

3.4.2 Peta tutupan lahan dari waktu ke waktu DAS Krueng Peusangan

Salah satu tahap terpenting dalam ALUCT adalah menentukan skema klasifikasi tutupan lahan untuk interpretasi citra satelit. Skema klasifikasi tutupan lahan ditentukan berdasarkan pengamatan lapang yang dilakukan pada bulan Januari 2010. Tiga kelas tutupan lahan yang dominan di DAS Krueng Peusangan adalah: (1) kelas-kelas hutan, (2) kelas-kelas agroforestri dan (3) lahan pertanian. Kelas hutan dapat dibagi menjadi hutan tidak terganggu dan hutan bekas tebangan. Kelas agroforestri terdiri dari kopi agroforest, kebun campur dan kelapa agroforest.

Gambar 19 memperlihatkan kumpulan titik GPS dari setiap kelas tutupan lahan yang dikumpulkan saat kunjungan lapangan. Data tersebut dijadikan pedoman (1) sebagai contoh untuk proses interpretasi citra dan (2) sebagai referensi untuk penilaian akurasi.



Gambar 19. Titik-titik GPS untuk penilaian akurasi

Tabel 21 menggambarkan hasil penilaian akurasi untuk tutupan lahan tahun 2009 dengan menggunakan 260 titik GPS. Akurasi secara umum sebesar 80.3%. Beberapa kesalahan interpretasi terjadi saat membedakan kelas kebun campur, kopi agroforest dan kelapa agroforest dikarenakan sebagian besar mempunyai tutupan kanopi yang serupa.

Peta-peta tutupan lahan dari waktu ke waktu pada Gambar 20 memperlihatkan adanya perbedaan komposisi penggunaan/penutupan lahan yang jelas di bagian hulu DAS, tengah DAS dan hilir DAS. Di bagian hulu DAS, hutan pinus; kopi agroforest skala kecil dan menyebar dapat dijumpai di sekitar danau Laut Tawar. Hutan dan kopi agroforest dalam luasan yang cukup luas dapat dijumpai di bagian tengah DAS. Di bagian hilir DAS, komposisi tutupan lahan terdiri dari kebun campur, agroforest kelapa, lahan pertanian/tanaman semusim dan beberapa perkebunan kelapa sawit disekitar pantai.

