka yang menunjukkan arah aliran air berdasarkan perbedaan ketinggian piksel tetangganya

Data ketinggian salah: piksel yang diidentifikasi tidak memiliki sel-sel outlet karena merupakan piksel terendah dibandingkan dengan piksel tetangganya

Daerah tampungan aliran: masing-masing piksel diberi angka yang menunjukkan jumlah piksel yang menjadi sumber air yang mengalir ke piksel tersebut

Survei dan analisa stakeholder

Tujuan kegiatan survei ini adalah untuk mengeksplorasi pengetahuan masyarakat lokal dan para pembuat kebijakan mengenai isu hidrologi di Kabupaten Kapuas Hulu, khususnya di DAS Kapuas Hulu. Persepsi masyarakat pemanfaat air di daerah perkotaan juga dieksplorasi.

Masyarakat lokal adalah masyarakat yang mengelola lahan mereka dan berinteraksi secara langsung dengan lingkungan sekitar di areal DAS nya. Para pembuat kebijakan baik di level kabupaten maupun propinsi adalah orang-orang dari instansi yang memiliki wewenang untuk mengontrol dan mengelola areal DAS. Kebijakan yang mereka buat memiliki pengaruh yang kuat terhadap kondisi DAS baik sekarang maupun di masa mendatang. Dengan demikian, pengetahuan masyarakat lokal dan para pembuat kebijakan sangatlah penting dipahami dalam keseluruhan studi ini.

Kegiatan survei pengetahuan lokal ini dilakukan di Pontianak, Putussibau, DAS Sibau, Mendalam dan Kapuas pada bulan Desember 2006. Metodologi yang diterapkan dalam survei ini diadaptasi dari pendekatan Sistem Berbasis Pengetahuan (Knowledge Base System) yang dikembangkan oleh Dixon *et al.* (2001)⁵.

Data iklim, geologi dan hidrologi DAS Kapuas Hulu

Data curah hujan dan debit air sungai untuk wilayah DAS Kapuas Hulu sangat jarang ditemukan. Meskipun ada, tidak ada kegiatan pemantauan dan pengukuran kualitas dan kuantitas air secara berkesinambungan di DAS Kapuas Hulu, sehingga data mengenai kualitas dan kuantitas air juga tidak banyak tersedia.

Data debit air sungai yang berhasil kami peroleh hanyalah dari stasiun Sanggau yang berlokasi sekitar 590 km ke arah hilir dengan wilayah catchment yang 7 kali lebih luas dari areal yang menjadi fokus studi ini, serta di daerah hilir yaitu di sekitar Danau Sentarum yang berperan sebagai area penyangga. Kami melakukan 'scale up' dari hasil pemodelan di areal studi ini dengan menyesuaikan areal yang lebih luas sebagai kalibrasinya, sebagaimana akan didiskusikan lebih dalam pada bagian lain dalam laporan ini.

Tabel 4. Daftar data iklim, geologi dan debit air sungai di DAS Kapuas Hulu.

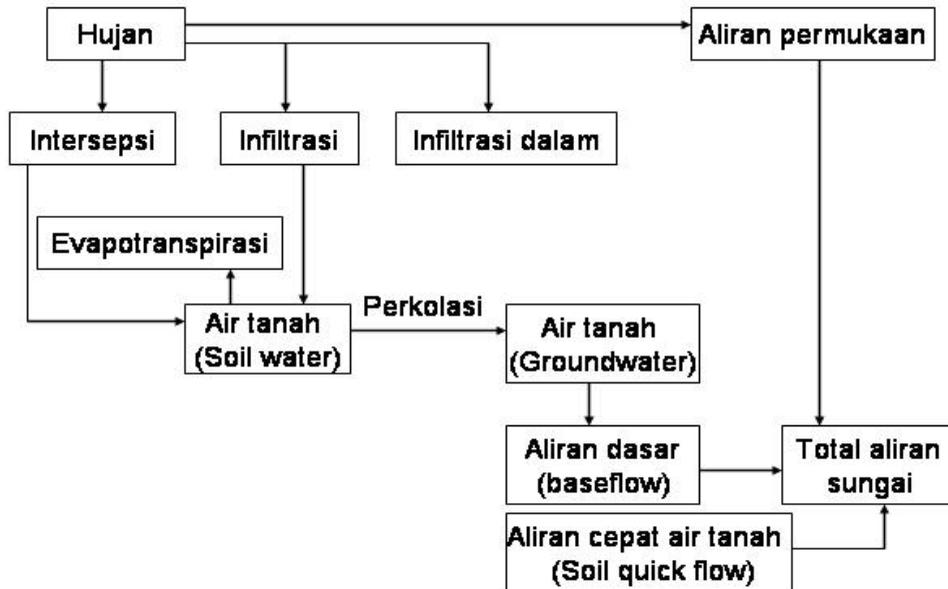
Data	Jenis	Tahun	Sumber
Curah hujan	Curah hujan harian, stasiun cuaca: Pangsuma, Putusibau	1996 - 2005	BMG Putussibau
Tanah	Peta tanah, skala: 1:250000	-	REPPROT-WWF Putusibau
Hidrologi	Level air harian, stasiun Sanggau	1997-2006	Proyek Pengendalian dan Pengamanan Banjir Kalimantan Barat, Seksi Sumber Daya Air Dinas Kimpraswil Propinsi Kalbar

Analisis neraca air DAS Kapuas Hulu

Pendugaan neraca air pada skala DAS dilakukan dengan menggunakan model GenRiver (Farida dan van Noordwijk, 2004, van Noordwijk *et. al.*, 2003), suatu model aliran sungai dan penggunaan lahan. GenRiver merupakan model yang didasarkan pada proses hidrologis dalam suatu bentang lahan, baik itu DAS maupun sub-DAS. Model ini dapat digunakan pada kondisi dimana data hidrologi yang tersedia relatif sedikit. Dengan menggunakan model ini kita dapat melakukan simulasi aliran sungai harian pada berbagai skala, seperti plot, sub-DAS maupun DAS. Pengaruh perubahan lahan terhadap aliran sungai harian juga dapat disimulasikan dengan baik oleh model ini.

Modul inti dari model GenRiver adalah neraca harian di tingkat plot, dimulai dari kejadian hujan serta dipengaruhi oleh kelas penutupan lahan dan jenis tanah. Ada tiga jenis aliran air (yang berasal dari hujan) yang disimulasikan dalam model ini, *surface-quick flow* atau aliran permukaan yang terjadi pada hari yang sama dengan kejadian hujan, *soil quick flow* atau aliran tanah yang sampai di sungai sehari setelah kejadian hujan, dan *base flow* atau aliran dasar (disimulasikan sebagai pelepasan air tanah secara bertahap).

⁵ Informasi lebih lanjut mengenai pengetahuan lokal dapat dilihat dalam Sinclair, FL (1998).



Gambar 4. Diagram alir proses hidrologis dalam model GenRiver

Kegiatan pemodelan dilakukan melalui tahapan-tahapan berikut:

1. Persiapan data
2. Pemrosesan informasi spasial yang dihasilkan dalam analisis spasial. Pada tahapan ini, berbagai fitur hidrologis ditentukan seperti batas sub-DAS, saluran drainase, jarak (panjang anak sungai sampai ke sungai utama) dan jenis tanah
3. Paramaterisasi model
4. Kalibrasi model dengan data tersedia
5. Skenario perubahan penggunaan lahan
6. Simulasi model pada berbagai skenario penggunaan lahan untuk melihat dampak perubahan lahan terhadap perubahan neraca air

Analisis indikator fungsi hidrologis: kualitas dan kuantitas air

Analisis situasi dan kondisi hidrologis DAS Kapuas Hulu didasarkan kepada kriteria dan indikator transmisi air (hasil air per curah hujan tahunan), kemampuan menyangga kejadian puncak hujan (hubungan antara kejadian puncak aliran sungai dengan kejadian puncak hujan, dikaitkan dengan resiko banjir) dan kemampuan DAS untuk melepaskan air tanah secara bertahap pada musim kemarau (Tabel 5). Indikator fungsi DAS ini berkaitan dengan aliran air setelah turunnya hujan. Dalam analisis ini akan dilihat bagaimana hubungan antara penutupan lahan dengan variasi hujan dari tahun ke tahun.

Guna mengatasi masalah kekurangan dan kelayakan data yang tersedia, pada tahap awal kalibrasi dan validasi model perlu dilakukan. Model hasil validasi dan kalibrasi ini selanjutnya digunakan untuk melakukan simulasi dengan menggunakan berbagai skenario penggunaan lahan. Karena data erosi hasil pengukuran lapangan tidak tersedia, maka resiko erosi akan dikaji melalui besarnya aliran permukaan. Dalam hal ini diasumsikan bahwa tingkat aliran permukaan yang tinggi akan menyebabkan resiko erosi yang tinggi.

Analisis hubungan penutupan/penggunaan lahan dan neraca air

Untuk dapat memahami pengaruh penutupan/penggunaan lahan terhadap neraca air dan aliran sungai, dilakukan simulasi pada berbagai skenario penggunaan lahan dengan menggunakan model GenRiver. Skenario disusun berdasarkan hasil temuan survei pengetahuan lokal. Studi simulasi difokuskan pada daerah (i) Sibau dan (ii) Mendalam dimana masalah hidrologis cukup terlihat.

Tabel 5. Kriteria dan indikator fungsi hidrologis daerah aliran sungai dan relevansinya bagi multi-pihak yang tinggal di daerah hilir (van Noordwijk, *et al.*, 2004).

Kriteria	Indikator	Indikator Kuantitatif	Karakteristik Alami	Relevansi dengan pengguna dan pihak-pihak lainnya
Transmisi air	Hasil air per-curah hujan tahunan (TWY)	$TWY = \frac{Q}{A \times P}$ <p>Q = debit sungai tahunan, A = luas DAS P = curah hujan tahunan</p>	Curah hujan	Semua pengguna air, terutama masyarakat di daerah hilir
Menyangga pada kejadian puncak hujan	Kejadian banjir relatif terhadap kejadian hujan (BI)	$BI = 1 - \frac{Q_{abs_Avg}}{A \times P_{abs_Avg}}$, dimana $P_{abs_Avg} = \sum \max(P - P_{mean}, 0)$ $Q_{abs_Avg} = \sum \max(Q - Q_{mean}, 0)$	Bentuk lahan, geomorfologi	Masyarakat yang tinggal di sepanjang bantaran sungai dan daerah banjir
	BI setelah disesuaikan dengan debit sungai relatif (RBI)	$RBI = 1 - \left(\frac{P_{mean}}{Q_{mean}} \times \frac{Q_{abs_Avg}}{P_{abs_Avg}} \right)$		
	Buffering peak event (BPE)	$BPE = 1 - \frac{\max(Daily_Q - Q_{mean})}{A \times \max(Daily_P - P_{mean})}$		
	Aliran air sungai yang berasal dari <i>surface quick flow (run off)</i>	Hasil keluaran langsung dari model GenRiver		
	Aliran air sungai yang berasal dari <i>soil quick flow</i>	Hasil keluaran langsung dari model GenRiver		
Pelepasan air secara bertahap	Ketersediaan air selama musim kemarau: debit bulanan yang terendah relatif terhadap rata-rata curah hujan bulanan		Jenis tanah	Masyarakat yang tidak memiliki sistem penyimpanan air untuk ketersediaan air pada musim kemarau (' <i>water reservoir</i> ': misalnya danau, waduk, embung atau tandon air)
	Aliran sungai yang berasal dari <i>slow flow</i> (tiba di sungai > 1 hari setelah kejadian hujan)	Hasil keluaran langsung dari model GenRiver		

Catatan : $Q \text{ (mm.day}^{-1}\text{)} = \{[(\text{m}^3 \cdot \text{sec}^{-1}) \times 24 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik.jam}^{-1}] / [A(\text{km}^2) \times 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{km}^{-2}]\} \times 10^3 \text{ (mm} \cdot \text{m}^{-1}\text{)}$

Analisis penutupan lahan di DAS Kapuas Hulu

Lokasi kajian RHA

Studi hidrologi dilakukan pada bulan Desember 2006, dengan fokus area pada tiga daerah tangkapan (catchment) di DAS Kapuas Hulu yaitu Sibau, Mendalam dan Kapuas Koheng, dengan total luasan area sekitar 9800 km² dan setiap catchmentnya meliputi 19%, 16%, dan 65% dari keseluruhan DAS. Tiga sungai utama pada setiap catchment bermuara di Putussibau, ibu kota Kabupaten Kapuas Hulu, Propinsi Kalimantan Barat.

Secara geografis, area ini terletak pada koordinat 112° 50' 00'' – 114° 12' 00'' Bujur Timur dan 0° 23' 40'' – 1° 28' 00'' Lintang Utara, dan secara administrasi berada di Kabupaten Putussibau dan Kedamin, yang berbatasan langsung dengan Sarawak di sebelah utara, Kabupaten Manday dan Embaloh Hilir di sebelah selatan, Propinsi Kalimantan Timur dan Kalimantan Tengah di sebelah timur, serta Kabupaten Embaloh Hulu di sebelah barat.

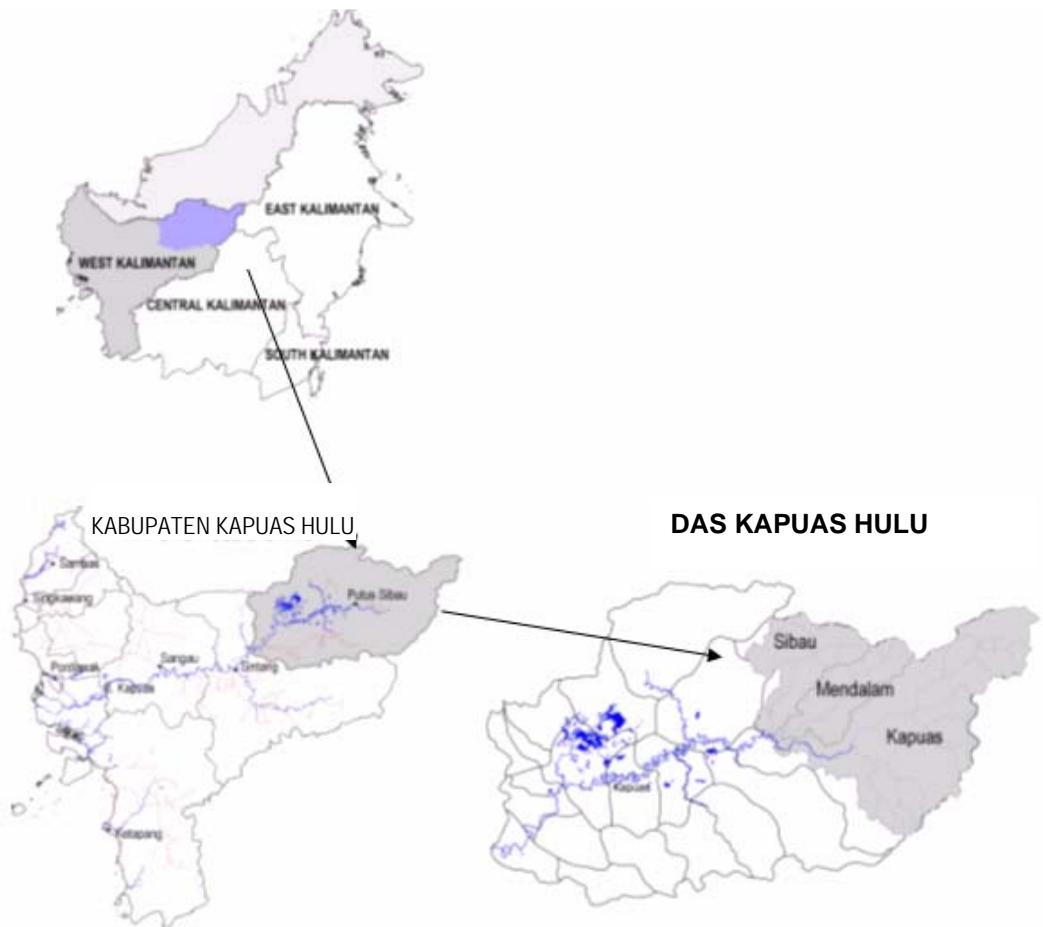
Kondisi topografi DAS Kapuas Hulu datar dan berbukit-bukit, dengan ketinggian sekitar 30 – 2000 m di atas permukaan laut. Daerah paling hulu areal ini merupakan bagian dari Pegunungan Muller dan Kapuas Hulu.

Satuan geologi yang mendominasi wilayah Kapuas Hulu adalah Kelompok Embaloh (85%) dan lainnya adalah kelompok Kompleks Kapuas, Batu Terobosan Sintang, Selangkai, dan kelompok Vulkanik Lapung. Jenis tanah di wilayah ini terdapat beberapa ordo tanah yaitu Ultisol (Podsolik), Inceptisol (Kambisol), Histosol (Organosol), Gleysol (Glei humus), dan Entisol (Allumelaluil).

Iklm wilayah ini termasuk tipe iklim Af-Aw (Kopen) yaitu iklim isothermal hujan tropik dengan musim kemarau yang panas (suhu rata-rata lebih dari 22⁰ C). Curah hujan rata-rata pertahun antara 3500-4500 mm. Bulan-bulan basah (curah hujan bulanan > 200 mm) terjadi selama 10-12 bulan per tahun tanpa ada bulan kering.

Pola aliran sungai sangat beragam yaitu pola aliran dendritic, parallel dan trellis di daerah Pegunungan Kapuas Hulu Utara dan Pegunungan Muller Selatan, serta pola aliran anastomik pada daerah dataran rendah tergenang (dataran alluvial).

Masyarakat yang mendiami wilayah DAS Kapuas Hulu merupakan Suku Dayak yang terbagi menjadi beberapa sub suku yaitu Dayak Iban, Taman, Kantu', Kayan, Bukat, dan Punan. Berdasarkan mata pencaharian dan struktur masyarakatnya, kelompok Suku Dayak tersebut dapat dibedakan menjadi 3 kelompok. Suku Bukat dan Punan dengan latar belakang berburu dan mengumpulkan hasil hutan, terikat dalam kelompok-kelompok kecil dan memiliki struktur kepemimpinan berdasarkan senioritas dan kecakapan. Orang Iban dan Kantu' mewakili tipologi masyarakat Dayak berlatar budaya berladang dan berkebun, memiliki sifat egaliter, terbuka dan demokratis. Orang Tamambaloh dan Kayan yang mewakili tipologi masyarakat Dayak berlatar budaya berladang dan berkebun, dengan struktur kekuasaan berdasarkan sistem pelapisan sosial yang ketat dan berlapis-lapis.



Gambar 5. Lokasi DAS Kapuas Hulu.

Analisa tutupan lahan

Hasil klasifikasi tutupan lahan berdasarkan citra landsat tahun 2001 dan 2004 disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 6. Peta tutupan lahan ini memiliki tingkat keakuratan sebesar 77% (lihat Lampiran 1).

DAS Kapuas Hulu memiliki luasan area sekitar 9800 km². Pola penggunaan lahan yang utama di Kapuas Hulu adalah hutan, mencakup 90% dari luasan areal. Hanya sekitar 3% dari areal ini yang dikelola oleh petani (lahan tanaman semusim atau ladang serta agroforestri). Pola tutupan lahan pada ketiga sub-catchment (Kapuas, Mendalam dan Sibau) menunjukkan pola yang hampir sama.