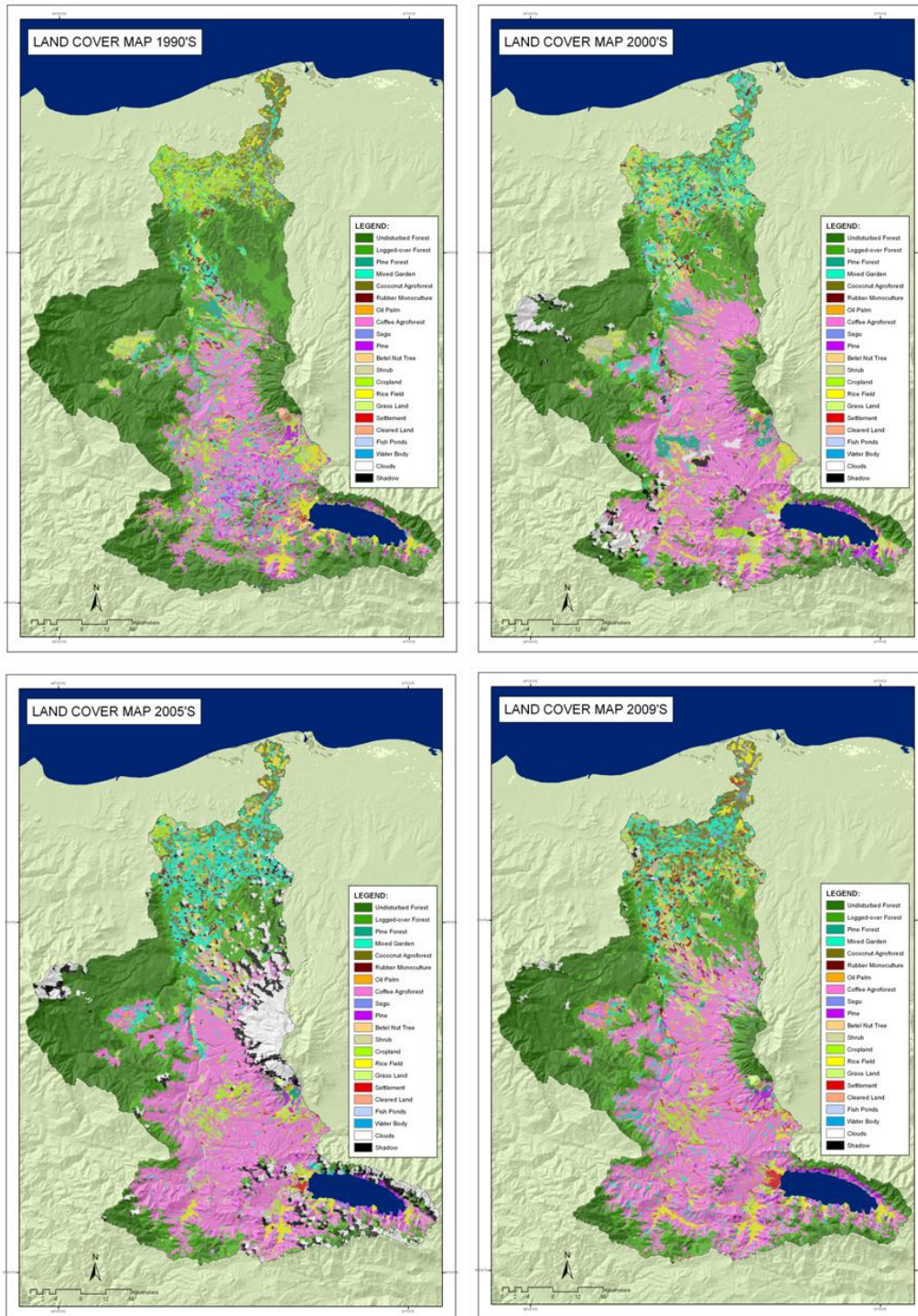
Tabel 21. Hasil penilaian akurasi

ID	Kelas tutupan lahan	Akurasi
1	Pohon betel nut	90.0%
2	Lahan terbuka	90.0%
3	Kelapa agroforest	62.5%
4	Kopi agroforest	78.5%
5	Lahan pertanian/tanaman semusim	82.4%
6	Kolam ikan	89.0%
7	Padang rumput	71.4%
8	Kebun campur	59.1%
9	Kelapa sawit	69.2%
10	Pinus bekas tebangan	84.6%
11	Hutan pinus	87.0%
12	Sawah	95.8%
13	Karet monokultur	91.0%
15	Pemukiman	95.2%
16	Semak belukar	75.0%

3.4.3 Perubahan tutupan lahan dan alur perubahannya di DAS Krueng Peusangan

Perubahan tutupan lahan DAS Krueng Peusangan dalam kurun waktu 1990-2009 disajikan pada Tabel 22. Dari Tabel 22 terlihat bahwa empat pola perubahan yang umum terjadi antara lain: (1) penurunan tutupan hutan, (2) peningkatan tutupan kopi agroforest, (3) peningkatan tutupan kelapa sawit di bagian hilir DAS, dan (4) penurunan tutupan hutan pinus. Hutan tidak terganggu mengalami sedikit penurunan dari 26% total DAS Krueng Peusangan (67,597 ha) pada tahun 1990 menjadi 13 % (34,403 ha) pada tahun 2009. Hutan bekas tebangan meningkat dari 9% (23,951 ha) pada tahun 1990 menjadi 11% (28,109 ha) pada tahun 2009. Hal ini menunjukkan adanya degradasi hutan yang disebabkan oleh aktivitas penebangan kayu.