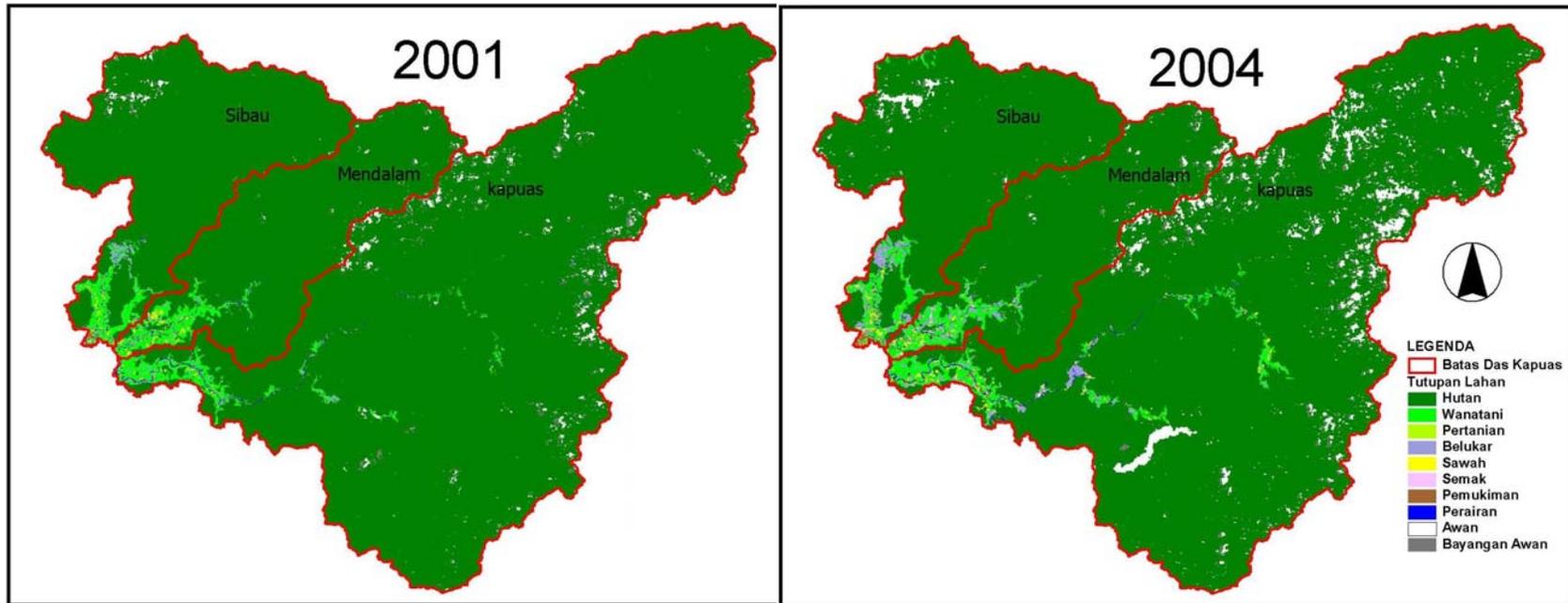
Berdasarkan peta RTRWP (Rencana Tata Ruang dan Wilayah Propinsi), sekitar 56% wilayah DAS Kapuas Hulu merupakan bagian Taman Nasional, 36% merupakan kawasan hutan lindung, 6% kawasan hutan produksi (terbatas dan permanen) dan hanya sekitar 214 km² (2%) merupakan lahan bebas yang termasuk areal pemukiman dan pertanian (Tabel 7 dan Gambar 7).

Tabel 6. Areal DAS Kapuas Hulu pada tahun 2001 dan 2004 dalam beragam tutupan lahan

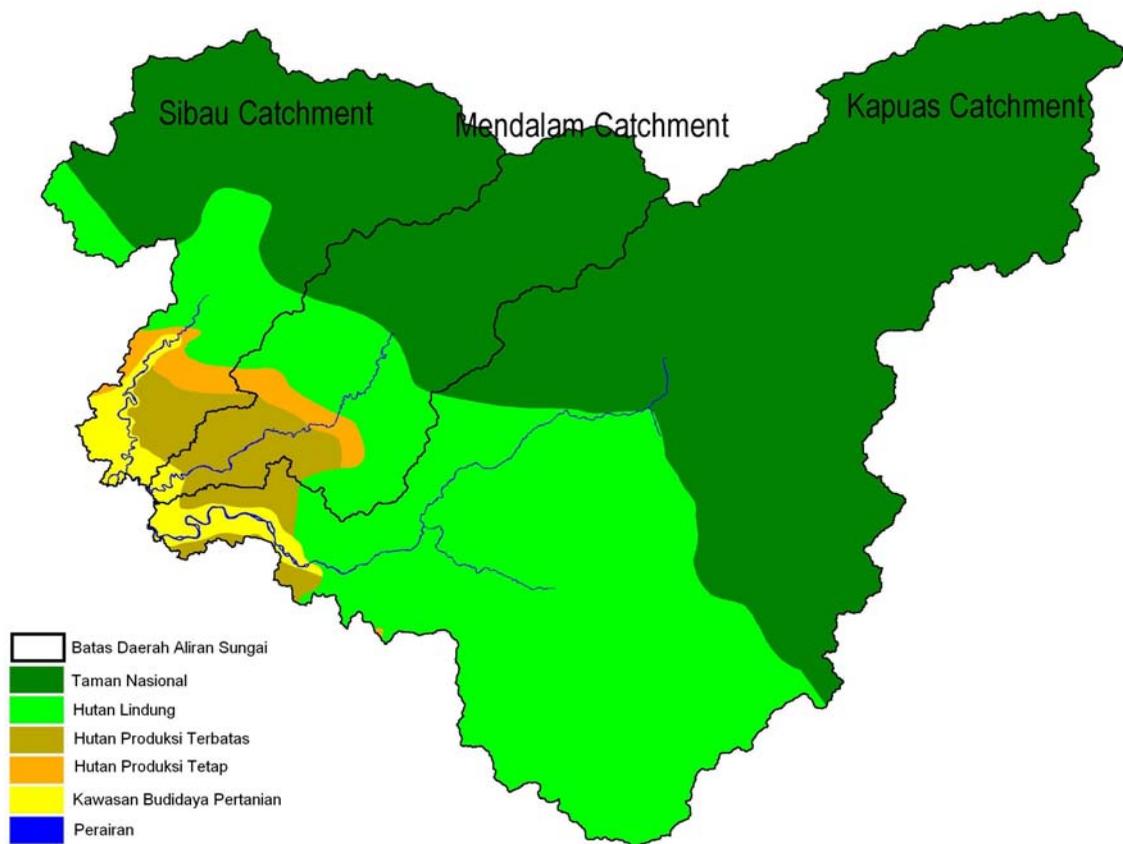
Kelas Land cover	2001		2004	
	Luasan area dalam km ² (dalam %)		Luasan area dalam km ² (dalam %)	
Hutan	9001	(91.9)	8873	(90.5)
Agroforest	252	(2.6)	279	(2.9)
Lahan tanaman semusim	7	(0.07)	17	(0.2)
Semak	38	(0.4)	102	(1.0)
Padang rumput	2	(0.02)	11	(0.1)
Sawah	21	(0.2)	26	(0.3)
Pemukiman	9	(0.1)	22	(0.2)
Perairan	25	(0.2)	26	(0.3)
Tidak ada data (awan)	445	(4.5)	445	(4.5)
Total	9800			

Tabel 7. Areal DAS Kapuas Hulu dalam berbagai kategori penggunaan lahan (berdasarkan peta RTRWP)

Penggunaan lahan (berdasarkan RTRWP)	Total area	
	Km	%
Taman Nasional	5502	56
Hutan lindung	3487	36
Hutan produksi terbatas	409	4
Hutan produksi permanen	152	2
Lahan kering	214	2
Perairan	37	0
Total	9800	100



Gambar 6. Peta tutupan lahan DAS Kapuas Hulu berdasarkan klasifikasi citra landsat tahun 2001 dan 2004.

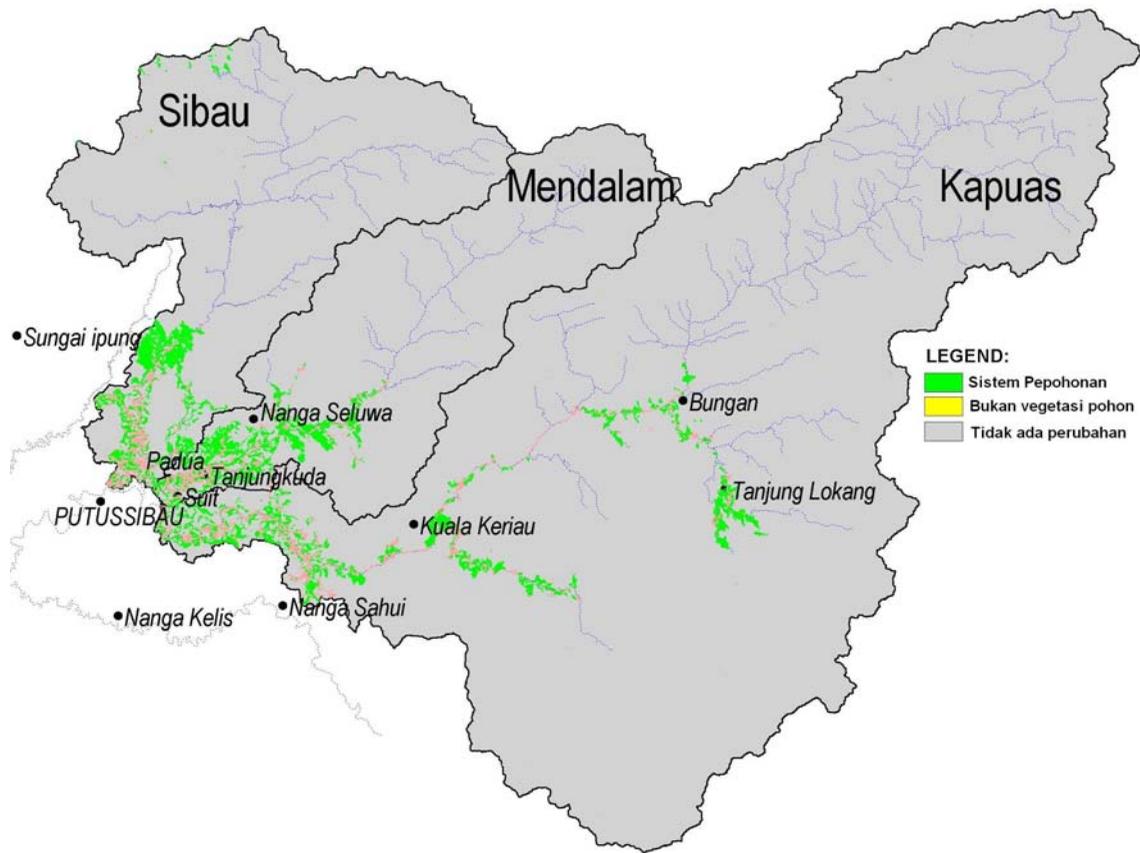


Gambar 7. Peta areal Kapuas Hulu berdasarkan penggunaan lahan berdasarkan peta RTRWP.

Antara tahun 2001 dan 2004, luas hutan di DAS Kapuas Hulu berkurang sekitar 130 km², sedangkan total area yang dikelola oleh petani meningkat sekitar 42 km². Meskipun tidak ada perubahan yang signifikan terhadap persentasi total luasan DAS, namun keduanya menunjukkan adanya peningkatan relatif menjadi areal pertanian. Perubahan ini terjadi terutama pada areal pertanian lahan kering.

Analisa lebih lanjut menunjukkan bahwa perubahan lahan banyak terjadi di sekitar sungai (Gambar 8). Dalam gambar, areal yang hijau menunjukkan perubahan hutan menjadi sistem kebun berbasis pohon, sementara warna kuning menunjukkan perubahan lahan menjadi areal yang tidak berbasis pohon (ladang, semak, belukar, dan pemukiman). Di kawasan Taman Nasional tidak terjadi perubahan lahan, nampak bahwa perlindungan di areal tersebut cukup baik termasuk juga upaya perlindungan dari masyarakat yang tinggal di sekitar taman nasional. Observasi lapangan menunjukkan bahwa kondisi sempadan sungai di wilayah Sibau dan Mendalam lebih terbuka jika dibandingkan dengan sub-DAS Kapuas (Koheng).

Pada Tabel 8 disajikan gambaran umum mengenai kondisi hamparan pada masing-masing sub-DAS utama. Dalam hal intensitas pengelolaan lahan, petani di sub-DAS Sibau mengelola lahan dengan intensif, dimana petani banyak menanam beragam jenis sayuran. Namun, di Kapuas Koheng pengelolaan tidak intensif, masyarakat umumnya memiliki aktivitas mengumpulkan hasil hutan, dll.



Gambar 8. Peta lokasi dimana perubahan tutupan lahan terjadi sekitar tahun 2001 – 2004. Warna kuning menunjukkan areal yang berubah dari kawasan hutan ke penggunaan lahan yang tidak berbasis pohon, sementara warna hijau menunjukkan perubahan lahan hutan menjadi areal yang berbasis pohon.



Sawah



Padang rumput



Perairan



Pemukiman



Semak



Lahan pangan



Agroforestry (*Tembawang*)



Hutan

Gambar 9. Beberapa contoh sistem penggunaan lahan di DAS Kapuas Hulu (Foto: RHA Team, World Agroforestry Centre/ICRAF).

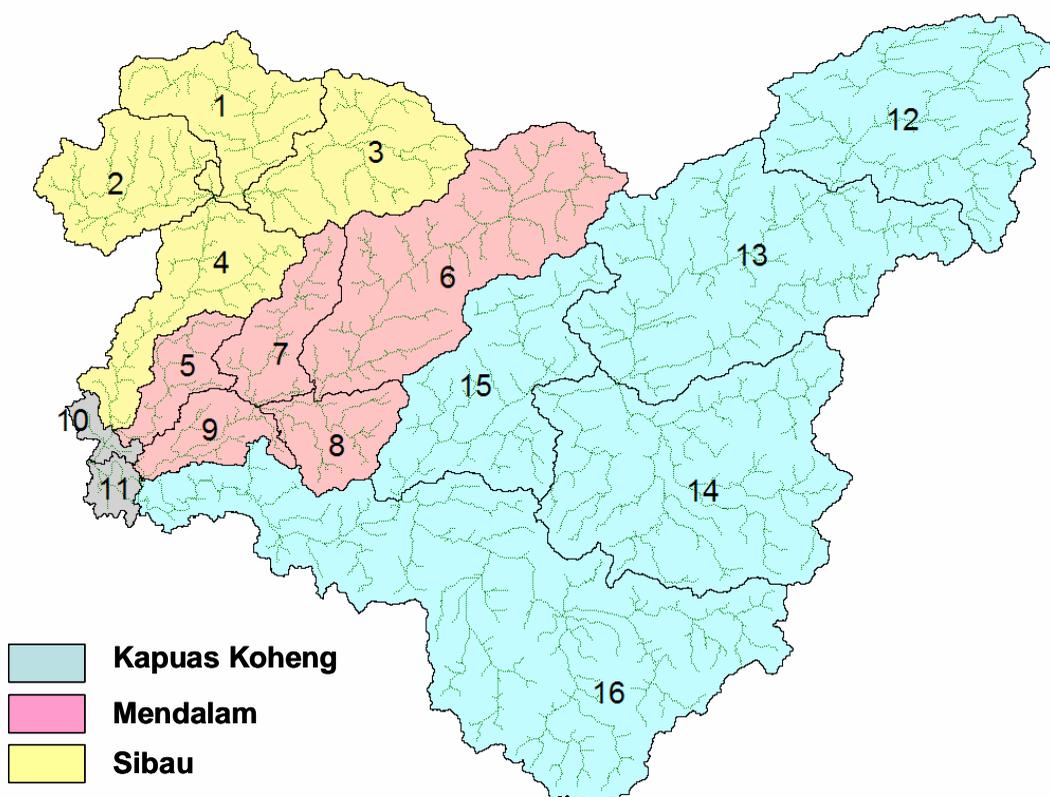
Tabel 8. Kondisi hamparan di sub-DAS Sibau, Mendalam dan Kapuas Koheng

	Sibau	Mendalam	Kapuas
Luasan area (km ²)	1907	1579	6315
Topografi	Rata – bergelombang		
Kemiringan	Datar - miring		
Penggunaan lahan	Hutan, tembawang, kebun karet, kebun campuran, lahan pertanian kering, semak	Hutan, tembawang, kebun karet, kebun campuran (karet, coklat dan buah-buahan), semak, lahan pertanian kering	Hutan, semak, kebun buah, lahan pertanian kering
Vegetasi sempadan	Banyak lahan terbuka	Banyak lahan terbuka	Kondisi bagus
Nama Desa	Hulu	Nanga Potan	Nanga Hovat
	Tengah	Tanjung Lasa, Tanjung Pandan	Pagung Uma', Suling, Teluk Telaga
	Hilir	Bua Manik, Panggilingan	Tanjung Karang, Semangkok, Nanga Sambus
Suku	Bukat, Kantu', Taman, Melayu, Iban	Bukat, Kayan, Taman, Melayu	Punan, Bukat, Suru, Taman, Melayu
Pemanfaatan sungai	Transportasi, lokasi pencarian ikan, sumber air minum, serta sarana mandi, cuci, kakus		
Sumber air	Sungai		Sungai, hujan, mata air
Kelompok tani	KSM Tangke sio mambele, Kelompok Lumut Berdaun	Bukit balio	None
Vegetasi yang ada	<p>Sayuran: sawi (<i>Brassica juncea</i>), jagung (<i>Zea mays</i>), timun (<i>Cucumis sativus</i>), kangkung (<i>Ipomoea reptans</i>), terong (<i>Solanum</i> sp.), kacang panjang (<i>Vigna sinensis</i>)</p> <p>Kebun: coklat (<i>Theobroma cacao</i>), karet (<i>Hevea brassiliensis</i>), merica (<i>Piper nigrum</i>), tengkawang (<i>Shorea</i> spp.), kayu belian (<i>Eusideroxylon zwageri</i>)</p> <p>Tembawang: durian (<i>Durio zibethinus</i>), rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>), langsung (<i>Lansium domesticum</i>), cempedak (<i>Artocarpus integer</i>), nangka (<i>Artocarpus heterophyllus</i>) dan kelengkeng (<i>Dimocarpus longan</i>)</p>	<p>Sayuran: timun, jagung, kacang tanah, kacang panjang</p> <p>Pohon-pohonan: coklat (<i>Theobroma cacao</i>), karet (<i>Hevea brassiliensis</i>)</p> <p>Tembawang: tengkawang (<i>Shorea</i> spp.), durian (<i>Durio zibethinus</i>), langsung (<i>Lansium domesticum</i>) rambutan (<i>Nephelium</i> sp.), kelengkeng (<i>Dimocarpus longan</i>)</p>	<p>Kebun: merica, karet, tembakau, tengkawang, buah-buahan, jahe (<i>Zingiber officinale</i>), kunyit (<i>Curcuma domestica</i>)</p> <p>[NTFP: rotan, damar (<i>Shorea</i> sp.), asam kandis (<i>Garcinia urophylla</i>), sengkayang (<i>Dracontomelon dao</i>)</p>

Delineasi batas sub-DAS dan DAS Kapuas Hulu

Luasan wilayah daerah Kapuas Hulu sangat besar. Untuk melakukan kajian dengan baik dan menyeluruh mengenai pengaruh penggunaan lahan terhadap neraca air, wilayah DAS perlu dibagi menjadi sub-catchment yang lebih kecil. Bahkan, untuk keperluan pemodelan, wilayah DAS Kapuas Hulu dibagi menjadi 16 sub-catchment.

Area yang menjadi fokus dalam studi ini adalah sub-DAS Sibau dan Mendalam, terutama Desa Sibau Hulu (sub-DAS 4) dan Desa Datah Dian (sub-DAS 9). Desa-desanya ini merupakan desa di daerah hulu dan di sekitar hamparan dimana perubahan lahan yang dilakukan oleh masyarakat lokal terjadi.



Gambar 10. Peta keenambelas sub-DAS di dalam DAS Kapuas Hulu.

Persoalan hidrologis di DAS Kapuas Hulu: perspektif masyarakat lokal dan pembuat kebijakan

Pengetahuan dan persepsi masyarakat lokal

Masyarakat dan pola penggunaan lahan

Masyarakat yang tinggal di DAS Kapuas Hulu sebagian besar berasal dari Suku Dayak dan sebagian kecilnya merupakan Suku Melayu. Suku Dayak yang ada di daerah ini terutama adalah Suku Dayak Pukat, Kantu', Tamambaloh, Taman dan Iban. Masing-masing suku memiliki budaya dan kehidupan sendiri yang sesuai dengan sejarah kedatangan mereka ke daerah ini⁶.

Lokasi pemukiman mereka berkaitan erat dengan pola penggunaan lahan yang ada serta sumber mata pencaharian, yang juga mempengaruhi persepsi dan pengetahuan mereka dalam mengelola sumber daya alam (Tabel 9). Pola penggunaan lahan juga berbeda antara daerah hulu dan hilir. Di daerah hulu, pola penggunaan lahan bersifat semi permanen, subsisten, dan tradisional. Sumber mata pencaharian masyarakat hulu bersumber pada kegiatan berburu dan mengumpulkan hasil hutan. Sebetulnya, berburu dan mengumpulkan hasil hutan memiliki hasil yang lebih besar namun tingkat ketidakpastiannya pun cukup tinggi.

Tabel 9. Karakteristik masyarakat di sepanjang DAS Sibau, Mendalam dan Kapuas Koheng berdasarkan posisi geografis.

	Hulu	Tengah	Hilir
Desa	Nanga Potan, Nanga Hovat, Nanga Bungan,	Tanjung Lasa, Padua, Nanga Balang, Matalunai	Sibau Hilir, Nanga Sambus, Semangkok, Dalinge
Suku	Pukat dan Punan	Kayan dan Taman	Kayan Taman, dan Melayu
Penggunaan lahan	Sistem agroforest tradisional dan lahan kering	Kebun karet dan pertanian semi permanen (lahan kering dan lahan basah)	Kebun karet dan pertanian semi permanen (lahan kering dan lahan basah) Kebun sayur
Mata pencaharian	Berburu dan pengumpul NTFP: gaharu (<i>Aquilarria sp.</i>), sarang burung walet, penambangan emas (Kapuas Hulu)	Pertanian lahan kering, Peternak Pedagang	Pertanian lahan kering, Peternak Pedagang
Aksesibilitas	Akses pasar terbatas Biaya transportasi tinggi	Akses pasar sedang Biaya transportasi sedang	Akses pasar bagus Biaya transportasi rendah

Sumber: pengamatan dan wawancara dalam survei LEK (December, 2006)

6 Mengenai masyarakat dayak di sekitar Taman Nasional Benuang Karimun selengkapnya dapat dilihat dalam Ngo M (1998).

Pengetahuan lokal

Masyarakat Dayak sangat percaya dengan isyarat alam ketika memulai pekerjaan. Seperti pada saat berladang mereka mempercayai suara burung tertentu sebagai indikator keberhasilan panen mereka.