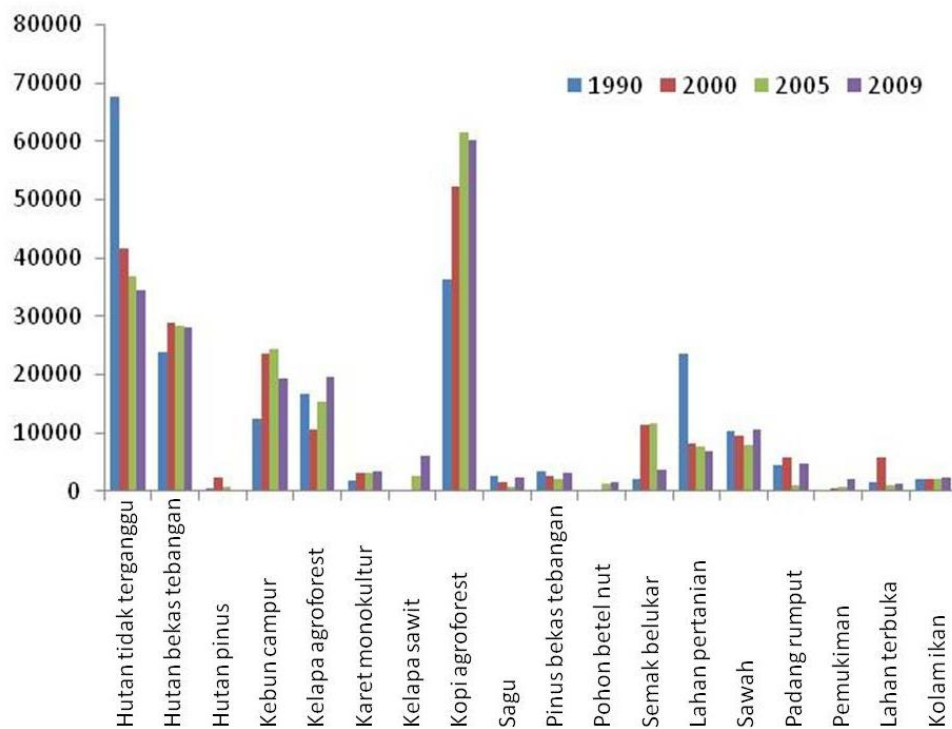
Di sisi lain, kopi agroforest meningkat dari 14% (36,462 ha) pada tahun 1990 menjadi 23% (60,204 ha) pada tahun 2009. Sebagian besar kopi agroforest terletak di bagian hulu dan tengah DAS Krueng Peusangan. Perkebunan kelapa sawit mulai nampak pada peta tutupan lahan tahun 2000. Luas area kebun kelapa sawit relatif kecil tetapi meningkat secara cepat dari 1% (2,612 ha) pada tahun 2005 menjadi 2% (6,157 ha) pada tahun 2009. Lokasi perkebunan kelapa sawit terletak di bagian hilir DAS Krueng Peusangan. Gambar 21 memperlihatkan perubahan tutupan lahan di Krueng Peusangan secara keseluruhan.



Gambar 20. Peta tutupan lahan dari waktu ke waktu DAS Krueng Peusangan

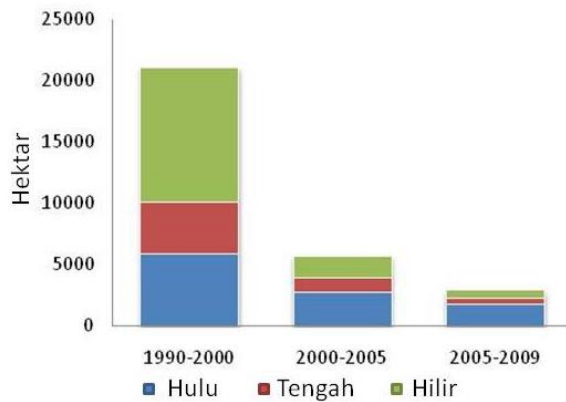
Tabel 22. Perubahan luasan untuk setiap tipe tutupan lahan DAS Krueng Peusangan dalam kurun waktu 1990 – 2009