(a) Hutan

Hutan memiliki fungsi ekologi dan fungsi ekonomi. Secara ekologi, hutan dipercaya oleh masyarakat dapat berfungsi sebagai daerah resapan air serta pencegah banjir dan longsor. Secara ekonomi hutan berfungsi sebagai penyedia kebutuhan kayu dan non kayu, serta areal untuk berburu dan mengumpulkan bahan obat-obatan.

Masyarakat Dayak memiliki aturan dalam kegiatan pengelolaan hutan. Pengambilan hasil hutan seperti kayu hanya diperbolehkan untuk keperluan rumah tangga dengan seijin tetua adat. Pelanggaran terhadap aturan ini akan dikenakan sanksi secara adat. Hanya jenis-jenis tanaman dan hewan tertentu yang boleh diambil.

(b) Tanaman, erosi, dan erosi sempadan sungai

Masyarakat memahami berbagai jenis pohon yang bernilai ekologi dan bermanfaat untuk ekonomi. Masyarakat menyebutkan bahwa *meranti*, *tengkawang* dan *durian* adalah jenis pohon yang memiliki perakaran kuat. *Bayuan*, *tebelian air*, *sengkuang (Dracontomelon dao)*, *rabug* dan *ensurai* merupakan jenis tanaman yang dapat mencegah longsor di tebing sungai. Pohon *Bungo* dan Rumput *araso* baik untuk mencegah terjadinya longsor.

Bagi masyarakat setempat, erosi dan longsor di tebing sungai disebabkan karena adanya penebangan di daerah hulu dan di sepanjang sempadan sungai. Hal ini juga dapat mengakibatkan berkurangnya pendapatan mereka.

(c) Tanah

Masyarakat memahami berbagai jenis tanah dan sifat-sifatnya yang dapat diobservasi secara langsung oleh petani. Pemahaman ini menjadi dasar pemilihan lokasi dan penerapan pola budidaya pertanian masyarakat. Pola pertanian yang diterapkan masyarakat sangat terkait dengan kondisi kesuburan tanahnya. Petani sangat memahami bahwa untuk dapat memperoleh hasil panen yang mencukupi, mereka harus menerapkan sistem ladang berpindah atau gilir balik. Pengusahaan tanah selama satu tahun menyebabkan kesuburan tanah semakin merosot sehingga untuk perladangan berikutnya mereka harus mengistirahatkan lahan lama (bera) dan mencari lahan baru. Lahan lama yang ditinggalkan akan dibuka kembali lima tahun kemudian, setelah kesuburan tanahnya pulih kembali.

Tanah yang subur berwarna hitam, biasanya ditemukan di sekitar sungai dan di bagian hulu. Jenis tanah ini dapat menghasilkan air yang bening. Tanah ini disebut tanah *tulin*, dan biasanya ditandai dengan tanaman *bengkinai (Hopea sp.)* serta *meranti (Shorea sp.)*. Tanah berbatu dan tanah yang berwarna kemerahan atau kekuningan umumnya tidak subur dan hanya mengandung sedikit air. Tanah gambut tidak subur dan mengeluarkan air yang berwarna hitam kemerahan. Umumnya ditemukan di daerah hilir. Tanah jenis lain yang bersifat kurang subur adalah tanah *gugup*, yang umumnya ditumbuhi oleh paku-pakuan (resam) dan ilalang. Tanah ini bersifat panas dan kering serta sulit untuk diolah.

Tabel 10. Klasifikasi tanah berdasarkan persepsi dan pengetahuan masyarakat lokal

Jenis tanah	Tanah hitam kemerahan: tanah gambut	Tanah liat atau tanah putih	Tanah hitam
Indikator (tanaman)	Jenis tumbuhan kayu keras Rengas (<i>Gluta</i> sp.), Jelutung (<i>Dyera costulata</i>),	Jambu monyet (<i>Anacardium occidentalea</i>), Resam,	Jenis tumbuhan kayu lunak: Manyam, Bungur (<i>Lagerstroemia</i> sp.), Bengkirai (<i>Hopea</i> sp.), Leban (<i>Vitex</i> sp.), Bongut, Mahang (<i>Macaranga</i> sp.), Keniung,
Warna	Hitam kemerahan	Putih agak kekuningan	Hitam kecoklatan dan kekuningan
Ciri-ciri	Kurang mengandung air dan humus	Berpasir, berbatu, kurang mengandung air	Gembur, mengandung air, mudah longsor
Kesuburan	Kurang subur	Tidak subur	Subur
Lokasi	-	Dataran tinggi	Tanah datar (dataran rendah)
Kesesuaian tanah	Karet	<i>Tengkawang</i>	Pertanian ladang

Sumber: pengamatan dan wawancara dalam survei LEK (December, 2006)

(d) Banjir

Pada umumnya masyarakat melihat bahwa berkurangnya tutupan lahan merupakan penyebab banjir selain dari curah hujan yang tinggi. Namun, sebagian masyarakat yang lain juga menyatakan bahwa peristiwa banjir ini secara alami memang sudah seringkali terjadi sejak belum maraknya penggundulan hutan.

Banjir umumnya terjadi sekali dalam setahun, dan biasanya pada bulan Oktober sampai Desember setelah musim *tengkawang* berbuah.

Masalah hidrologi

Tabel 11 menyajikan berbagai permasalahan hidrologis dari persepsi masyarakat lokal di tiga sub-DAS Sibau, Mendalam, dan Kapuas Koheng. Secara umum, masalah hidrologi diantara mereka hampir sama, berkaitan dengan kuantitas dan kualitas air sungai, khususnya masalah fluktuasi debit, kekeruhan, polusi, erosi, dan longsor di tebing sungai.

Faktor-faktor penyebabnya meski ada perbedaan antar sub-DAS namun secara umum hampir sama. Di Sibau dan Mendalam, masyarakat menyatakan bahwa pembuatan jalur pintas (*shortcut*) menyebabkan sedimentasi. Adanya konsesi kepada suatu perusahaan penebangan di Mendalam menjadi permasalahan baru bagi masyarakat Mendalam (<http://www.kompas.com/ver1/Dikbud/0703/26/174657.htm>). Sedangkan permasalahan di wilayah Kapuas Koheng adalah adanya pertambangan dan penebangan skala kecil.

Tabel 11. Masalah hidrologi berdasarkan persepsi masyarakat di Sibau, Mendalam, Kapuas Koheng

	Sibau	Mendalam	Kapuas
Masalah hidrologi	Fluktuasi debit (kedalaman sungai), kekeruhan, polusi, erosi dan longsor tebing sungai, sedimentasi		
	Pelebaran sungai		
Penyebab	Penebangan, curah hujan tinggi, over fishing (racun)		
	Sampah domestic dan kayu	Pembuatan jalur pintas	Penambangan emas (mesin jack)
	Struktur tanah (berpasir)	Degradasi lahan (sempadan area)	Struktur tanah (rawan erosi)
	Degradasi lahan (sempadan area)		
Dampak	Masalah transportasi, populasi dan keragaman ikan berkurang, penyakit perut, dll		
	Kekeruhan, sedimentasi	Pelebaran sungai, longsor tebing sungai	Pelebaran sungai, longsor tebing sungai, kelangkaan air bersih
Upaya yang dilakukan	Kesepakatan perlindungan hutan	Forum komunikasi masyarakat adat DAS Mendalam Danau Sadong sebagai danau lindung Larangan setrum, tuba dan racun ikan Kesepakatan masyarakat melayu Sambus untuk larangan (i) racun, (ii) membuka lahan pemuda tanpa ijin, khususnya bagi orang luar	-
Apa yang perlu dilakukan	Penanaman pohon Belian (<i>Eusideroxylon zwageri</i>), Pengembangan sistem kebun karet campur (coklat, pisang, kopi) Larangan menebang di areal <i>Tembawang</i> dan sempadan sungai, Penanaman pohon di sempadan sungai dan pembuatan 'barao' pencegah longsor, Tidak ada konsesi hutan dan penguatan hukum adat,	Penanaman pohon di sempadan sungai, Larangan menebang di areal <i>Tembawang</i> dan sempadan sungai, Tidak ada konsesi hutan, dan penguatan hukum adat, Pelarangan penggunaan racun untuk menangkap ikan, Pengembangan komuniti, Pengawasan hutan dan sumber air.	Pengembangan komuniti, Penyediaan air bersih, Kolaborasi dengan Taman Nasional dan pemberian kompensasi, Penanaman karet, Informasi terbuka dari pemerintah mengenai peraturan.



Gambar 11. Areal Danau Sadong sebagai danau lindung.

Pembuat kebijakan: persepsi dan pengetahuan mengenai fungsi DAS

Analisa stakeholder: kepentingan dan posisi

Analisa stakeholder menunjukkan kurangnya kerjasama yang terintegrasi antar berbagai institusi yang mengelola DAS Kapuas Hulu. Pada Tabel 12 disajikan beberapa institusi di Kapuas Hulu, peran dan kepentingannya.

Tabel 12. Analisa kepentingan dan peran stakeholder dalam pengelolaan DAS

Stakeholder	Peran dalam pengelolaan DAS	Fungsi DAS terhadap kepentingan stakeholder	Peran stakeholder dalam pengelolaan DAS	Score
Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Propinsi Kalimantan Barat	Pendukung	3	4	7
Bappeda DT I Propinsi Kalimantan Barat	Pendukung dan Pembuat kebijakan	3	4	7
Bapedalda DT I Propinsi Kalimantan Barat	Pengontrol, Pendukung dan Pembuat kebijakan	4	4	8
Balai Konservasi Sumber Daya Alam Kalimantan Barat	Pengontrol	4	4	8
Badan Pengelola Daerah Aliran Sungai Kapuas	Pengontrol, Pendukung	4	5	9
Dinas Kehutanan Propinsi Kalimantan Barat	Pengontrol, Pendukung dan Pengorganisasi	4	5	9
Dinas Pertambangan	Pengontrol, Pendukung	3	4	7
Masyarakat penyedia jasa lingkungan	Penyedia jasa	5	5	10
Masyarakat pengguna jasa lingkungan	Pemanfaat jasa	3	5	8
LSM	Pengorganisasi	3	4	7
PDAM Kabupaten Kapuas Hulu	Pemanfaat jasa	5	3	8
Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kapuas Hulu	Pendukung dan Pembuat kebijakan	3	4	7
Dinas Perhubungan Kabupaten Kapuas Hulu	Pemanfaat jasa dan Pengontrol	4	4	8
Dinas Energi Sumber Daya Mineral dan Lingkungan Hidup (ESDMLH) Kabupaten Kapuas Hulu	Pengontrol dan Pembuat kebijakan	3	5	8
Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Kapuas Hulu	Pengontrol, Pengorganisasi dan Pembuat kebijakan	3	5	8

Stakeholder	Peran dalam pengelolaan DAS	Fungsi DAS terhadap kepentingan stakeholder	Peran stakeholder dalam pengelolaan DAS	Score
Dinas pertanian dan irigasi Kabupaten Kapuas Hulu	Pengontrol, Pendukung dan Pengorganisasi	4	4	8
Dinas Pekerjaan Umum dan Prasarana Wilayah Kabupaten Kapuas Hulu	Pendukung	3	4	7
Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kapuas Hulu	Pendukung	-	-	-
Balai Taman Nasional Betung Kerihun	Pendukung dan Pengorganisasi	4	5	9

Note: 1= tidak penting, 2 = kurang penting, 3 = cukup penting, 4 = penting, 5 = sangat penting. Sumber: interview dan literature

Masalah hidrologi

Masalah hidrologi yang menjadi perhatian para pembuat kebijakan dan berkaitan dengan masalah kualitas dan kuantitas air diuraikan sebagai berikut:

(a) Fluktuasi debit, erosi dan sedimentasi

Serupa dengan temuan dalam pengetahuan lokal, masalah hidrologi utama yang ditemukan pada level para pembuat kebijakan (propinsi dan kabupaten) adalah fluktuasi debit dan permukaan air (*water level*). Hampir semua narasumber yang diwawancarai menyatakan bahwa penebangan menjadi faktor penyebabnya. Penebangan tersebut menyebabkan (i) berkurangnya debit air sungai dan (ii) meningkatnya sedimentasi di sungai (karena adanya erosi), juga menyebabkan pendangkalan sungai.

Berkurangnya permukaan air mengakibatkan masalah yang serius dalam hal transportasi karena transportasi merupakan kebutuhan vital bagi masyarakat setempat untuk bepergian ke hulu dan ke hilir serta berkaitan erat dengan kepentingan ekonomi masyarakat.

(<http://www.kompas.com/ver1/nusantara/0610/06/165140.htm>).

Dinas transportasi menyatakan bahwa pada saat air sungai surut, kapal dengan kapasitas di atas 10 ton tidak dapat mencapai Putussibau. Hal ini mengakibatkan terhambatnya distribusi barang, makanan dan bahan bakar, meningkatnya harga barang dan masalah listrik

(<http://www.kompas.com/ver1/nasional/0608/01/185031.htm>).

Para pembuat kebijakan menyatakan bahwa penebangan dan penambangan serta perubahan lahan hutan ke sistem lahan lain menjadi penyebab masalah hidrologi. Pembuatan jalur pintas juga menambah permasalahan ini. Jalur pintas ini dapat terbentuk secara alami maupun sengaja dibuat untuk mengurangi biaya bahan bakar serta mengatasi terjadinya banjir.

Tabel 13. Pengukuran erosi dan konsentrasi sedimen di sekitar Taman Nasional Betung Kerihun

Catchment	Luasan (km ²)	Erosi (ton/ha/tahun)	Konsentrasi sedimen (mg/l)
Mendalam	1685	Tahun 1986-2004: 2	Tahun 1986-2004: 25
		Tahun 2005 : 3	Tahun 2005: 31
Sibau	1472	Tahun 1986-2004: 2	Tahun 1986-2004: 6
		Tahun 2005 : 4	Tahun 2005: 9
Kapuas Koheng	5992	Tahun 1986-2004: 1	Tahun 1986-2004: 5
		Tahun 2005 : 2	Tahun 2005: 9

Sumber: Dinas Kehutanan, 2006

Tabel 13 menyajikan beberapa pengukuran erosi tanah dan sedimentasi di beberapa titik di Kapuas Hulu. Pengukuran sedimentasi di sekitar Taman Nasional masih dibawah ambang sebagaimana yang direkomendasikan oleh WHO yaitu 1500 mg/l (Widjarnarto A.B. *et al*, 2005). Hal ini dapat terjadi karena titik pengukuran dilakukan berbatasan dengan kawasan taman nasional. Angka ini menunjukkan bahwa sampai tahun 2005, Taman nasional telah berperan baik dalam menjaga fungsi DAS. Namun demikian, masih terjadi peningkatan erosi dan sedimentasi dari tahun 2004 ke tahun 2005.

Diperkirakan, di beberapa lokasi tertentu, longsor tebing sungai bisa mencapai 3 m, dengan kedalaman vertikal sekitar 1– 2.5 m (Dinas Kehutanan, 2006). Berkurangnya tutupan hutan dikatakan menjadi penyebab meningkatnya sedimentasi, erosi, dan berkurangnya debit sungai.



Gambar 12. Longsor tebing sungai di sepanjang sungai di Kapuas Koheng (kiri) dan Sibau (kanan)

(b) Kekeruhan

Masalah kualitas air merupakan permasalahan yang juga diangkat oleh para pembuat kebijakan di Kapuas Hulu, khususnya PDAM. Di DAS Sibau dan Mendalam, masalah kekeruhan tampak menonjol. Aktivitas penebangan menyebabkan tingginya limpasan permukaan dan membawa banyak sedimen ke dalam sungai. Penebangan di Sibau dan Mendalam mulai terjadi pada sekitar tahun 1980. Aktivitas penambangan yang menghasilkan lumpur dan mengalir ke sungai menyebabkan tingginya sedimentasi di sungai (Gambar 13). Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa keruhnya sungai di sekitar Putusibau, terutama setelah hujan, tidak sesuai dengan rendahnya konsentrasi sedimen sebagaimana diukur oleh Dinas Kehutanan. Namun, hal ini dapat dimungkinkan karena tempat dan waktu pengukuran sangat berpengaruh terhadap nilai konsentrasi sedimen.



Gambar 13. Penumpukan sampah kayu di tepi sungai menyebabkan tidak stabilnya debit sungai (kiri). Penambangan emas semi mekanik di tepian sungai menambah kekeruhan dan polusi di sungai (kanan)

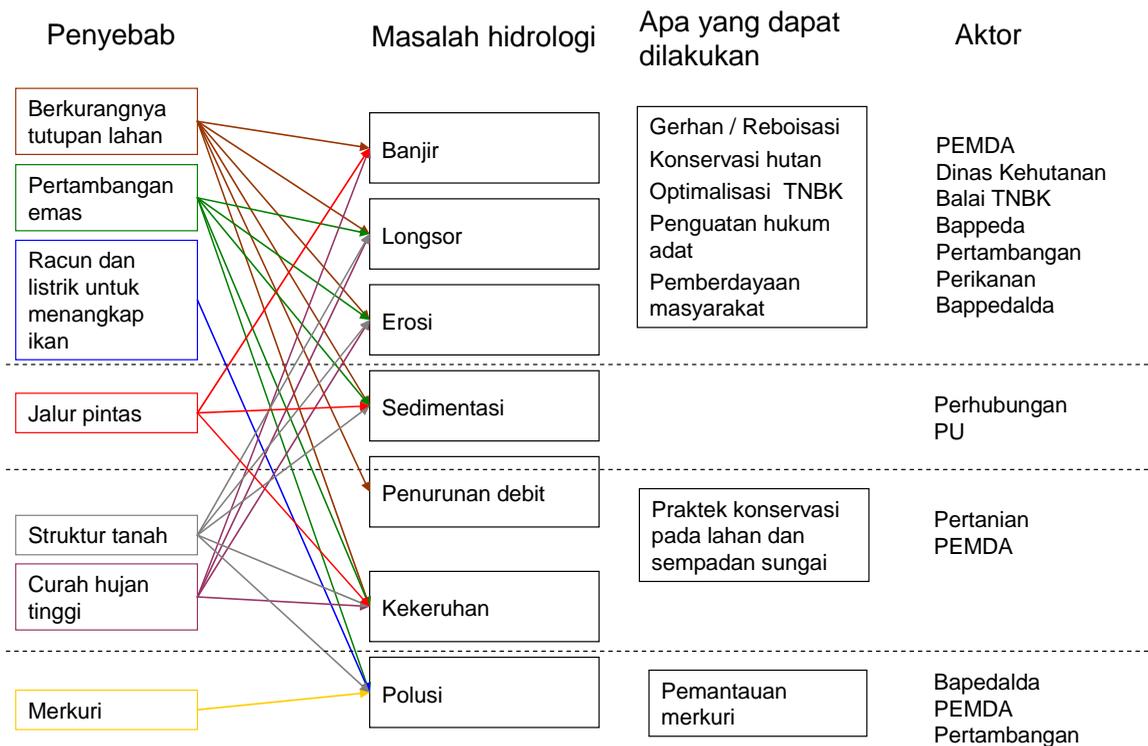
4.2.2.3. Polusi: Merkuri dan Racun

Kandungan merkuri di Sungai Kapuas sangat tinggi. Di Pontianak, ibu kota propinsi Kalimantan Barat, sekitar 750 km ke arah hilir dari Putussibau (KOMPAS, Jum'at 04 Agustus 2006) konsentrasi merkuri yang terendah mencapai 3 ppb (*part per bilion*) bahkan mencapai 40 – 100 ppb di titik lain. Angka tersebut lebih tinggi dari nilai ambang sebagaimana direkomendasikan yaitu 1 ppb (Peraturan Pemerintah No. 20/1990) (KCM, Kompas, Kamis, 02 Desember 2004, Equator online, 20 November 2000). PDAM Pontianak telah memperingatkan pelanggannya untuk tidak mengkonsumsi air tersebut untuk minum dan memasak. Sebagian besar masyarakat di Pontianak membeli air atau menampung air hujan sebagai sumber air minum mereka. Di Putussibau, konsentrasi merkuri mencapai 0.5 – 1 ppb (Widjarnarto A.B. *et al*, 2005).

Kegiatan penambangan dianggap merupakan penyebab tingginya kandungan merkuri ini. Dari survei yang dilakukan oleh Universitas Tanjungpura ditemukan bahwa ikan yang terdapat di sungai (lais, belidak, toman, gabus dan baung) sudah terkontaminasi dan tidak aman untuk dikonsumsi.