Jenis tutupan lahan	1990		2000		2005		2009	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Hutan tidak terganggu	67,597.2	26%	41,739.8	16%	36,929.6	14%	34,403.9	13%
Hutan bekas tebangan	23,951.8	9%	28,944.5	11%	28,306.4	11%	28,109.8	11%
Hutan pinus	503.2	0%	2,299.5	1%	718.8	0%	344.7	0%
Kebun campur	12,572.4	5%	23,706.2	9%	24,519.2	10%	19,295.2	8%
Kelapa agroforest	16,695.6	6%	10,465.7	4%	15,452.3	6%	19,698.3	8%
Karet monokultur	1,715.5	1%	3,075.4	1%	3,144.9	1%	3,387.8	1%
Kelapa sawit	-	0%	5.0	0%	2,612.6	1%	6,157.4	2%
Kopi agroforest	36,462.2	14%	52,145.4	20%	61,637.4	24%	60,204.6	23%
Sagu	2,692.0	1%	1,531.6	1%	727.4	0%	2,436.4	1%
Pinus bekas tebangan	3,534.0	1%	2,634.4	1%	2,221.2	1%	3,046.5	1%
Pohon betel nut	-	0%	27.3	0%	1,351.4	1%	1,499.3	1%
Semak belukar	2,192.0	1%	11,443.8	4%	11,621.0	5%	3,626.6	1%
Lahan pertanian/tanaman semusim	23,518.3	9%	8,316.3	3%	7,717.1	3%	6,955.5	3%
Sawah	10,335.0	4%	9,443.9	4%	8,050.1	3%	10,545.9	4%
Padang rumput	4,396.5	2%	5,883.2	2%	1,057.3	0%	4,734.6	2%
Pemukiman	282.2	0%	626.2	0%	884.3	0%	1,957.9	1%
Lahan terbuka	1,636.3	1%	5,676.4	2%	1,058.9	0%	1,423.8	1%
Kolam ikan	1,980.7	1%	2,100.4	1%	2,055.2	1%	2,236.8	1%
Tubuh air	8,014.2	3%	8,014.2	3%	8,014.2	3%	8,014.2	3%
Tidak ada data	38,952.1	15%	38,952.1	15%	38,952.1	15%	38,952.1	15%
Total	257,031.2	100%	257,031.2	100%	257,031.2	100%	257,031.2	100%

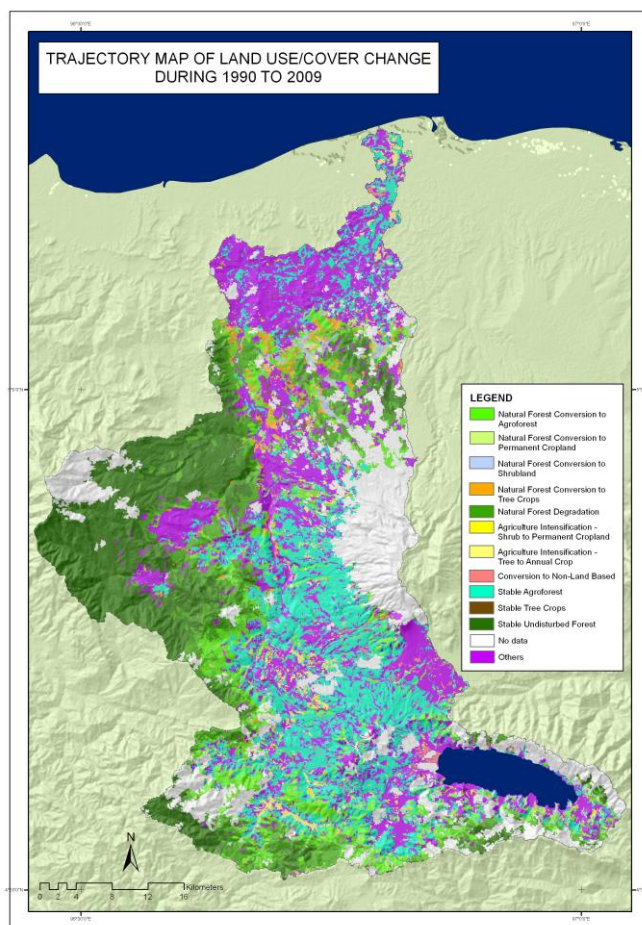


Gambar 21. Perubahan setiap tipe tutupan lahan DAS Krueng Peusangan dalam kurun waktu 1990 – 2009