Sumber polusi lainnya adalah penggunaan racun untuk menangkap ikan. Selain menyebabkan kepunahan ikan, hal ini juga dapat mengakibatkan penyakit terutama bagi masyarakat yang mengkonsumsi ikan tersebut serta menggunakan air tersebut untuk keperluan mandi dan mencuci. Penyakit diare banyak terjadi sepanjang tahun di daerah ini.

Gambar 14 merangkum beberapa persepsi para stakeholder mengenai persoalan hidrologi yang ditemui di Kapuas Hulu dan juga faktor penyebabnya. Para stakeholder juga menyatakan beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah ini dan siapa saja yang perlu dilibatkan dalam upaya tersebut.



Gambar 14. Diagram intisari persepsi para pembuat kebijakan di tingkat propinsi dan kabupaten mengenai masalah hidrologi, penyebab dan upaya yang perlu dilakukan.

Imbal jasa lingkungan: persepsi pembuat kebijakan dan publik

Semua stakeholder sepakat bahwa masalah utama dalam upaya pengembangan imbal jasa lingkungan adalah ‘persoalan hidrologi yang sangat penting’ dan ‘siapa yang akan menyediakan jasa tersebut’. Mereka beranggapan bahwa pembayaran tersebut harus langsung dilakukan kepada penyedia jasa serta mekanisme pembayarannya harus transparan.

Tabel 14 dan Tabel 15 menyajikan persepsi para pembuat kebijakan mengenai imbal jasa lingkungan yang dapat dikembangkan di Kabupaten Kapuas Hulu. Persepsi ini merupakan persepsi umum para pembuat kebijakan di areal tersebut yang berkaitan dengan jasa lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa instansi pemerintahan telah memahami mengenai jasa lingkungan dan potensi pengembangan imbal jasa lingkungan di area ini.

Tabel 14. Potensi PES dari pemahaman hidrologi sebagaimana dideskripsikan oleh para pembuat kebijakan di Kapuas Hulu

Penyedia	Pemanfaat	Kegiatan	Jasa lingkungan	Mekanisme
Masyarakat di sepanjang DAS	Masyarakat di sepanjang DAS	Pengelolaan lahan yang baik dengan teknik konservasi Pelarangan penebangan di sempadan sungai	Perlindungan sempadan sungai untuk mencegah erosi dan menjaga kualitas air	Pengembangan kapasitas dan pengetahuan: pengelolaan lahan yang baik dan teknik konservasi, Meningkatkan produktivitas <i>tembawang</i> Kerjasama pengelolaan wilayah adat
Masyarakat hulu	PDAM, pengguna air	Perlindungan sungai dari penambangan, penebangan, dan penggunaan racun untuk menangkap ikan Rehabilitasi sempadan sungai	Suplai air bersih secara berkesinambungan	Pembayaran dari PDAM/pengguna air
Masyarakat di sepanjang DAS	Dinas Kehutanan dan Perkebunan	Rehabilitasi lahan yang terdegradasi dengan tanaman bernilai ekonomis dan ekologi Rehabilitasi sempadan sungai dan tanah miring	Menjaga fungsi perlindungan lansekap Mendukung program pemerintah dalam rehabilitasi lahan terdegradasi	Pengembangan kapasitas: pengelolaan kebun karet dan pohon
Masyarakat di sepanjang DAS	Dinas Perhubungan	Rehabilitasi sempadan sungai dan tanah miring	Melindungi sungai dari sedimentasi	Retribusi angkutan sungai
Masyarakat di sepanjang DAS	Balai Taman Nasional Betung Kerihun	Konservasi flora dan fauna yang dilindungi di kawasan masyarakat (sebagai nilai tambah di luar kawasan taman nasional)	Pengamanan wilayah dan keragaman hayati Nilai tambah untuk ekowisata Perlindungan flora dan fauna	Tidak disebutkan
Kapuas Hulu	Kalimantan Barat	Tidak disebutkan	Sungai yang bersih	Pembayaran dari masyarakat hilir
Kapuas Hulu	Dunia	Perlindungan hutan alami	Karbon Keragaman hayati	CDM

Beberapa informan menyatakan bahwa kompensasi dapat berupa pembangunan infrastruktur seperti mendirikan sekolah, mesjid atau gereja, atau dalam penyediaan air bersih. Dapat juga berupa pengembangan kapasitas masyarakat lokal dan petani khususnya, atas pengelolaan lahan yang lebih baik termasuk juga penerapan teknik konservasi lahan.

Para stakeholder juga memahami pentingnya menjaga DAS sebagai daerah konservasi. Melibatkan masyarakat dalam upaya ini sangatlah penting, hal ini dapat dilakukan dengan penguatan hukum adat. Kerjasama yang baik antar masyarakat dalam berbagai suku juga sangat penting dilakukan untuk menghindari terjadinya konflik.

Tabel 15. Skema jasa lingkungan berdasarkan masalah hidrologi atas perspektif stakeholder

Jasa lingkungan	Aktivitas	Penyedia	Indikator	Pemanfaat
Suplai air	Perlindungan sempadan dan penanaman pohon	Mendalam, Sibau, Kapuas	Kualitas air dan jumlah air yang memadai	PDAM Putussibau, Masyarakat perkotaan, Transportasi
Konservasi DAS	Praktek konservasi, perlindungan hutan dan danau	Bagian hulu Mendalam, Sibau, Kapuas	Berkurangnya sedimentasi Meningkatnya infiltrasi Kesuburan tanah Debit air stabil	Dinas Kehutanan, petani hilir, pemerintah lokal, PDAM, TNBK
Keindahan lansekap	Konservasi hutan Penguatan hukum adat	Sibau dan Kapuas Hulu	Ekowisata	Pemerintah lokal, Dinas Pariwisata, peneliti (ilmuwan), masyarakat global, TNBK
Keragaman hayati	Hutan lindung, Danau lindung, Penguatan hukum adat	Sibau dan Kapuas Hulu	Flora dan fauna Rekreasi (Ekowisata) Konservasi spesies langka	Dinas Kehutanan, Dinas Pariwisata, pemerintah lokal, TNBK
Karbon	Sistem Agroforestri Konservasi Hutan Penguatan Hukum adat	Mendalam, Sibau, Kapuas Hulu	Tutupan lahan	Dinas Kehutanan, Dinas Pariwisata, pemerintah lokal, TNBK

Sumber: observasi dan interview

Ekowisata merupakan salah satu potensi jasa lingkungan yang banyak disebutkan terutama oleh para pembuat kebijakan. Mereka menyadari bahwa ekowisata dapat menjadi sumber ekonomi yang potensial disamping itu mereka tahu bahwa Kabupaten Kapuas Hulu memiliki nilai jual yang baik dalam hal keragaman hayati dan sejumlah atraksi lokal atau budaya. Namun demikian, beberapa aspek yang perlu diperhatikan sejalan dengan konsep ekowisata adalah aspek keamanan, kebersihan, ketersediaan air bersih, keindahan lansekap, penguatan budaya dan kearifan masyarakat, pemberdayaan usaha kecil dan menengah untuk memasarkan produk tradisional masyarakat, dan lain-lain.



Gambar 15. Sistem penjernihan air yang dilakukan oleh masyarakat (atas) dan PDAM (bawah) untuk mengatasi masalah rendahnya kualitas air.

Neraca air DAS Kapuas Hulu

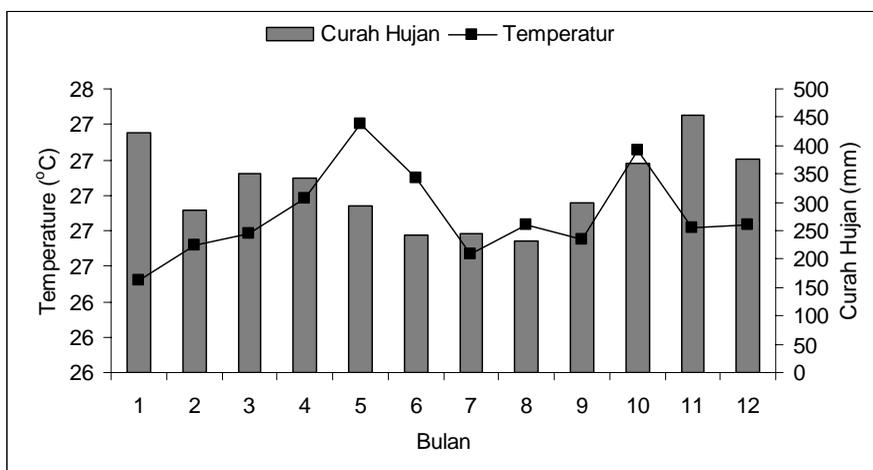
Debit sungai DAS Kapuas Hulu

Data debit air sungai Kapuas yang digunakan untuk validasi model adalah data yang diukur di Sanggau, sekitar 590 km ke arah hilir kota Putussibau. Untuk menentukan besarnya debit sungai DAS Kapuas dilakukan perhitungan berdasarkan hasil perbandingan debit sungai per satuan luas daerah tangkapan air diantara kedua tempat tersebut. Adapun langkah-langkah perhitungan debit sungai tersebut dapat dilihat dalam Lampiran 2.

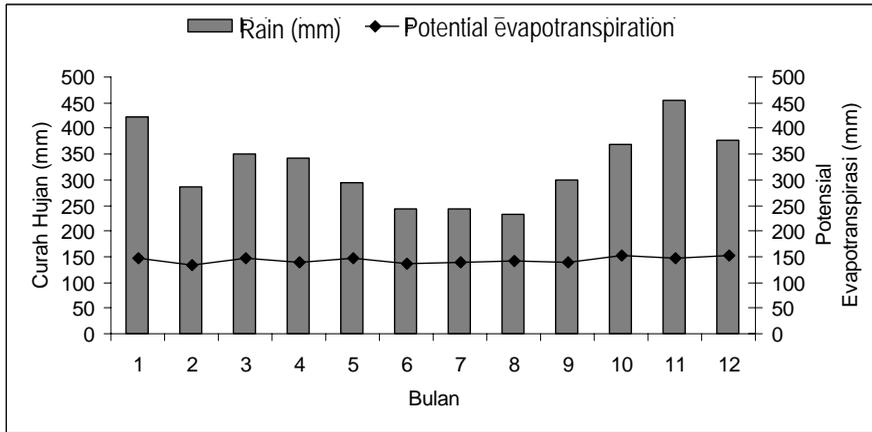
Klimatologi

DAS Kapuas Hulu termasuk daerah yang memiliki curah hujan tinggi. Besarnya curah hujan bervariasi antara 3300-4700 mm per tahun, dengan rata-rata sebesar 4100 mm. Demikian pula bila dilihat dari pola rata-rata bulanan juga menunjukkan bahwa DAS Kapuas Hulu merupakan daerah yang relatif basah sepanjang tahun (Gambar 16). Curah hujan tertinggi jatuh pada bulan November dan Desember sedangkan curah hujan terendah terjadi pada bulan Maret yaitu sekitar 300 mm.tahun⁻¹.

Suhu udara rata-rata bulanan berkisar antara 26-27°C, dengan evapotranspirasi potensial sebesar 1720 mm per tahun (Gambar 17).



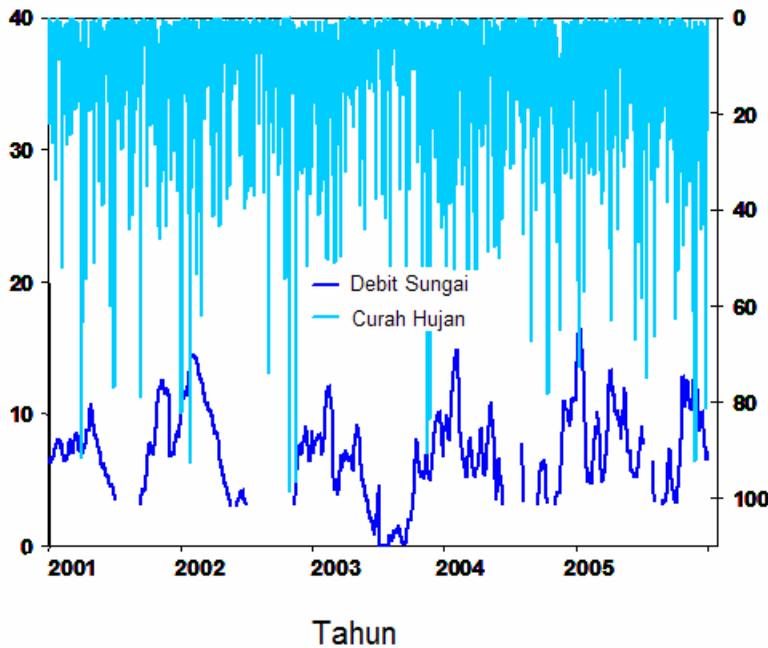
Gambar 16. Pola curah hujan bulanan di DAS Kapuas Hulu tahun 2001 – 2005.



Gambar 17. Curah hujan bulanan dan evapotranspirasi potensial di DAS Kapuas Hulu

Pola aliran sungai dan pola curah hujan di DAS Kapuas Hulu

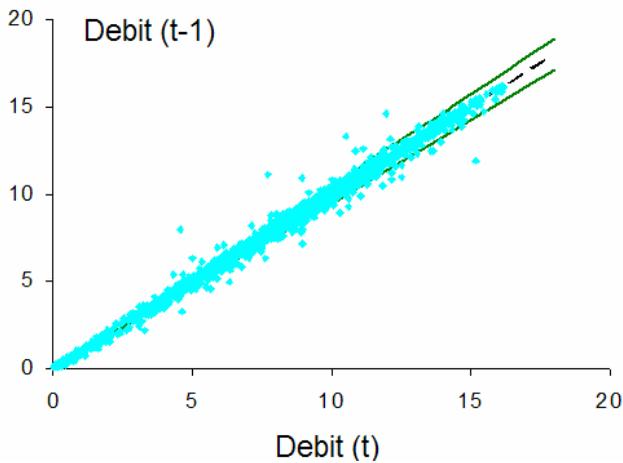
Pola aliran sungai di DAS kapuas hulu menunjukkan kesesuaian dengan pola distribusi curah hujan (Gambar 18). Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa bulan kering terjadi pada bulan Juli sampai Agustus dengan debit sungai yang lebih stabil.



Gambar 18. Curah hujan harian dan pola debit Sungai Kapuas tahun 2001-2005

Gambar 19 menunjukkan kurva persistensi arus sungai, yaitu bentuk hubungan antara debit sungai hari ini (t) dengan debit sungai hari sebelumnya ($t-1$). Tujuan pembuatan kurva ini adalah untuk memperoleh pemahaman tentang seberapa besar tingkat kestabilan (*persistence*) debit sungai. Dalam hal ini kestabilan dinyatakan dalam bentuk seberapa besar debit sungai pada hari tertentu (t) merupakan fraksi dari debit hari sebelumnya ($t-1$). Debit Sungai Kapuas (yang diukur) di Sanggau, terletak di daerah hilir Danau Sentarum. Sehingga debit sungai di tempat pengukuran ini relatif stabil karena tersangga dengan baik oleh Danau Sentarum.

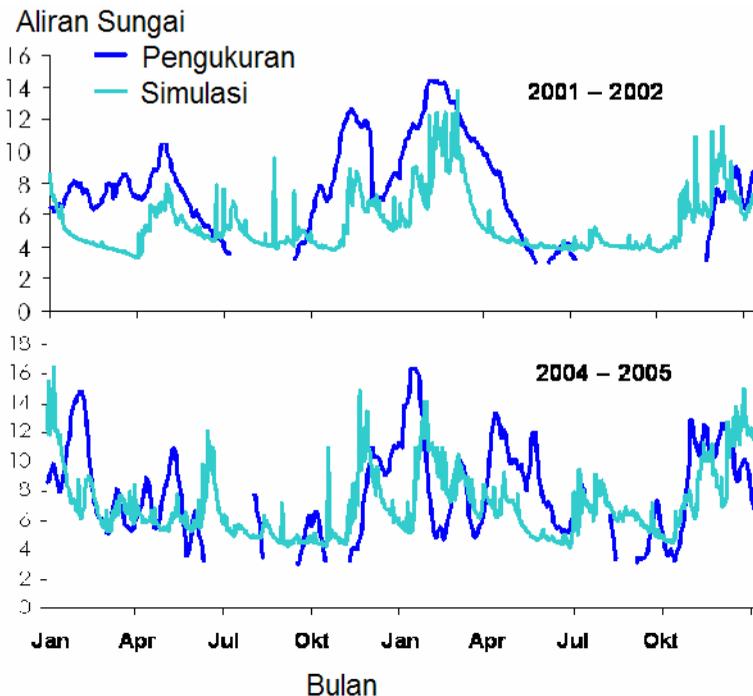
Terlihat pada Gambar 19 bahwa kurva persistensi hampir segaris dengan garis 1:1, yang berarti bahwa debit sungai Kapuas Hulu sangat stabil. Bahkan ketika tidak ada curah hujan, pengurangan debit sungai tidak lebih dari 5% dari debit hari sebelumnya.



Gambar 19. Persistensi aliran Sungai Kapuas tahun 1996 – 2005 pada tingkat perbandingan 95%, 100 % dan 105 %.

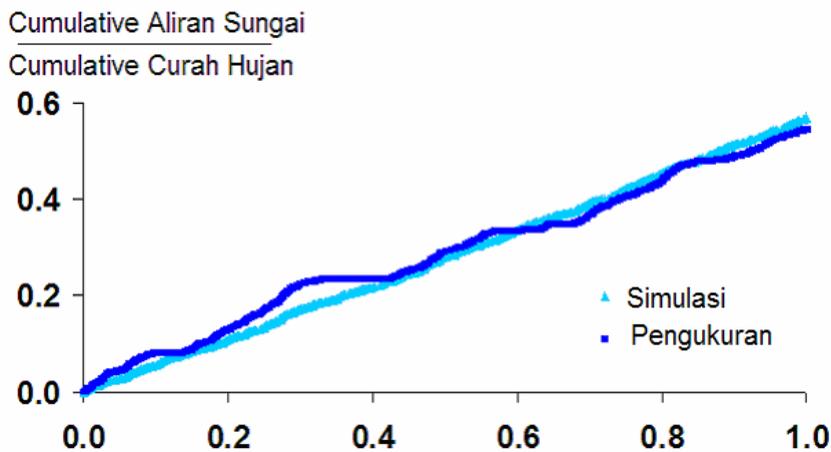
Kalibrasi model GenRiver untuk penilaian kondisi hidrologi DAS Kapuas Hulu

Neraca air DAS Kapuas Hulu dihitung dengan menggunakan model GenRiver. Langkah pertama dalam melakukan pemodelan tersebut adalah menentukan input simulasi model (parameterisasi) dan menyesuaikan nilai input model sesuai dengan kondisi DAS Kapuas Hulu. Selengkapnya langkah parameterisasi model tersebut dapat dilihat dalam Lampiran 3.



Gambar 20. Hidrograf aliran sungai Kapuas tahun 2001 – 2002 dan 2004 – 2005: Pengukuran vs simulasi. Hasil Kalibrasi menunjukkan bahwa GenRiver dapat menangkap pola aliran sungai Kapuas.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa GenRiver dapat menangkap pola musiman aliran sungai (Gambar 20 dan Gambar 21), namun model masih belum dapat mendekati beberapa debit puncak. Sebagai contoh, hasil simulasi pada periode tahun 2001-2002 dan 2004-2005, menunjukkan kecenderungan musiman yang sesuai dengan hasil pengukuran. Hasil simulasi menunjukkan bahwa daya sangga debit DAS Kapuas Hulu (sebelum Danau Sentarum) lebih rendah daripada daya sangga debit pengukuran (setelah Danau Sentarum). Ini disebabkan oleh perbedaan lokasi pengukuran lapangan dengan lokasi daerah yang dimodelkan. Terdapat perbedaan waktu sekitar 2-3 hari antara curah hujan puncak di DAS Kapuas Hulu dengan debit sungai puncak yang terukur di Sanggau. Ini setara dengan kecepatan aliran sungai sebesar perbedaan waktu 2-3 hari antara puncak hujan di DAS Kapuas dan puncak debit pengukuran 10 km/jam.

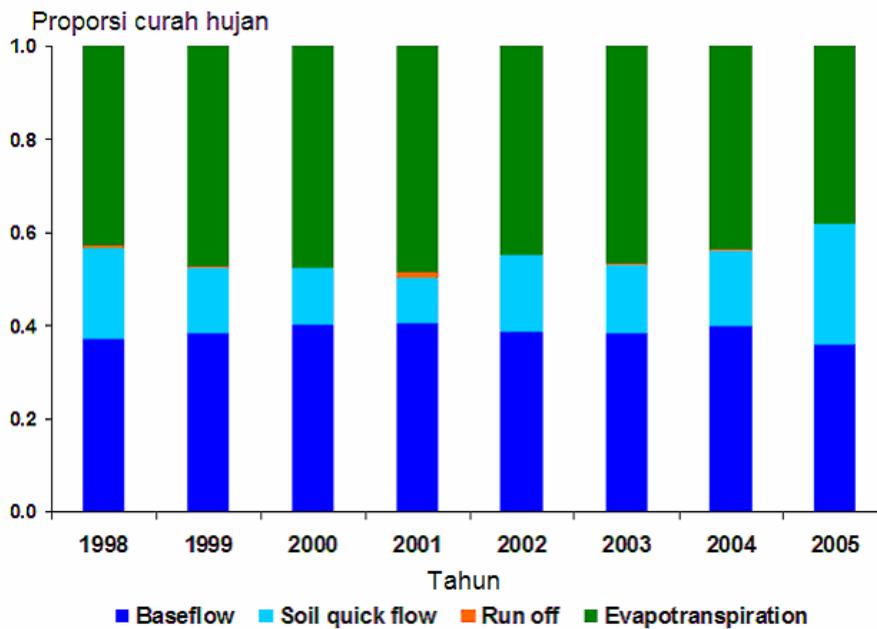


Gambar 21. Hubungan Curah Hujan dan Aliran Sungai of Kapuas: Pengukuran vs. simulasi. Hasil simulasi model menunjukkan sedikit perbedaan pada saat debit puncak.

Neraca air DAS Kapuas Hulu

Gambar 22 dan Tabel 16 menunjukkan neraca air di DAS Kapuas Hulu dalam bentuk proporsi perbandingan dengan besarnya curah hujan tahunan yang dihitung selama 8 tahun. Hasil menunjukkan bahwa evapotranspirasi berkisar antara 40-50%, aliran dasar (*base flow*) cukup stabil sebesar 35-40%. Sedangkan limpasan permukaan (*run off*) dalam keseluruhan DAS (9800 km²) sangat rendah yaitu kurang dari 1%. Hasil neraca air secara keseluruhan di DAS Kapuas Hulu menunjukkan fungsi DAS di area tersebut masih cukup baik.

Perkiraan rendahnya limpasan ini sesuai dengan rendahnya konsentrasi sedimen yang terukur di sungai tersebut (Tabel 13). Namun demikian, hasil pengamatan di sejumlah titik sungai tidak menunjukkan kondisi yang sama. Sehingga, penilaian neraca air perlu dilakukan pada area yang lebih kecil (sub-catchment) untuk menangkap permasalahan secara lebih mendetail.



Gambar 22. Perhitungan Neraca air tahunan selama 8 tahun periode di DAS Kapuas Hulu dalam bentuk proporsi curah hujan

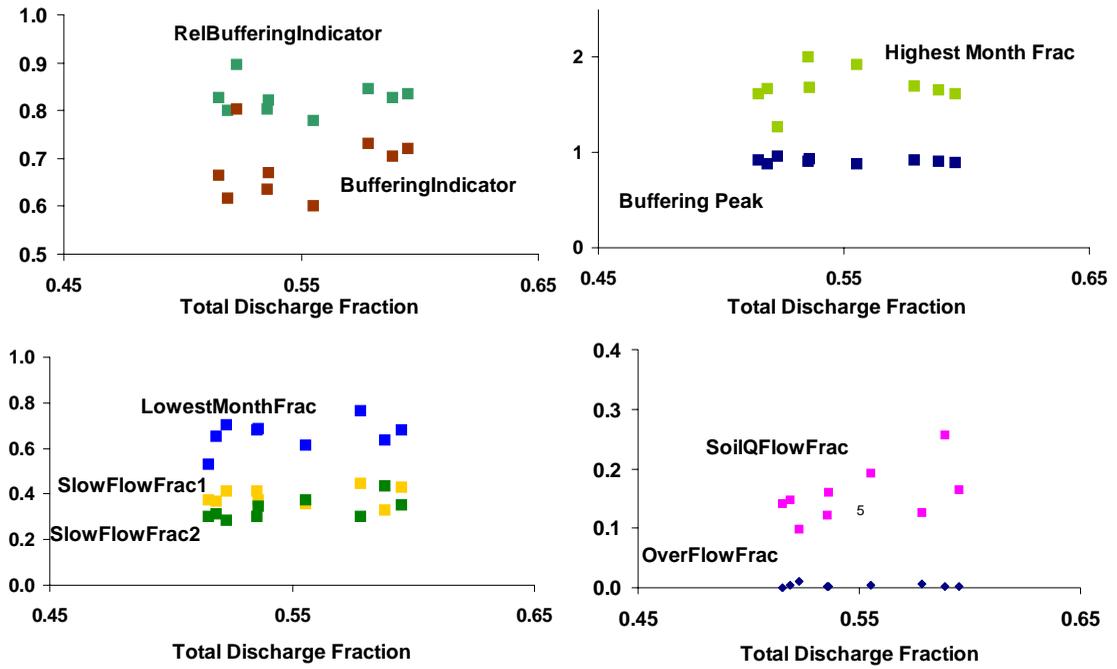
Tabel 16. Perhitungan Neraca air tahunan DAS Kapuas Hulu

	Mm	%
Curah Hujan Tahunan	4100	100
Evapotranspirasi	1582	39
Aliran sungai		
Limpasan permukaan (<i>Run Off</i>)	660	16
Aliran Cepat Tanah (<i>Soil Quick Flow</i>)	15	0.4
Aliran Dasar (<i>Base Flow</i>)	1842	45

Kondisi hidrologi DAS Kapuas Hulu

Kondisi hidrologi dapat dinilai dengan melihat hubungan di antara indikator fungsi-fungsi DAS. Melalui pendekatan model dapat dipelajari bagaimana pola curah hujan tahunan diterjemahkan menjadi perilaku hidrologis, dengan co-variasi potensial diantara berbagai indikator fungsi DAS.

Gambar 23 menunjukkan hubungan antara indikator fungsi DAS dengan fraksi debit total. Secara umum tidak terdapat perubahan fungsi yang besar selama 10 tahun terakhir. Seperti halnya pada indikator daya sangga dan fungsi pelepasan air secara bertahap masih cukup stabil selama periode waktu ini.



Gambar 23. Grafik hubungan indikator fungsi DAS dengan fraksi debit total (*total discharge fraction*). Terdapat korelasi positif dengan curah hujan tahunan dalam kurun waktu 8 tahun. Lihat tabel 4 untuk definisi dari masing-masing indikator.

Hubungan penggunaan lahan dengan kondisi hidrologi di DAS Kapuas Hulu

Skenario perubahan penggunaan lahan

Berdasarkan hasil survei Pengetahuan Ekologi Pembuat Kebijakan dan Pengetahuan Ekologi Lokal, dapat diketahui bahwa isu hidrologi yang mengemuka di DAS Kapuas Hulu adalah (i) penurunan tinggi muka air selama musim kemarau yang mempengaruhi lalu lintas transportasi sungai dan (ii) penurunan kualitas air seperti kekeruhan dan pencemaran (racun ikan dan merkuri).

Sebagian besar stakeholder (lokal, kabupaten dan tingkat provinsi) menyatakan bahwa masalah hidrologi disebabkan oleh adanya pengurangan areal tutupan hutan di daerah sempadan sungai. Upaya untuk memecahkan permasalahan itu dapat dilakukan dengan cara meningkatkan tingkat penutupan lahan melalui usaha penanaman pohon. Pendapat masyarakat juga menyatakan bahwa melalui upaya penanaman pohon dapat memecahkan masalah erosi, sedimentasi dan memberikan keuntungan secara ekonomis.

Berdasarkan isu-isu hidrologi yang mengemuka di DAS Kapuas Hulu, maka dilakukan penilaian dampak perubahan lahan terhadap neraca air dan fungsi hidrologi DAS melalui pendekatan model dengan cara mengembangkan skenario perubahan penggunaan lahan. Skenario yang dikembangkan adalah (i) DAS sangat terdegradasi (2) area DAS yang telah terdegradasi diubah menjadi sistem pohon. Skenario perubahan lahan dilakukan terhadap (i) keseluruhan DAS Kapuas Hulu (ii) wilayah konsesi HPH. Selanjutnya skenario berikut ini dikembangkan untuk mendapatkan suatu gambaran dampak perubahan lahan secara nyata dan sampai dengan gambaran yang ekstrim:

1. Semua wilayah DAS Kapuas Hulu dikonversi menjadi hutan.
2. Semua areal hutan di DAS Kapuas Hulu dikonversi menjadi: (i) kebun agroforestri, (ii) Daerah Pertanian yang dikelola dengan baik (iii) lahan terbuka
3. Semua hutan di dalam areal konsesi dibuka dan berubah menjadi areal semak belukar.

Skenario pada wilayah hot spot akan dibahas lebih lanjut pada bagian selanjutnya.

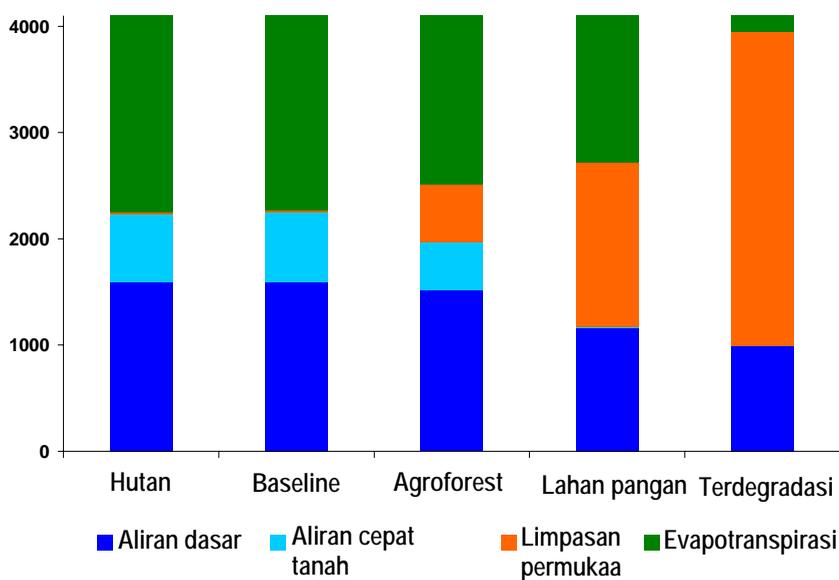
Dampak perubahan lahan terhadap neraca air

Skenario 1 dan 2: Konversi pada semua areal kawasan hutan

Gambar 24 dan Tabel 17 menunjukkan grafik dampak perubahan penggunaan lahan terhadap neraca air di DAS Kapuas Hulu. Pengaruh kondisi penutupan lahan saat ini hampir sama dengan kondisi hutan, dengan besarnya limpasan permukaan kurang dari 1%. Perubahan pada saat areal tutupan hutan diubah jadi sistem agroforestri, adalah terjadinya peningkatan limpasan permukaan sebesar 13%, aliran cepat tanah berkurang menjadi 5% sedangkan aliran dasar tetap stabil. Lebih lanjut hilangnya tutupan hutan akibat adanya penebangan hutan ataupun konversi

menjadi lahan pertanian menyebabkan terjadinya peningkatan limpasan permukaan dan pengurangan aliran cepat tanah.

Hasil simulasi skenario konversi hutan menjadi lahan pertanian menyebabkan pergeseran aliran cepat tanah menjadi limpasan permukaan. Kondisi ini dapat menyebabkan terjadinya kenaikan tinggi muka air yang ekstrim pada saat musim kemarau panjang. Perubahan tinggi muka air di DAS Kapuas Hulu menurut sebagian masyarakat terjadi dalam waktu 1 hari setelah hujan. Tetapi karena kondisi penutupan lahan saat ini masih jauh lebih baik dibandingkan dengan kondisi penutupan lahan dalam skenario di atas, maka perubahan penutupan lahan tidak dapat dijadikan penyebab perubahan muka air yang ekstrim di musim kemarau. Sehingga, perlu dilakukan pengumpulan data agar apa yang menjadi penyebab masalah tinggi muka air menjadi lebih jelas.



Gambar 24. Neraca air DAS Kapuas Hulu pada kondisi penutupan lahan saat ini (*baseline*), Seluruh areal dirubah menjadi hutan, dan areal kawasan hutan dirubah menjadi (ii) agroforest, (iii) lahan pangan dan (iv) lahan terdegradasi

Tabel 17. Neraca Air Kapuas Hulu pada berbagai skenario penggunaan lahan.

		Hutan	Baseline	Agroforest	Pertanian	Terdegradasi
Curah Hujan Tahunan		4100	4100	4100	4100	4100
Evapotranspirasi- mm (proporsi)		1853 (0.45)	1836 (0.45)	1591 (0.39)	1381 (0.34)	153 (0.04)
Aliran Sungai	Limpasan permukaan (Run Off)	12 (0.00)	16 (0.00)	544 (0.13)	1544 (0.38)	2951 (0.72)
	Aliran Cepat Tanah (Soil Quick Flow)	647 (0.16)	657 (0.16)	444 (0.11)	11 (0)	0 (0)
	Aliran Dasar (Base Flow)	1588 (0.39)	1591 (0.39)	1521 (0.37)	1164 (0.28)	996 (0.24)

Skenario 3: Konversi hutan akibat adanya konsesi HPH di sub-DAS Mendalam

Areal penunjukan kawasan HPH berada dalam enam sub-DAS berbeda (Tabel 18). Pada sub-DAS 6 dan 16, persentase area dalam kawasan tersebut kurang dari 1%. Sehingga untuk mempelajari pengaruh pembukaan hutan di wilayah ini hanya dilakukan terhadap sub-DAS 5, 7, 8 dan 9.

Di antara keempat sub-DAS tersebut, sub-DAS 9 mempunyai luas areal hutan yang paling rendah yaitu sebesar 41%. Sedangkan penggunaan lahan lainnya adalah semak dan belukar sebesar 13% dan sisanya agroforestri dan lahan pertanian sebesar 42%. Tiga sub-DAS lainnya masih memiliki tutupan hutan hampir 100% kecuali pada sub-DAS 5 hanya memiliki tutupan hutan sebesar 80% .

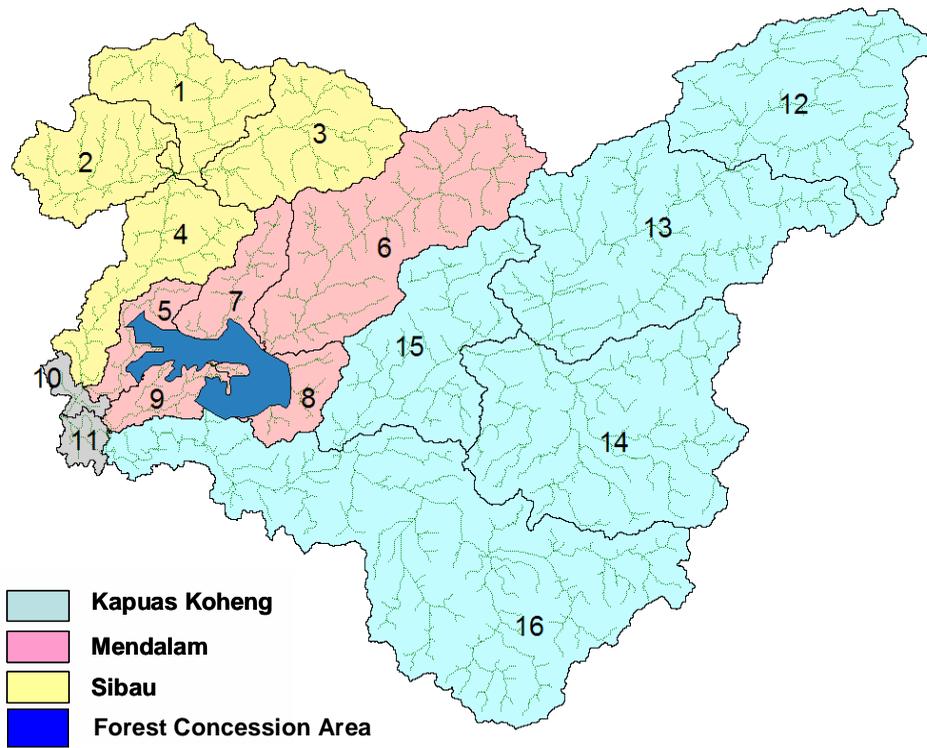
Pada Gambar 26 dapat dilihat hasil analisis neraca air di areal HPH pada kondisi baseline dan pada saat hutan dalam area tersebut ditebang dan berubah menjadi semak belukar. Dari gambar tersebut tampak bahwa telah terjadi pergeseran aliran cepat tanah menjadi limpasan permukaan pada semua Sub-DAS, dengan nilai pergeseran paling nyata terjadi dalam Sub-DAS 9.

Pada Sub-DAS 9, pada saat kondisi baseline sekitar 3.5 % curah hujan tahunan dialirkan ke dalam sungai sebagai limpasan permukaan. Jumlah ini melebihi besarnya limpasan permukaan dari total DAS Kapuas Hulu (1%). Konversi hutan di dalam Sub-DAS 9 akan menyebabkan jumlah limpasan permukaan menjadi tiga kali lipat yaitu sekitar 11% dari nilai curah hujan tahunan. Konversi ini juga sedikit mengurangi aliran dasar.

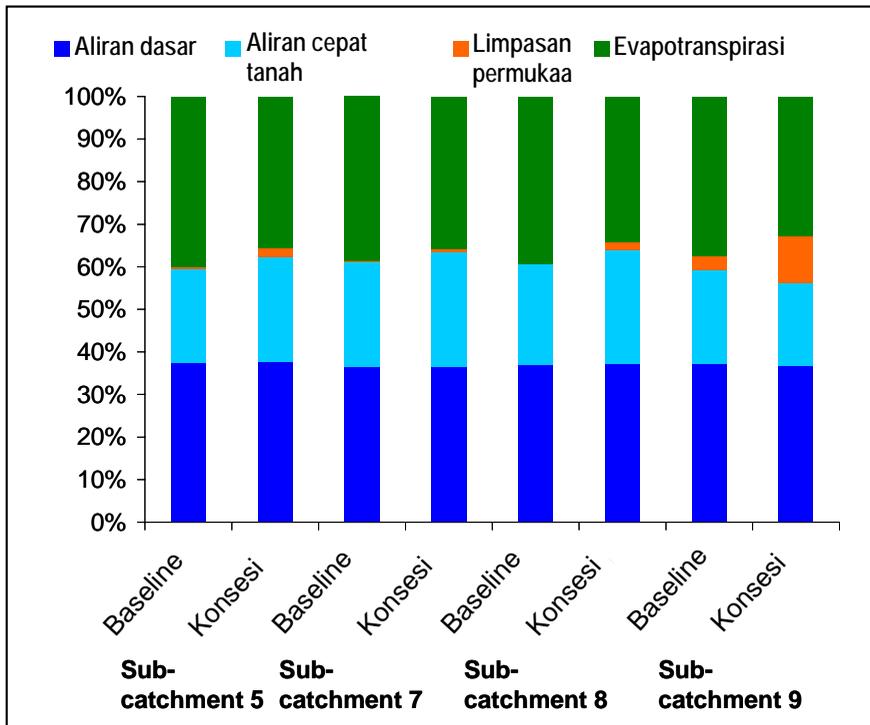
Secara umum, konversi hutan di areal HPH dapat meningkatkan limpasan permukaan dari 0.5-3% menjadi 1-11%. Hal ini sangat berpotensi terhadap terjadinya peningkatan erosi.

Tabel 18. Wilayah HPH

Sub-DAS	Areal konsesi (ha)	Persentase Wilayah (%)
5	4248	25.4
6	135	0.2
7	4685	18.5
8	7289	33.2
9	4850	27.9
16	1052	0.5
Total	22261	-



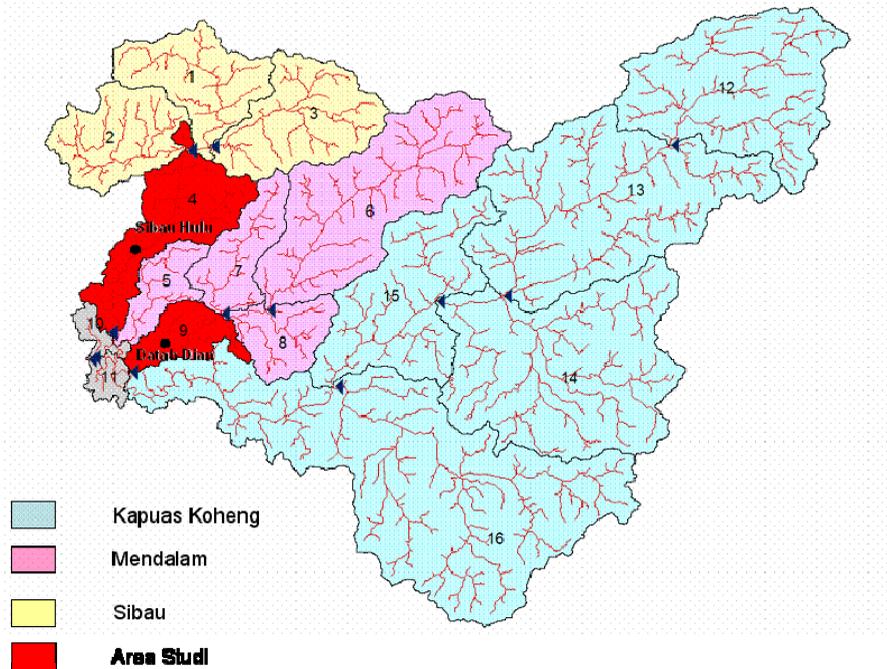
Gambar 25. Peta lokasi HPH



Gambar 26. Perhitungan neraca air akibat adanya pembukaan hutan di areal HPH, pada kondisi saat ini (*baseline*) dan apabila hutan dalam areal HPH dibuka menjadi semak belukar

Kondisi hidrologis di desa Datah Dian dan Sibau Hulu: area hotspot di DAS Kapuas Hulu

Bagian ini akan membahas secara lebih rinci mengenai kondisi hidrologis di desa Datah Dian, sub-DAS Mendalam dan desa Sibau Hulu, sub-DAS Sibau.