Degradasi hutan merupakan salah satu perubahan tutupan lahan yang dominan di DAS Krueng Peusangan. Laju degradasi hutan yang paling tinggi terjadi pada kurun waktu 1990 – 2000. Gambar 22 menunjukkan analisis degradasi hutan di DAS Krueng Peusangan. Proporsi degradasi hutan terbesar pada kurun waktu 1990 – 2000 terjadi di bagian hulu dan hilir DAS Krueng Peusangan. Laju degradasi hutan terlihat menurun pada kurun waktu 2000 – 2009.



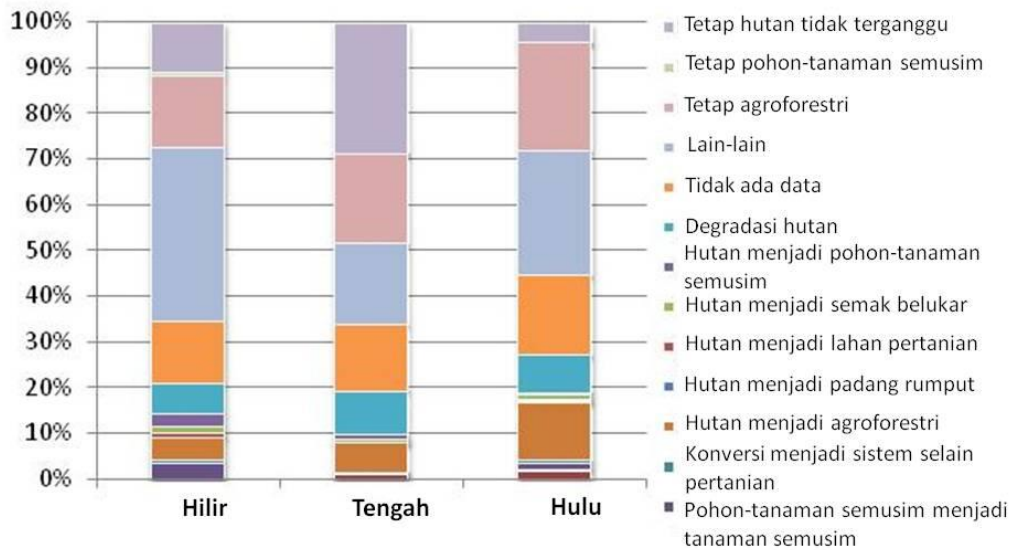
Gambar 22. Degradasi hutan DAS Krueng Peusangan



Gambar 23. Peta alur perubahan tutupan lahan DAS Krueng Peusangan

Analisa alur perubahan tutupan yang dilakukan untuk mendapatkan gambaran sederhana mengenai perubahan tutupan lahan yang dominan di DAS Krueng Peusangan disajikan pada Gambar 23 dan Gambar 24. Dari Gambar 23 dan 24 terlihat bahwa alur perubahan tutupan lahan yang dominan di DAS Krueng Peusangan antara lain: (1) konversi hutan menjadi agroforestri

dan (2) degradasi hutan. Degradasi hutan sebagian besar terjadi di bagian hulu DAS, sedangkan konversi hutan menjadi agroforestri terjadi di bagian tengah DAS (Gambar 24).



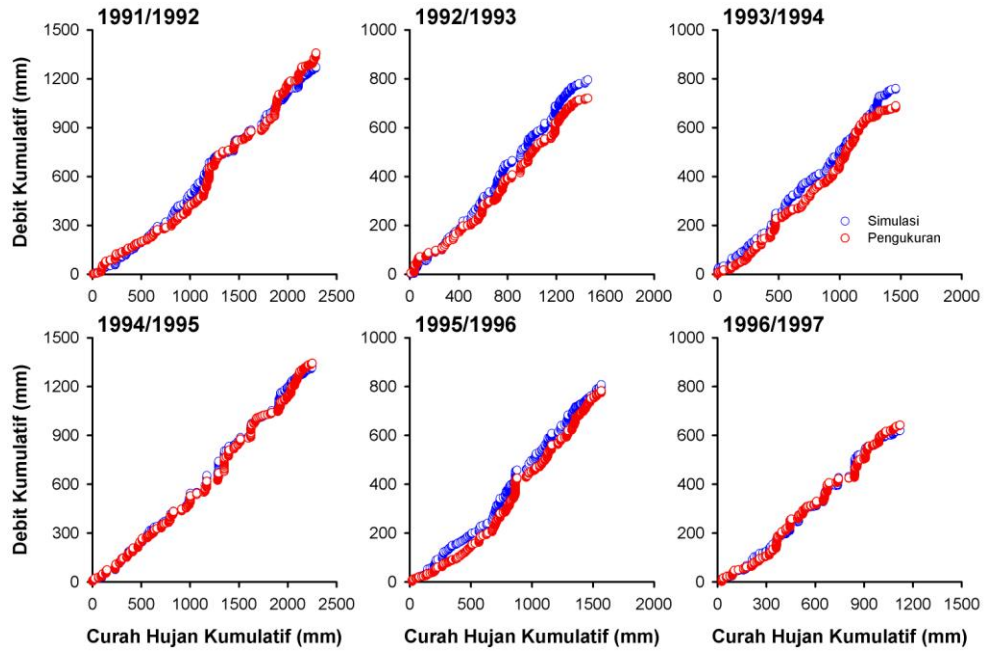
Gambar 24. Alur perubahan tutupan lahan DAS Krueng Peusangan