Gambar 27. Lokasi desa Sibau Hulu (sub-DAS Sibau) dan lokasi desa Datah Dian (sub-DAS Mendalam).

Kondisi umum Datah Dian dan Sibau Hulu

Luasan wilayah desa Sibau Hulu dan Datah Dian adalah 433 km² dan 174 km², atau sekitar 4.4% dan 1.8% dari total luasan DAS Kapuas Hulu.

Kondisi hamparan Sibau lebih utuh jika dibandingkan dengan kondisi Datah Dian. Lebih dari 80% hamparan di Sibau Hulu tertutup hutan, sementara areal hutan di Datah Dian hanya sekitar 40% (Tabel 19). Sebagian besar areal hutan di Datah Dian telah dikonversi menjadi berbagai tipe penggunaan lahan lain. Sistem agroforest meliputi 36%, sementara lahan pertanian (ladang dan sawah) mencapai 6% dari luasan area. Kelas tutupan lahan yang berupa semak dan belukar dapat berupa fase bera dari areal pertanian, sehingga sekitar 14% areal Datah Dian yang berupa semak belukar dapat juga merupakan bagian dari areal pertanian. Berarti, ada sekitar 20% areal yang merupakan areal pertanian. Pada periode antara tahun 2001 ke 2004, areal semak meningkat tiga kali lipat, sedangkan belukar meningkat sampai tujuh kali. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas pertanian di Datah Dian sangat dinamis.

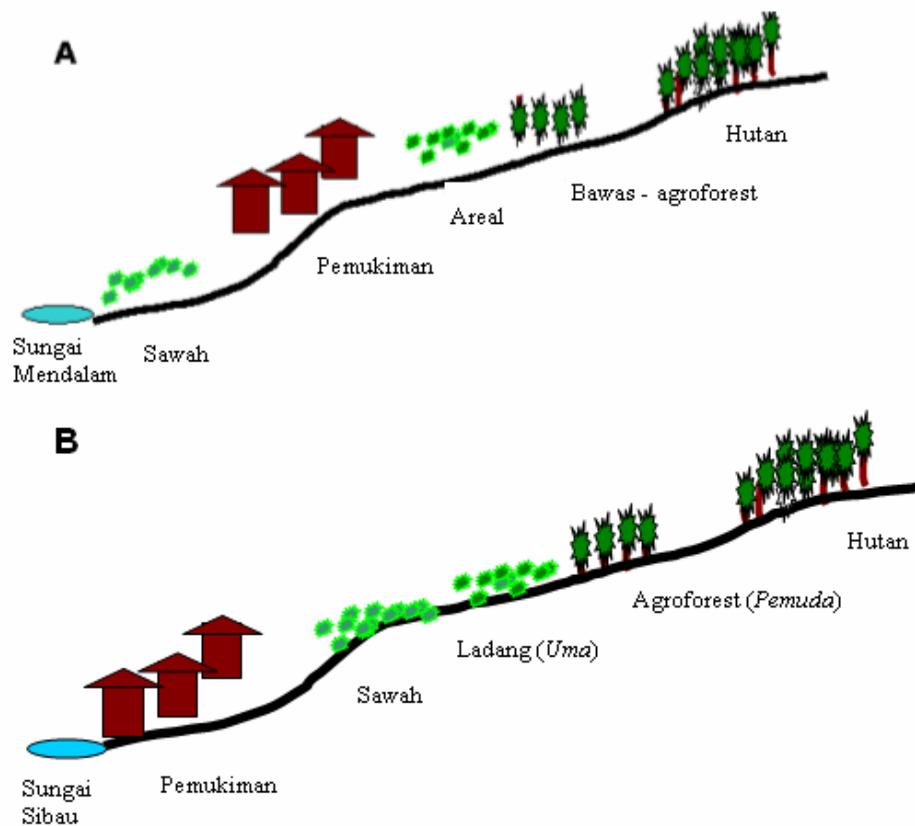
Tabel 19. Distribusi tutupan lahan di sub-DAS Sibau Hulu dan Datah Dian (dalam persentase area)

Kelas	Sibau Hulu		Datah Dian	
	2001	2004	2001	2004
Hutan	86.8	82.1	46.6	40.8
Agroforest	8.7	8.9	38.7	36.5
Semak	2.4	5.6	4.1	12.5
Ladang	0.2	0.7	1.5	2.6
Sawah	0.8	0.6	5.6	2.8
Belukar	0.1	0.5	0.2	1.5
Pemukiman	0.3	1.0	0.8	1.4
Perairan	0.7	0.7	2.5	1.8



Gambar 28. Pemukiman di Nanga Hovat, Datah Dian (catchment Mendalam) dengan sistem pekarangan yang produktif.

Gambar 29 menunjukkan peta transek desa Datah Dian (A) dan Sibau Hulu (B), yang menggambarkan pola penggunaan lahan di area tersebut. Lahan pangan (ladang) umumnya ditanami dengan padi, jagung, singkong, dan beberapa jenis sayuran lainnya, sementara *bawas* ditanami dengan karet, durian, dan aren, beberapa juga ditanami dengan coklat.



Gambar 29. Peta transek desa Datah Dian (A) dan Sibau Hulu (B).

Masalah hidrologi

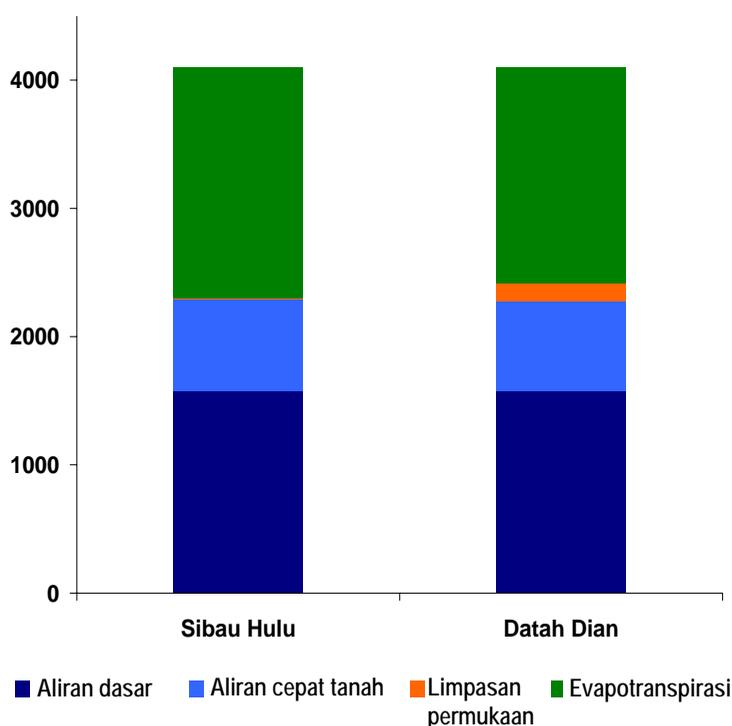
Masalah hidrologi yang dihadapi oleh masyarakat lokal di Sibau Hulu dan Datah Dian lebih kurang sama dengan masyarakat yang tinggal di DAS Kapuas Hulu, yaitu:

- Kekeruhan setelah hujan deras, sehingga air tidak lagi layak untuk dikonsumsi,
- Longsor di sempadan sungai dan erosi,
- Masalah transportasi pada saat permukaan air rendah,
- Penggunaan racun dan tuba untuk menangkap ikan (masalah penyakit).

Masyarakat lokal menyatakan bahwa melindungi areal hutan dan areal di sepanjang sempadan sungai dapat membantu mengatasi permasalahan tersebut.

Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap neraca air di desa Sibau Hulu dan Datah Dian

Perkiraan neraca air di sub-catchment Sibau Hulu dan Datah Dian digambarkan dalam Gambar 30 dan Tabel 20. Kondisi tutupan hutan di Datah Dian yang berkisar 40% telah mengubah 3% dari curah hujan menjadi limpasan permukaan. Limpasan permukaan di desa Datah Dian lima belas kali lebih besar dari di Sibau Hulu, yang masih memiliki tutupan hutan sebesar 80%. Namun demikian, aliran cepat tanah (*soil quick flow*) dan aliran dasar (*base flow*) memiliki nilai yang hampir sama. Perbedaan limpasan permukaan ini menunjukkan jumlah air yang dapat ditahan (*intercept*) atau diambil oleh pohon.



Gambar 30. Perkiraan neraca air pada sub-catchment Sibau Hulu dan Datah Dian pada kondisi baseline

Tabel 20. Perkiraan neraca air pada sub-catchment Sibau Hulu dan Datah Dian pada kondisi baseline

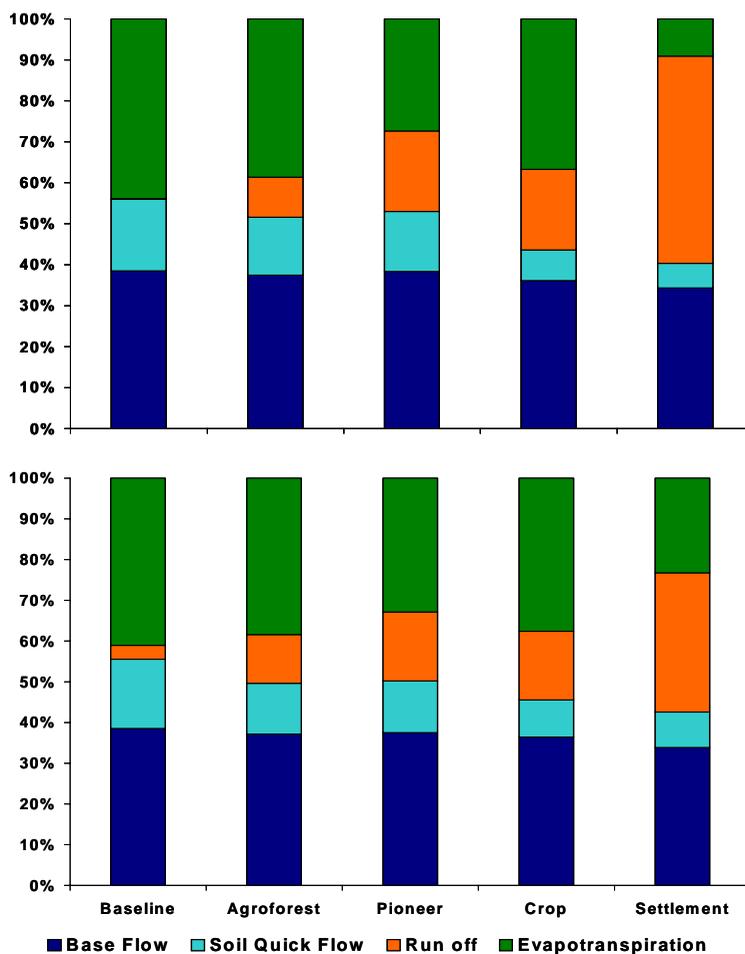
		Sibau Hulu		Datah Dian	
		Jumlah (mm)	Proporsi curah hujan	Jumlah (mm)	Proporsi curah hujan
Curah hujan		4100		4100	
Evapotranspirasi		1797	44	1683	41
(Debit) River flow	Run off (Limpasan permukaan)	9	0.2	140	3
	Soil quick flow (Aliran cepat tanah)	717	17	698	17
	Base Flow (Aliran dasar)	1577	1557	1578	1558

Untuk melihat dampak dari perubahan penggunaan lahan terhadap neraca air di tiap sub-catchment, dilakukan beberapa analisa skenario:

1. mengubah lahan hutan menjadi lahan agroforest, ladang, lahan pionir (semak dan belukar) atau kondisi yang terdegradasi (pemukiman)
2. mengubah lahan semak atau belukar menjadi hutan, agroforest, perladangan, dan kondisi yang terdegradasi (pemukiman)

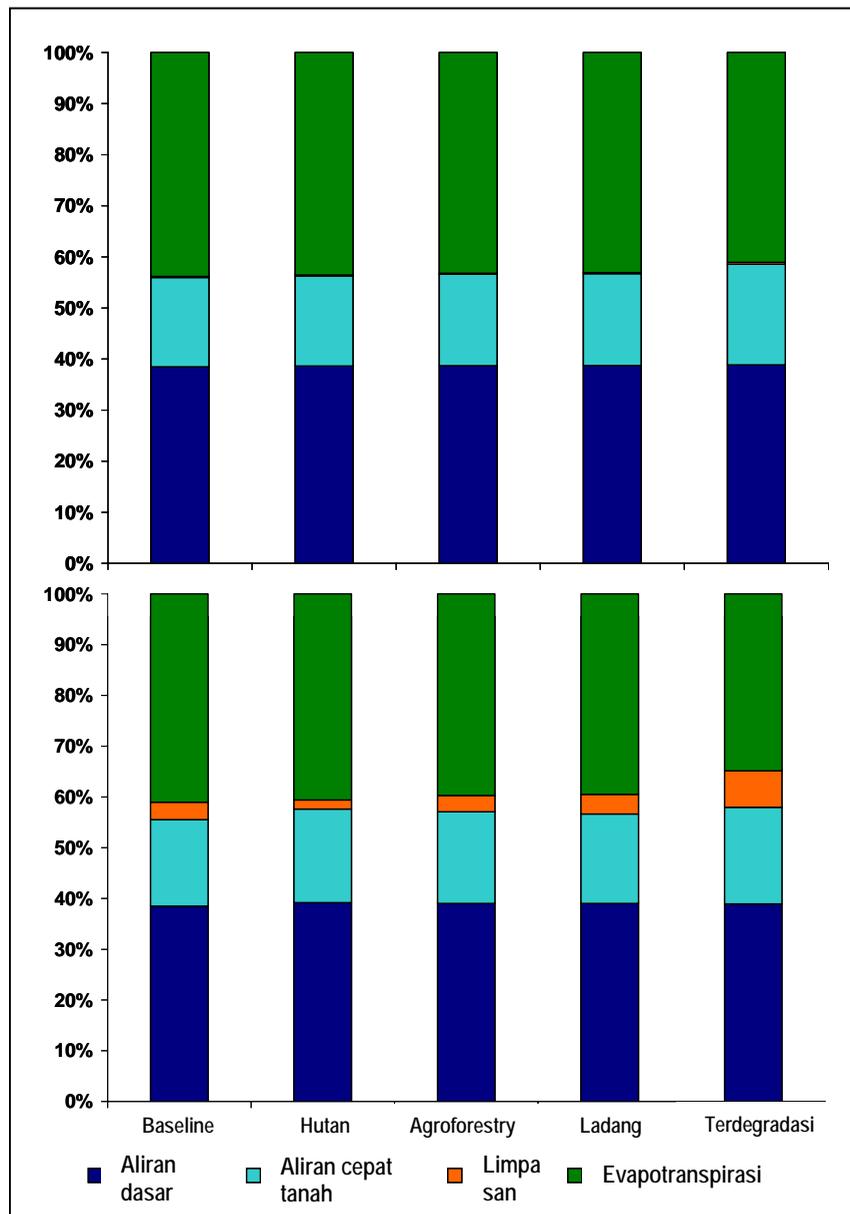
Hasil dari analisa skenario ini dapat dilihat dalam Gambar 31 dan Gambar 32.

Dengan mengubah areal hutan di Sibau Hulu dan Datah Dian menjadi lahan agroforest akan meningkatkan limpasan permukaan menjadi 10% dan 9% (Gambar 31). Peningkatan limpasan permukaan ini akan berimplikasi pada meningkatnya erosi tanah dan jika sempadan sungai mengalami degradasi, resiko terjadinya sedimentasi di sungai menjadi besar. Dengan mengubah semua lahan hutan yang ada (80% untuk desa Sibau Hulu dan 40% untuk desa Datah Dian) akan meningkatkan limpasan permukaan sampai sebesar 50% dan 30%. Peningkatan limpasan permukaan ini terjadi bersamaan dengan menurunnya aliran cepat tanah (*soil quick flow*), yang menunjukkan bahwa air hujan mengalir langsung dan mencapai sungai dalam satu hari. Pada kondisi hujan sangat deras, hal ini dapat memicu terjadinya banjir bandang (*flash floods*).



Gambar 31. Dampak perubahan hutan menjadi penggunaan lahan yang lain terhadap neraca air di Sibau Hulu (atas) dan Datah Dian (bawah)

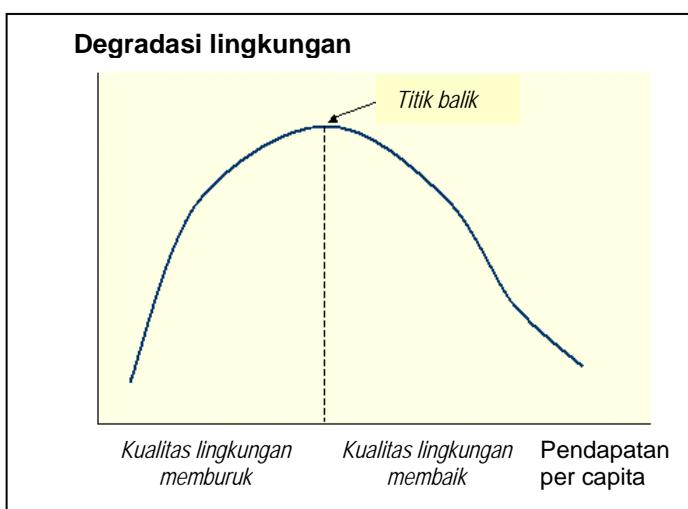
Pengukuran rehabilitasi nampaknya belum terlalu perlu dilakukan di Sibau Hulu, karena areal non produktif (semak dan belukar) hanya meliputi sejumlah kecil area yaitu sekitar 9.5% dari total sub-DAS. Karena itu, upaya reforestasi, maupun konversi ke sistem lain, tidak akan berpengaruh banyak terhadap perkiraan neraca air (Gambar 32, atas). Di sisi lain, rehabilitasi lahan di Dataran Dian melalui reforestasi lahan semak dan belukar dapat mengurangi setengah dari limpasan permukaan (Gambar 32, bawah). Perubahan semak dan belukar menjadi sistem agroforestry dan ladang, nampaknya tidak akan mengubah kondisi neraca air.



Gambar 32. Dampak dari mengubah semak/belukar menjadi pola penggunaan lahan yang lain terhadap neraca air di Sibau Hulu (atas) dan Dataran Dian (bawah)

Diskusi dan Kesimpulan

Pengembangan imbal jasa lingkungan: suatu perspektif hidrologi *Environmental Kuznets Curve*⁷ (Kurva Kuznets untuk lingkungan) merupakan suatu kurva yang mencoba memberikan gambaran mengenai hubungan antara kualitas lingkungan dengan pertumbuhan ekonomi (Stern, 2004), dimana pembangunan ekonomi dianggap meningkat seiring dengan bertambahnya waktu. Kurva tersebut menunjukkan adanya peningkatan degradasi lingkungan (atau penurunan kualitas lingkungan) sejalan dengan meningkatnya pendapatan sampai pada suatu titik dimana kualitas lingkungan menjadi meningkat seiring dengan meningkatnya pendapatan per kapita (Gambar 33).