3.5 Analisa Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Saat Ini dan yang Akan Datang terhadap Kestimbangan Air

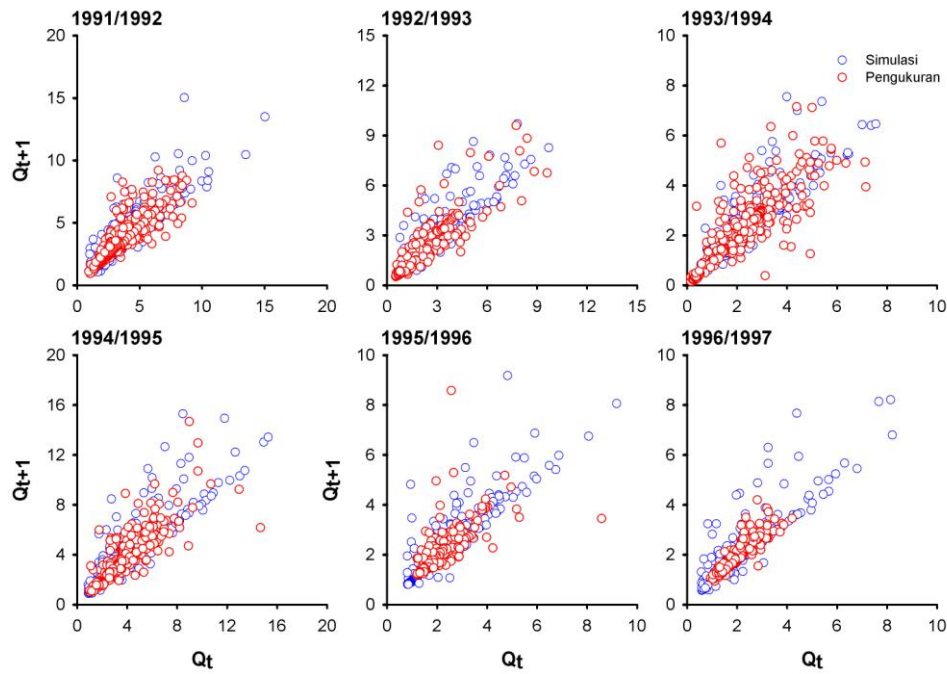
3.5.1 Kalibrasi dan validasi model

Kemampuan model mensimulasikan debit sungai

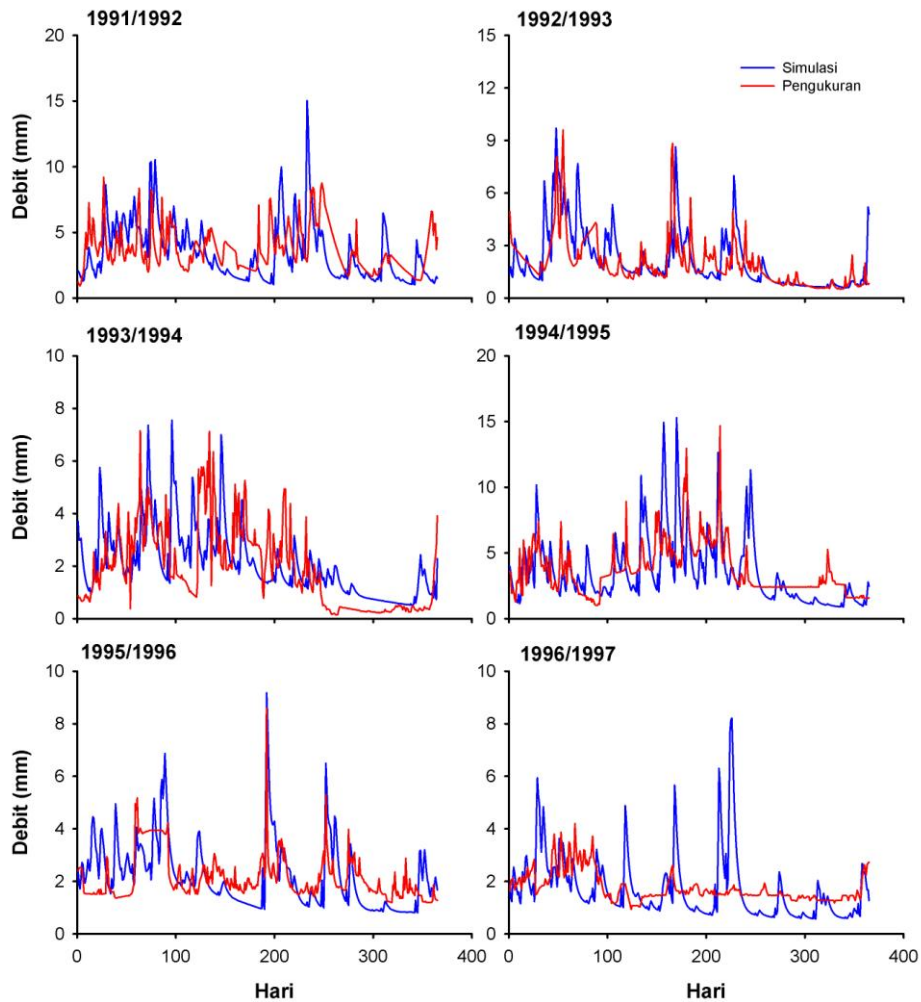
Proses kalibrasi dan validasi model menggunakan enam tahun data debit yang tersedia. Secara umum, debit harian kumulatif hasil simulasi menunjukkan pola yang sama dengan debit harian kumulatif hasil pengukuran (Gambar 25). Perbandingan pola yang lebih detail dengan membandingkan kestabilan debit hari ini (Q_{i+1}) terhadap debit hari sebelumnya (Q_i) dan melihat pola debit harian (Gambar 26 dan 27). Dari Gambar 26 dan 27 menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara hasil simulasi dan pengukuran untuk kejadian-kejadian aliran/debit tertinggi dan terendah. Namun demikian, uji statistik untuk Gambar 25 – 27 menghasilkan perbandingan yang baik atau sangat baik (bias kurang dari 20%) kecuali untuk tahun 1993/1994 (Tabel 23), dengan kata lain, selisih antara debit hasil pengukuran dan hasil simulasi masih berada dalam batas yang dapat diterima.