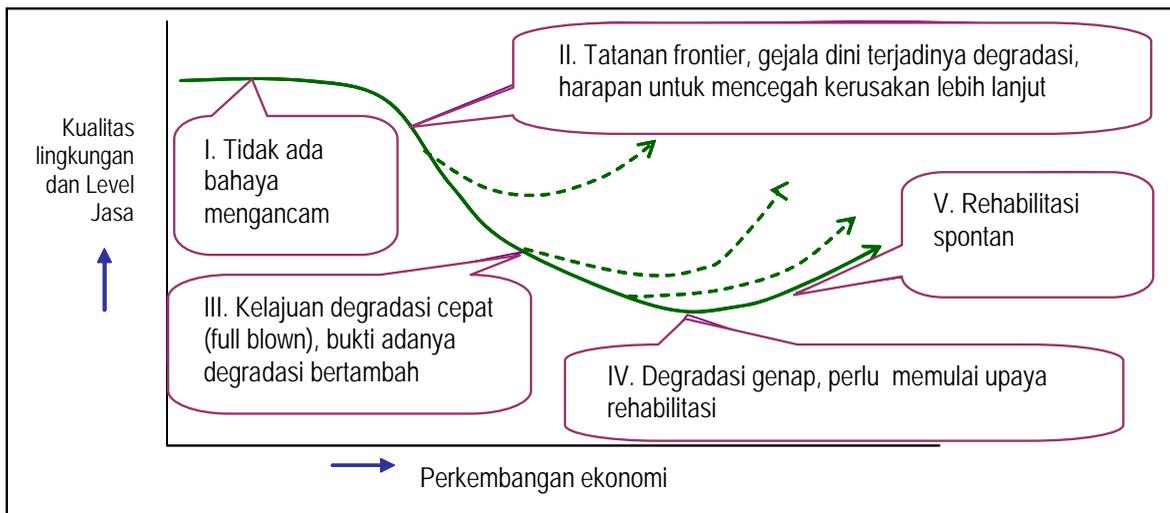


Gambar 33. Kurva Kuznets untuk lingkungan

Dari kurva Kuznets untuk lingkungan dikembangkan lima fase kondisi lingkungan yang mungkin terjadi di suatu daerah tertentu (Gambar 34). Pada tahap awal dimulainya pembangunan ekonomi, proses degradasi lingkungan cenderung mengalami peningkatan, karena umumnya pada fase ini prioritas utama adalah memperoleh hasil yang sebesar-besarnya dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ada. Proses degradasi lingkungan ini terus berlanjut sampai pada tingkat kondisi lingkungan sangat buruk sehingga masyarakat menyadari bahwa mereka perlu segera melakukan sesuatu agar dapat menghindari degradasi yang lebih lanjut. Umumnya penurunan kualitas lingkungan sulit dihindari karena kesadaran (*awarenes*) akan pentingnya persoalan lingkungan yang dihadapi seringkali muncul setelah kondisi lingkungan telah sedemikian parah. Karena itu, sejalan dengan pepatah 'mencegah lebih baik daripada mengobati', upaya menciptakan lingkungan yang sehat dan baik perlu dilakukan. Dalam hal ini menghindari degradasi sama pentingnya dengan kegiatan rehabilitasi.

⁷ Penerapan kurva Kuznets pada berbagai indikator lingkungan dapat dibaca dalam Bhattarai dan Hammig (2002) dan Culas (2007) mengenai masalah deforestasi. Aldy (2005) tentang emisi CO₂, Deacon dan Norman (2004) tentang polusi udara dan Paudel, et al. (2005) tentang polusi air.

Kabupaten Kapuas Hulu merupakan daerah yang saat ini dapat dikategorikan ke dalam fase 2 dalam kurva Kuznets, dimana hutan perawan mulai dibuka di tepi kawasan ‘Heart of Borneo’. Degradasi lahan yang terjadi di beberapa lokasi di Kabupaten Kapuas Hulu umumnya terjadi akibat pemanfaatan sumber daya alam yang tidak terkontrol dengan baik seperti penebangan hutan untuk industri kayu dan pertambangan. Industri yang bermunculan juga mengakibatkan adanya dinamika lahan yang lain seperti migrasi, urbanisasi, polusi dan sistem pertanian intensif. Fase ini ditandai dengan adanya perjuangan untuk mendapatkan kerangka hukum yang baik, pola kekuasaan yang dinamis dan masalah yang berkaitan dengan hak penduduk asli (hukum adat, dsb). Masalah yang terjadi terutama berkaitan dengan tumpang tindihnya antara sektor pemerintahan, sektor publik dan sektor pribadi.



	Level jasa lingkungan dan bukti	Ancaman	Prospek mekanisme imbal jasa lingkungan
I.	Baik	Tidak ada bahaya mengancam, aksesibilitas rendah dan/atau tidak ada perlindungan institusi yang memadai	Nilai tambah (<i>additionality</i>) proyek rendah
II.	Baik, sudah ada gejala awal degradasi	Tatanan <i>frontier</i> , interaksi multipihak, perubahan institusi	Memperlambat degradasi, mempengaruhi level atas, potensi untuk proyek besar + nilai tambah jasa lingkungan, namun WTP dan WTA masih rendah
III.	Menurun; bukti-bukti kemerosotan kualitas lingkungan mulai bertambah	Kelajuan degradasi cepat (<i>Full blown</i>),	Memperlambat fase terakhir dari degradasi, memulai rehabilitasi, potensi untuk proyek skala menengah + nilai tambah jasa lingkungan, WTP dan WTA meningkat
IV.	Rendah, bukti historis penurunan atau kemerosotan sudah jelas	Proses degradasi genap, memulai rehabilitasi	Memulai dan atau mempercepat upaya rehabilitasi, untuk proyek moderat + nilai tambah jasa lingkungan, WTP dan WTA cukup tinggi
V.	Rendah tapi meningkat, ketidakjelasan ‘trends’	Rehabilitasi spontan	Mempercepat degradasi atau meningkatkan level restorasi yang dapat dicapai; proyek rendah – menengah + nilai tambah jasa lingkungan, WTP lebih tinggi dari WTA?

Gambar 34. Lima fase kondisi lingkungan (degradasi lingkungan dan rehabilitasi) dalam kaitannya dengan ‘kesediaan berpartisipasi/membayar’ (‘willingness to participate/pay’ atau WTP) dan ‘kesediaan untuk melakukan/menerima’ (‘willingness to act/accept’ atau WTA), dikembangkan dari kurva Kuznets.

Wilayah Kapuas Hulu dapat dijadikan sebagai contoh kasus bagi daerah dengan kondisi lingkungan dalam fase 2. Kegiatan imbal jasa lingkungan yang dikembangkan di daerah ini dapat dijadikan contoh bagaimana sebaiknya melakukan kegiatan pembangunan yang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat tanpa menimbulkan efek negatif bagi lingkungan. Bagi Kabupaten Kapuas Hulu, kombinasi antara sistem insentif yang diiringi dengan pengembangan institusi yang kuat dapat secara efektif membantu menghentikan laju kerusakan lingkungan dan mempertahankan fungsi DAS Kapuas Hulu. Jadi apakah pengembangan ‘Payment of Watershed Services’ dapat menghindari kerusakan lingkungan yang diakibatkan kegiatan ekonomi? Mungkin *tidak*. Dapatkah “Payments for Watershed Services” menjadi bagian kegiatan yang dapat menciptakan kondisi lingkungan menjadi lebih baik? Mungkin *bisa*.

Hasil survey pengetahuan dan observasi di lapangan menunjukkan ada indikasi terjadinya degradasi DAS, seperti erosi dan sedimentasi di sungai. Masyarakat setempat sudah merasakan dampak dari perubahan debit air yang mengakibatkan permasalahan transportasi terutama pada musim kemarau. Akan tetapi, beberapa pengukuran sedimentasi yang telah dilakukan belum menunjukkan hasil yang mengkhawatirkan dan perkiraan neraca air menunjukkan bahwa fungsi DAS di DAS Kapuas Hulu masih cukup baik, khususnya yang berkaitan dengan masalah debit air sungai. Namun, dalam hal kualitas air, pada skala kecil yaitu di sub-DAS Dataran Dian, tanda-tanda adanya degradasi sudah mulai terlihat.

Karena itu, pengembangan mekanisme imbal di daerah tersebut perlu dikaitkan dengan upaya meningkatkan kualitas air seperti dengan (i) upaya penutupan lahan di sepanjang sempadan sungai yang sejalan dengan, (ii) perladangan dan pemanfaatan lahan non produktif. Pengukuran debit air dan kualitas air sungai juga perlu dilakukan dalam upaya ini.

Mekanisme imbal jasa lingkungan yang potensial untuk dikembangkan

Bagian ini akan menjelaskan beberapa rekomendasi yang dapat dilakukan dalam pengembangan imbal jasa lingkungan. Upaya-upaya ini dihimpun berdasarkan hasil diskusi dengan petani dan para pembuat kebijakan di DAS Kapuas Hulu. Upaya ini difokuskan untuk area sub-catchment Mendalam dan Sibau dimana degradasi nampak lebih menonjol dan institusi lokal sudah cukup kuat. Namun, upaya ini dapat juga dikembangkan di sub-DAS Kapuas.

Revitalisasi daerah sempadan sungai

Upaya ini dilakukan dengan tujuan mencegah dan mengurangi longsor tebing sungai, sehingga dapat mengurangi sedimentasi di sungai. Sedimentasi ini merupakan salah satu penyebab terjadinya penurunan kualitas air terutama untuk air minum di Putusibau. Luasan area sempadan sungai yang terdegradasi di DAS Kapuas Hulu secara kasar sekitar 412 ha atau dalam ukuran panjang sungai sekitar 105 km (Tabel 21).

Tabel 21. Ukuran daerah sempadan sungai di dalam zona APL Pengembangan sistem DAS Kapuas Hulu (berdasarkan peta tutupan lahan tahun 2004)

Kelas	Sibau		Mendalam		Kapuas	
	Luas (ha)	Panjang (km)	Luas (ha)	Panjang (km)	Luas (ha)	Panjang (km)
Ilalang – semak	23.6	5.9	31.0	7.6	35.9	9.9
Belukar	39.0	13.1	72.3	13.4	103.2	24.9
Ladang dan sawah	17.9	7.9	63.2	15.1	26.1	7.1

Catatan: Daerah sempadan sungai ditentukan sekitar 200 m dari tepi sungai.

Hairiah, *et al.* (2006) menjelaskan bahwa untuk menjaga stabilitas tebing sungai perlu ada kombinasi pohon yang memiliki struktur akar yang dalam (fungsi mencengkeram⁸) dan akar dangkal (fungsi mengikat). Beberapa jenis pohon yang memiliki perakaran dalam hingga moderat adalah durian (*Durio zibethinus*), petai (*Parkia speciosa*), jati kertas (*Gmelina arborea*), candlenut (*Aleurites moluccana*), pasang (*Quercus lineata*), mahagony (*Swietenia macrophylla*). Beberapa jenis tanaman yang memiliki akar pendek adalah bambu, semantung (*Ficus padana*), surian (*Toona surenii*) dan gamal (*Gliricidia sepium*). Jenis kopi liar (*Coffea canephora var. robinson*) memiliki kedua karakteristik akar tersebut.

Dengan demikian, spesies yang baik untuk di tanam di tebing sungai di Kapuas Hulu dapat berdasarkan pada kriteria di atas serta juga pilihan para petani.

Pengembangan sistem agroforest dan pengayaan jenis dalam tembawang

Upaya ini dapat dilakukan dengan memfasilitasi petani untuk mendapatkan bahan tanam berkualitas yang dapat memberikan tambahan nilai ekonomis kepada masyarakat lokal. Petani sangat tertarik pada jenis karet (*Hevea brasiliensis*) dan aren (*Arenga pinata*). Area yang dapat dimanfaatkan untuk pengembangan sistem agroforest adalah di areal yang kurang produktif (semak dan belukar) atau di ladang petani (Tabel 22). Penentuan area ini bukan berdasar pada jarak terhadap area pemukiman.

Tabel 22. Area untuk pengembangan sistem agroforest di zona APL di DAS Kapuas Hulu.

Kelas tutupan lahan pada tahun 2005	DAS Sibau (ha)	DAS Mendalam (ha)	DAS Kapuas (ha)
Ilalang – semak	300	400	400
Belukar	3600	3000	3600
Ladang	700	500	400

Catatan: Area yang potensial ini diperkirakan berdasarkan kelas tutupan lahan, belum berdasarkan jarak ke pemukiman area

Pengelolaan DAS berbasis komunitas dan pengawasan sungai

Skema yang dapat dikembangkan, khususnya di kawasan Mendalam, adalah kegiatan yang berbasis komunitas yang difokuskan pada pengelolaan lahan yang baik dan pengawasan air.

Dalam skema ini, masyarakat lokal diberi imbalan dalam upaya melindungi daerah sempadan sungai dari longsor. Pemberian imbalan dilakukan dengan perjanjian periode atau waktu tertentu, dengan kondisi daerah sempadan dan tebing sungai tetap utuh. Pengawasan air juga dilakukan sebagai bagian dari aktivitas tersebut. Skema yang sama juga dikembangkan di Sumberjaya, Lampung – Indonesia (Suyanto, 2006).

Kesimpulan

Kondisi hidrologis di Kapuas Hulu masih cukup baik, belum menunjukkan adanya degradasi (Tahap 2 dalam kurva Kuznets), dan hal ini menunjukkan bahwa kegiatan yang perlu dilakukan adalah upaya ‘menghindari degradasi’. Pada tahap 2 ini, degradasi sulit dibuktikan karena aspek ‘manusia’ masih lebih kecil pengaruhnya daripada ‘kondisi alam’, khususnya bilamana masalah debit dan keteraturan aliran air yang menjadi perhatian. Pada tahap II/III terdapat berbagai pihak yang bertanggung jawab atas terjadinya degradasi dimana upaya pemanfaatan sumber alam (seperti penebangan dan penambangan) dilakukan oleh pelaku dalam skala menengah – besar. Pada kondisi ini, tidak mudah membangun mekanisme imbal jasa yang berbasis pada aktivitas masyarakat setempat dalam melindungi lingkungannya. Pertanian skala kecil (smallholder agriculture) dapat menjadi pendorong terjadinya degradasi hanya pada tahapan selanjutnya. Namun demikian, jika suatu kegiatan atau proyek bertujuan untuk menghindari terjadinya degradasi lebih lanjut, akan memiliki nilai tambah ‘additionality’ yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan proyek restorasi, dimana upaya rehabilitasi cenderung lebih lambat dari proses degradasi itu sendiri. Beberapa perdebatan mengenai jeda waktu yang diperlukan untuk restorasi DAS akhir akhir ini umumnya menyatakan bahwa jeda waktunya sekitar 10 – 100 tahun (Dillaha *et al.*

<http://www.worldagroforestry.org/sea/portals/2/lombok/material/presentation/Day1/session2/Th eoDillaha.pdf>

Program RUPES mengembangkan 12 ‘prototipe’ jasa lingkungan yang layak diberi imbalan (van Noordwijk, 2005). Workshop yang berlangsung pada bulan January 2007 di Lombok mengulas beberapa bukti dan pengalaman mengenai serangkaian mekanisme ‘imbal’ jasa untuk kegiatan jasa lingkungan. Pada Tabel 23 ditampilkan berbagai pengalaman di berbagai daerah, termasuk uraian mengenai berbagai anjuran tahap kegiatan yang sebaiknya dilakukan dan yang sebaiknya dihindari. Kasus yang terdapat di Kapuas Hulu ini sesuai dengan prototipe 2 dimana penekanannya adalah pada ‘mengatur kestabilan debit sungai’. Lokasi proyek IIED/CARE/WWF lainnya dapat berkaitan dengan prototipe 1 atau 3. Alangkah baiknya, apabila proyek ini dapat menyesuaikan konsep ‘PWS’-nya agar dapat memadukan kegiatan bagi daerah fase II dengan daerah fase IV. Sehingga proyek ini benar-benar dapat dijadikan contoh bagi kegiatan pengembangan imbal jasa lingkungan yang lebih luas di daerah lainnya di dunia.

8 Hairiah et al (2006) mengembangkan dua indikator yang dapat menghitung fungsi pohon dalam menjaga stabilitas tebing yaitu:
(1) Index of Root Anchoring (IRA) dan Index of Root Binding (IRB)

Tabel 23. Ringkasan pengalaman dari 12 prototype kegiatan jasa lingkungan (van Noordwijk, 2005), dari hasil diskusi kelompok pada workshop di Lombok (23 January 2007; www.worldagroforestry.org/sea/rupes)

Tipe jasa lingkungan	Penyedia jasa	Pemanfaat	Isu	Yang dilakukan	Yang dapat dilakukan	Yang perlu dihindari	Penelitian
1. Produksi air untuk hydro-power atau irigasi (danau)	Dampak pada produksi air, penampungan air, sedimentasi, pilihan metode untuk penangkapan sediment dan <i>landscape filters</i> (pengamanan hamparan)	Kepuasan para pengguna air tentang kontinuitas air, investasi tinggi, fleksibilitas manajemen	Pemotongan aliran sedimen lebih mudah dilakukan dibandingkan dengan menghindari terjadinya sedimen; aliran sedimen juga dipengaruhi oleh proses geologi dan geomorfologi sehingga sulit dihindari	Identifikasi masalah dengan RHA, Mengaitkan para pihak di hulu dan hilir, Fokus pada resiko yang dihadapi semua pihak terkait Identifikasi 'hot spots' Nilai 'opportunity costs' Analisa data: curah hujan => dimanfaatkan	'Pembayaran' diarahkan untuk adanya perubahan muatan sediment Imbal diberikan dalam kelompok Akuntabilitas daya guna dua arah	Solusi yang mengandung bias ('tanaman pohon' sebagai standar pre-set) Menghindari PES bilamana WTP rendah Insentif diberikan untuk degradasi seolah memberi dukungan	Pemanfaatan lahan campur secara optimal dan peran pohon Jeda waktu untuk respons jasa lingkungan Penyesuaian skema PES pada tatanan dan sejarah interaksi Informasi tradeoff dan biaya Dampak pada kemiskinan dan kesetaraan gender
2. Pengaturan suplai air untuk hydropower	Perubahan aliran cepat tanah (tanah hutan tersaturasi) menjadi aliran permukaan (<i>overland flow</i>) akan berdampak untuk menyangga debit dan waktu operasi hydroelectric	Kepuasan para pengguna air tentang kontinuitas air, investasi tinggi, fleksibilitas manajemen	Intervensi yang berpengaruh pada kecepatan sistem drainase (jalan dan saluran pembuangan) yang memiliki dampak langsung sebagai penyangga dalam skala yang lebih besar	Identifikasi masalah dengan RHA, Kelompok peduli sungai dengan fokus pada hasil dan imbalan Mempersiapkan variabel dayaguna hydropower	Pelaksanaan berdasarkan sistem imbalan yang kondisional Stimulasi hydropower mikro untuk internalisasi faktor eksternal	Harapan bahwa kondisi 'extreme' dapat dihindari	Aliran rendah (low-flow) hidrologi Replikasi beberapa indikator primer untuk mengganti wakil-wakil yang sesuai
3. Provisi air minum (air permukaan dan air tanah)	Sistem pertanian intensif dan hortikultur menyebabkan polusi air permukaan juga air tanah. Polusi nitrogen, pestisida, e-coli, dan sumber penyakit lain	'Willingness to pay' untuk ketersediaan air minum. Kualitas air perlu dijamin oleh ahli medis	Solusi yang lebih efektif untuk mengatasi lambatnya respon aliran air tanah untuk mengubah status polusi adalah 'pengaturan' daripada hasil yang berbasis pada pasar	Analisa eco-geohydrology dan sumber air Meningkatkan pendidikan dan kesadaran Meningkatkan manfaat langsung dari land stewardship Penggabungan 'buyer' melalui pelaku dalam sektor public	Mendukung pertanian dengan emisi rendah Penggunaan indikator kualitas air secara biologi yang telah divalidasi di tingkat lokal	Keinginan akan CSR yang memadai dan berkelanjutan Fokus jangka pendek dan komitmen dari buyers Harapan bahwa imbal jasa lingkungan dapat mengatasi semua	Jeda waktu untuk respons kualitas air permukaan dan air tanah Rentang penggunaan lahan dan emisi yang dapat diterima Imbal pada upaya menghindari kerusakan yang berkaitan dengan 'buyer efficiency' Hubungan antara 'good'

Tipe jasa lingkungan	Penyedia jasa	Pemanfaat	Isu	Yang dilakukan	Yang dapat dilakukan	Yang perlu dihindari	Penelitian
				Meningkatkan transparansi dalam semua level		masalah	(air yang dijual) dan 'jasa
4. Pencegahan banjir	Pola penggunaan lahan memiliki dampak kuat untuk menyangga aliran air pada kejadian kecil – menengah, dengan proses saturasi yang mendominasi kejadian besar	Perlunya penggunaan lahan sebagai lahan kering tergantung pada lokasi (flood plains) dan perlu solusi rekayasa (tanggul, tampungan)	Pencegahan resiko untuk beberapa katagori langka dalam kejadian besar (large events)	Identifikasi masalah dengan RHA, Tanda-tanda banjir dan peringatan dini Fokus pada sungai dan jalan Fokus pada penutup tanah (infiltrasi) daripada pohon/hutan	Pergeseran dari imbal berbasis 'input' ke 'outcome' Mengubah program reforestasi yang ada sekarang ini menjadi lebih bersifat kondisional, sukarela, dan realistik	Solusi yang mengandung bias serta harapan akan nir resiko Imbal atau pembayaran yang bersifat jangka pendek dan tidak berkelanjutan	Rentang pola penggunaan lahan dan mosaic yang dapat diterima Analisa dampak dari pendekatan yang terintegrasi Analisa dampak kemiskinan dan gender Indikator primer yang sesuai untuk pengawasan Tradeoffs dalam mosaics Jeda waktu untuk rehabilitasi dan relasi antara masalah yang spesifik dan general
5. Pencegahan longsor	Hilangnya pohon yang berakar dalam ('anchors' atau cengkeram) menyebabkan resiko terjadinya longsor meningkat	Tergantung pada lokasi di daerah aliran air	Longsor sedikit dipengaruhi oleh tutupan lahan	Pencegahan kerusakan akibat longsor Resiko analisa, termasuk variabilitas curah hujan		Penerapan sistem monokultur (hanya pohon) sebagai solusi	
6. Rehabilitasi DAS dan pengawasan erosi	Menambah tutupan pohon dan serasah yang dapat melindungi tanah merupakan upaya pencegahan yang baik	Persepsi secara 'holistik' mengenai fungsi DAS meskipun kurang ada pengaruh jelas dari kondisi yang lebih spesifik	Gap komunikasi antar ilmuwan				
7. Daerah penyangga keragaman hayati di sekitar daerah lindung - - Bcons_1	Pemanfaatan zona penyangga: larangan berburu, lokasi spesies langka	<i>Flagship</i> spesies masih mendominasi persepsi publik	Faktor pendorong dan penarik dalam pola penggunaan lahan, sumber penghidupan dalam skala besar dengan perencanaan konservasi	Imbal berbasis pada output untuk memusnahkan ' <i>invasive spesies</i> ' Analisa biaya, resiko dan manfaat keragaman hayati Peningkatan kesadaran akan adanya multipersepsi	Penggabungan dengan imbal jasa lain dan keuntungan langsung dari <i>land stewardship</i> dalam konteks lokal. Imbalan dalam konservasi 'habitat' + spesies	Imbal yang berbasis pada ketersediaan dana jangka pendek	Pentingnya proksi dan indikator sederhana Keragaman hayati dalam hamparan yang dimanfaatkan untuk pertanian Jeda waktu dalam

Tipe jasa lingkungan	Penyedia jasa	Pemanfaat	Isu	Yang dilakukan	Yang dapat dilakukan	Yang perlu dihindari	Penelitian
8. Koridor keragaman hayati -- Bcons_2	Masih merupakan konsep baru dalam penggunaan lahan pertanian/hutan di daerah tropis; nilai pemanfaatan beberapa titik lokasi pada 'stepping stones' sama dengan buffer zone	Tergantung pada keragaman atribut dari spesies utama; terkadang tidak diperlukan konektivitas yang lebih tinggi, secara relevan meningkat bersama dengan isu perubahan iklim	Pengkajian dampak ex ante mengenai efektivitas masih sulit dilakukan	Membangun evaluasi kritis terhadap semua pola imbal			degradasi dan rehabilitasi
9. Penyediaan kembali karbon (restocking) pada areal yang terdegradasi -- Crehab	Pilihan jenis pohon yang menguntungkan yang dipengaruhi oleh reforma kebijakan	Pengurangan emisi yang tersertifikasi (<i>Certified Emission Reduction - CER</i>) lebih diharapkan daripada masalah karbon	Isu lain dalam CDM; tingginya biaya transaksi	Tipe CDM standards untuk digunakan pada pasar sukarela (<i>voluntary market</i>) Meningkatkan kapasitas lokal dalam pengawasan stok karbon di permukaan tanah	Penggabungan bioenergy, stok karbon dan keragaman hayati Penghitungan stok karbon dalam tanah (belowground) Standardisasi	Penerapan sistem monokultur sebagai solusi Pemanfaatan air secara berlebihan untuk menurunkan stok karbon	Pilihan untuk mengurangi biaya transaksi melalui standarisasi Tradeoffs penggunaan air
10. Perlindungan karbon, tanah dan pohon -- Ccons	Pengembangan akses adalah faktor utama 'opportunity costs' pada lahan non-konversi	Pengurangan emisi yang tersertifikasi (<i>Certified Emission Reduction - CER</i>) lebih diharapkan daripada masalah karbon	Belum dikenali sebagai bagian dari mekanisme CDM atau UNFCC (Kyoto protocol)	Penghitungan karbon pada skala (sub) regional Fokus pada lahan gambut	Pengurangan dampak dari pembalakan dan imbal untuk pengurangan emisi parsial	Insentif yang kurang tepat dan penyalahgunaan dalam skema imbal skala kecil	Institusi untuk imbalan terhadap pengurangan emisi Pentingnya penghitungan karbon dalam skala sub-nasional
11. Ekolabel – jaminan produk yang memenuhi standar lingkungan	Proses ekolabel harus diawali dari konsumen, dimana dapat terjadi celah komunikasi dan kepercayaan yang membuat biaya transaksi menjadi tinggi	Konsumen dengan tanggung jawab individu yang tinggi; secara bertahap diganti dengan pengenalan standard dan pengembangan baseline dari 'perilaku yang dapat diterima'	Perlu ada standar global dalam menghadapi variasi lokal, standar transparansi dan pengawasan, serta biaya transaksi	Ekolabel untuk edukasi konsumen mengenai pilihan dan trade off produser Berawal dari pangsa pasar lokal untuk mempengaruhi pasar yang lebih besar Studi mengenai 'Willingness to pay'	Pergeseran fokus dari 'hasil' ke pembagian tanggung jawab dalam sistem produksi Pengurangan biaya transaksi/ sertifikasi melalui standarisasi	Harapan akan harga yang tinggi Ekolabel tanpa adanya promosi dan pendidikan konsumen	

Tipe jasa lingkungan	Penyedia jasa	Pemanfaat	Isu	Yang dilakukan	Yang dapat dilakukan	Yang perlu dihindari	Penelitian
12. Ekowisata – keindahan lingkungan, warisan budaya, nilai rekreasi, dll	Penghargaan lokal dan internasional terhadap keindahan yang tergantung pada budaya dan waktu; imbal dapat diberikan sebagai penunjuk jalan atau penyedia akomodasi, makanan, transportasi, dan cenderamata; aspek jender menunjukkan peran yang jelas	Penghargaan keindahan lingkungan dan tradisi budaya perlu didukung dengan kenyamanan dan keamanan	Ekowisata global merupakan pasar yang mudah hilang dimana kondisi keamanan dan politik dapat berpengaruh	Studi 'Willingness to pay' untuk turis domestik dan asing Yakin bahwa meski tarif tinggi tetap dapat berjalan Perlu ada informasi dan promosi Perlu ada transparansi institusi dan pembangunan kepercayaan Feedback langsung dari klien Perlu ada training	Pengembangan turis domestik sebagai segmen pasar yang stabil dan turis asing sebagai nilai tambah	Estimasi tidak real mengenai jumlah pengunjung Perubahan dalam zonasi penggunaan lahan Meremehkan opportunity costs Harapan akan keuntungan yang tinggi	Efek ganda pada ekonomi Dampak (+ dan -) pada kemiskinan, gender dan integritas budaya

Lampiran 1. Hasil akurasi klasifikasi citra landsat

Kelas penggunaan lahan	Akurasi (%)
Hutan	85
Agroforest	86
Pertanian lahan kering	23
Semak	77
Padang rumput	98
Sawah	87
Perairan	67
Pemukiman	94
Rata-rata	77

Lampiran 2.

Debit air di outlet Putusibau diperkirakan berdasarkan data tinggi permukaan air di outlet Sanggau. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perkiraan debit air sungai di outlet Sanggau

Menggunakan kurva rating yang menghubungkan *water level* (tinggi air) dengan debit air:

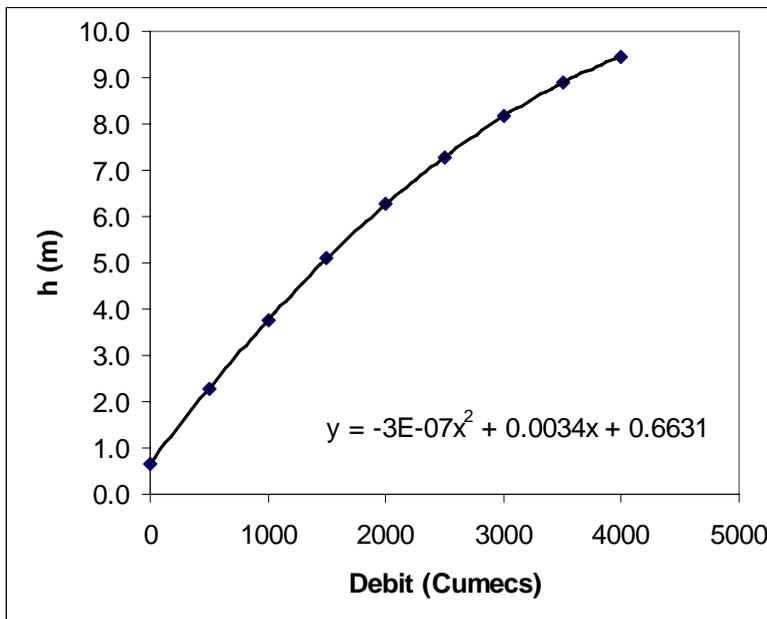
$$h = -3 \times 10^{-7} * Q^2 + (0.0034*Q) + 0.6631$$

dimana:

h = water level atau tinggi air (m)

Q= river flow atau debit sungai (m³/detik)

Rumus tersebut diperoleh dari Dinas Sumber Daya Air Propinsi Kalimantan Barat. Nilai R² dari rumus ini adalah 99%.



Gambar Lampiran 2.1. Kurva rating pada outlet sanggau

2. Memperkirakan debit air di outlet Putusibau

Debit air di outlet Putusibau diperkirakan menggunakan rumus berikut ini:

$$Q_2 = (A_2/A_1) * Q_1$$

dimana:

Q_1 = debit air sungai di outlet Sanggau ($m^3/detik$)

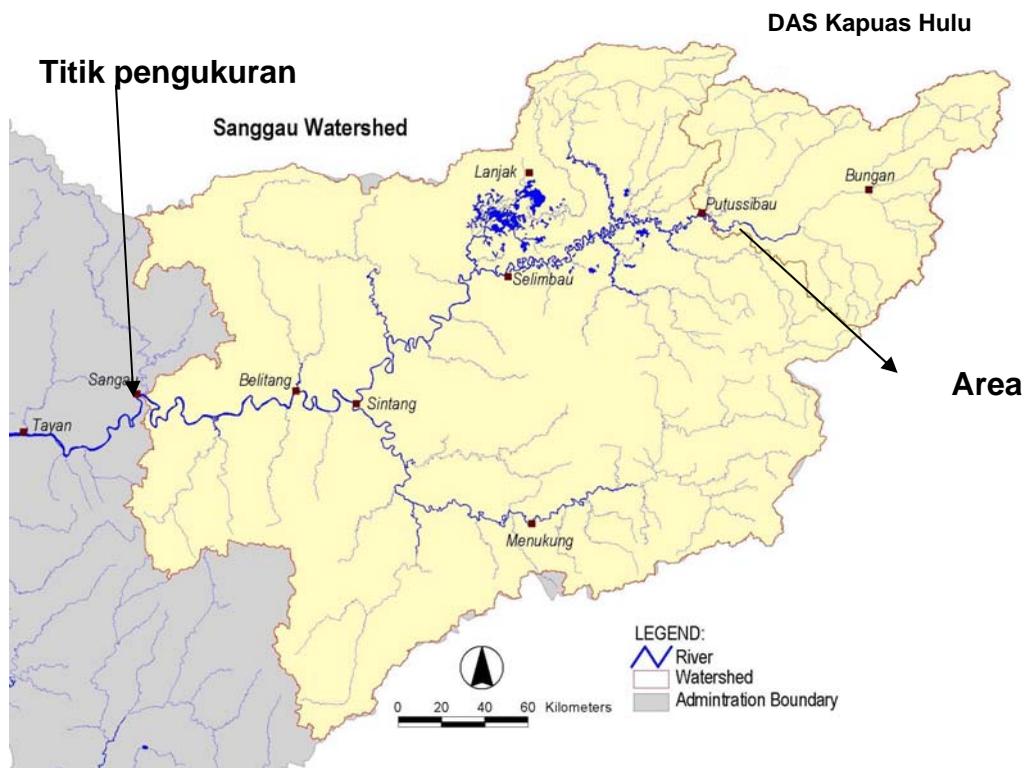
Q_2 = debit air sungai di outlet Putussibau ($m^3/detik$),

A_1 = luasan areal catchment Sanggau (km^2)

A_2 = luasan areal catchment Putussibau (km^2)

Total luasan areal catchment Sanggau adalah 70865 km^2 , sementara Putussibau adalah 9800 km^2 . Dengan demikian, perkiraan faktor konversi untuk outlet Putussibau adalah 14% dari outlet Sanggau. (Gambar Lampiran 2.2).

Wijanarto *et al.* (2005) mengukur debit sungai di outlet Putussibau pada bulan September 2005. Inilai yang didapatnya adalah 674 $m^3/detik$ atau sekitar 40% dari perkiraan debit di Sanggau (1554 $m^3/detik$). Karena itu, faktor konversi inilah yang digunakan untuk memperkirakan debit air.



Gambar Lampiran 2.2. Letak stasiun Sanggau dimana data hidrologi diperoleh

Daftar Pustaka

- Aldy J E. 2005. An environmental kuznets curve analysis of US state-level carbon dioxide emissions. *Journal of Environment & Development* 14: 48-72.
- Bhattarai M and Hammig M. 2004. Governance, economic policy, and the environmental Kuznets curve for natural tropical forests. *Environment and Development Economics* 9: 367–382.
- Culas RJ. 2006. Deforestation and the environmental Kuznets curve: An institutional perspective. *Ecological Economics*. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.03.014
- Dixon HJ, Doores JW, Joshi L and Sinclair FL. 2001. *Agroecological Knowledge Toolkit for Windows: methodological guidelines, computer software and manual for AKT5 School of Agricultural and Forest Sciences, University of Wales, Bangor*
- Farida and van Noordwijk M. 2004. Analisis Debit Sungai Akibat Alih Guna Lahan Dan Aplikasi Model Genriver Pada Das Way Besai, Sumberjaya. *Agrivita* Vol. 26: (1)39-47.
- Hairiah K, Widiyanto, Suprayogo D, *et al.* 2006. Root effects on slope stability in Sumberjaya, Lampung (Indonesia). Paper presented in “International Symposium toward Sustainable Livelihood and Ecosystems in Mountainous Regions” Chiang Mai, 7-9 March 2006
- Jeanes K, van Noordwijk M, Joshi L, Widayati A, Farida and Leimona B. 2006. Rapid Hydrological Appraisal in the context of environmental service rewards. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office. 56 p.
<http://www.worldagroforestrycentre.org/sea/Publications/searchpub.asp?publishid=1438>
- Kaimowitz, D., 2001. Useful Myths and Intractable Truths: The Politics of the Link between Forests and Water in Central America. , Center for International Forest Research (CIFOR), San Jose, Costa Rica [http://www.flowsonline/papers:Kaimowitz 2001 Useful Myths and Intractable Truths.doc](http://www.flowsonline/papers:Kaimowitz%2001%20Useful%20Myths%20and%20Intractable%20Truths.doc).
- Kolstad CD. 2006. Interpreting Estimated Environmental Kuznets Curves for Greenhouse Gases. *The Journal of Environment Development* 15: 42-49
- Landell-Mills N and Porras IT. 2002. Silver bullet or fool’s gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor, *Instruments for Sustainable Private Sector Forestry*. London: IIED.
- Ngo M. (1998). Profil Kelompok-Kelompok Dayak dan Pengembangan Partisipasi di Taman Nasional Bentuang Karimun. Presented on Lokakarya "Rencana Pengelolaan Taman Nasional Bentuang Karimun: Usaha Mengintegrasikan Konsevasi Keanekaragaman Hayati dengan Pembangunan Propinsi Kalimantan Barat". 30 April 1998. 20 pp

- Paudel KP, Zapata H and Susanto D. 2005. An Empirical Test of Environmental Kuznets Curve for Water Pollution. *Environmental & Resources Economics* 31: 325–348
- Sinclair FL and Walker DH. 1998. Acquiring qualitative knowledge about complex agroecosystems. Part 1: Representation as natural language. *Agricultural Systems* 56(3):341 - 363.
- Suyanto S. 2006. Clean Rivers, Lighted Lights: Monetary Rewards for Reducing Sediment. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office.
- Stern DI. 2004. The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development* 32: 1419–1439
- van Noordwijk M, Farida , Saipothong P, *et al.*. 2006. Watershed functions in productive agricultural landscapes with trees. In: Garrity DP, Okono A, Grayson M and Parrott S, eds. *World Agroforestry into the Future*. Nairobi, Kenya. World Agroforestry Centre - ICRAF. P. 103-112.
- van Noordwijk M, Farida A, Suyanto DA and Khasanah N. 2003. Spatial variability of rainfall governs river flow and reduces effects on landuse change at landscape scale: GenRiver and SpatRain simulations. MODSIM proceedings, Townsville (Australia) July 2003. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office.
- van Noordwijk M, Leimona B, Velarde SJ, Suyanto S, Joshi L and Swallow BM. 2007. Realistic, conditional and voluntary -- but pro-propoor? Criteria and indicators for environmental service reward and compensation mechanisms. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office.
<http://www.worldagroforestrycentre.org/sea/Publications/searchpub.asp?publishid=1632>
- Van Noordwijk, M, Agus, F, Suprayogo, D. Hairiah, K., Pasya, G., Verbist, B., dan Farida. 2004. Peranan Agroforestri Dalam Mempertahankan Fungsi Hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS) . *AGRIVITA VOL. 26*: 1-8.
- World Bank, 1992. World Bank Development Report 1992: Development and the Environment. World Bank, Washington, DC.

Daftar Istilah

(Bank) overflow: debit sungai yang melebihi kondisi reguler dimana aliran air yang masuk ke sungai lebih banyak dari yang keluar dan telah melampaui kapasitas simpanan

Aliran cepat tanah (*soil quick flow*): debit sungai yang terjadi dalam waktu singkat (dalam satu hari) setelah kejadian hujan

Aliran dasar atau aliran bawah (*base flow*): bagian dari aliran sungai yang dapat mengurangi pelepasan air tanah ke sungai dan biasanya tidak berkaitan dengan kondisi curah hujan.

Aliran puncak (*peak flows*): aliran maksimum yang melalui anak-anak sungai

Aliran rendah (*low flow*): aliran melalui anak sungai setelah tidak adanya hujan dalam waktu yang cukup lama

Aliran sungai (*streamflow*): jumlah aliran air yang mengalir dalam suatu saluran sungai. Penggunaan istilah ini sama dengan istilah debit atau aliran sungai (*river flow*)

Banjir besar dalam waktu singkat (*flash flood*): banjir yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan besar dalam periode waktu yang pendek, biasanya kurang dari 6 jam, yang mengakibatkan aliran sungai dan permukaan air meningkat secara cepat.

Evapotranspirasi (*evapotranspiration*): Proses gabungan evaporasi dari permukaan tanah, perairan terbuka atau air dalam tanaman dan proses transpirasi tanaman

Fraksi debit total (*total discharge fraction*): total debit sungai per unit hujan, biasanya dinyatakan dalam unit waktu tahunan

Indikator penyangga (*buffering indicator*) berasal dari rasio aliran sungai di atas rata-rata dan curah hujan di atas rata-rata

Indikator penyangga relatif (*relative buffering indicator*): fungsi menyangga yang disesuaikan dengan produksi air tahunan relatif

Kapasitas simpanan (*storage capacity*): kapasitas maksimal air yang tertampung

Kemampuan menyangga (*buffering capacity*) adalah kemampuan suatu sistem untuk mengurangi dampak dari pengaruh luar terhadap kondisi di dalam (*internal properties*), seperti pengurangan variasi aliran sungai terhadap variasi curah hujan.

Kemampuan menyangga pada kondisi puncak (*buffering for peak events*) adalah fungsi 'menyangga' yang ditunjukkan terutama pada puncak curah hujan tertinggi

Kualitas air (*water quality*): karakteristik air secara fisik, biologi atau kimia sesuai dengan penggunaannya

Limpasan permukaan (*run off*) atau aliran cepat permukaan (*surface quick flow*): aliran sungai yang berasal dari limpasan permukaan. Aliran terjadi secara cepat pada saat kejadian hujan.

Neraca air (*water balance*): merupakan perbandingan antara besarnya asupan air hujan (*inflow*) yang masuk dalam sistem DAS dan keluarannya (*outflows*) menjadi evapotranspirasi, dan debit aliran sungai

Pelepasan air secara bertahap (*gradual water release*): pelepasan air tanah secara bertahap pada musim kering

Pembuangan air tanah (*ground water discharge*): adalah pelepasan air tanah ke permukaan air atau sungai

Presipitasi (*precipitation*): air yang jatuh ke bumi dalam bentuk hujan, salju, dan hujan es

Simpanan air (*water storage*): Volume air yang masih tertahan di dalam tanah (air tanah), danau atau waduk, sungai dan badan air lainnya

Transmisi air (*water transmission*): Fungsi hidrologi DAS dalam mengalirkan air mulai dari hujan sampai menjadi aliran sungai

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 systèmes agroforestiers par les législations forestières au Sahel: Cas du Burkina Faso, du Mali, du Niger et du Sénégal.
30. Etat de la recherche agroforestière au Rwanda étude bibliographique, période 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.

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.



A Future Harvest Centre supported by the CGIAR



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 Box161 Bogor 16001, Indonesia
Tel: +62 251 625 415 - Fax: +62 251 625 416
www.worldagroforestry.org