Gambar 25. Grafik curah hujan kumulatif vs debit sungai kumulatif hasil simulasi dan pengukuran dilapangan



Gambar 26. Grafik kestabilan aliran/debit hari ini (Q_{t+1}) vs debit hari sebelumnya (Q_t)



Gambar 27. hidrograf debit sungai hasil pengukuran dan simulasi (mm)

Tabel 23. Hasil analisa kemampuan model terhadap data debit sungai bulanan

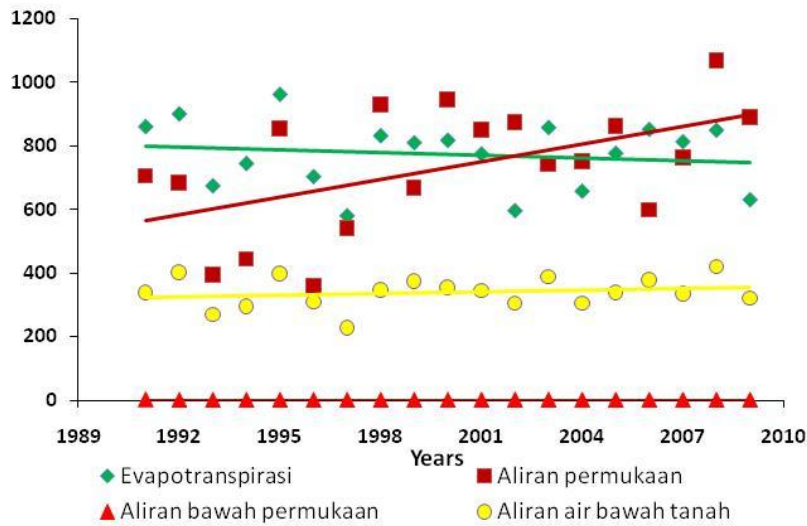
Year	n	Biased (%)	NSE	r	Biased (%)	NSE
1991/1992	12	-10.28	-0.92	0.62	Good	Unsatisfactory
1992/1993	12	5.69	0.66	0.91	Very good	Good
1993/1994	12	38.45	0.51	0.72	Unsatisfactory	Satisfactory
1994/1995	12	-2.94	0.63	0.86	Very good	Satisfactory
1995/1996	12	-0.51	0.28	0.74	Very good	Unsatisfactory
1996/1997	12	-7.79	-1.32	0.45	Very good	Unsatisfactory

Kemampuan model mensimulasikan kesetimbangan air

Kesetimbangan air rata-rata DAS Krueng Peusangan selama 18 tahun periode simulasi disajikan dalam Tabel 24. Total curah hujan bervariasi antara 1317 – 2366 mm. Evapotranspirasi sekitar 41% dari total curah hujan setiap tahunnya. Aliran permukaan sekitar 39% dari total curah hujan, sedangkan aliran bawah permukaan (*soil quick flow/sub surface flow*) hampir tidak ada. Aliran permukaan cenderung meningkat dan evapotranspirasi cenderung menurun dalam kurun waktu 20 tahun terakhir sebagai pengaruh dari perubahan tutupan lahan di bagian hulu dan hilir DAS (Gambar 28), sedangkan aliran air bawah tanah (*base flow*) dan aliran bawah permukaan cenderung tetap.

Tabel 24. Hasil simulasi kesetimbangan air dalam kurun waktu 1991 – 2009

Parameter	Min		Rerata		Max	
	mm	% rainfall	mm	% rainfall	mm	% rainfall
Curah hujan	1316.9		1895.4		2366.3	
Evapotranspirasi	581.5	44.2	774.0	40.8	962.2	40.7
Debit sungai (pengukuran)	693.3	52.6	964.5	50.9	1335.0	56.4
Air danau yang tidak mengalir	4.5	0.3	22.2	1.2	41.4	1.7
Debit sungai (simulasi):	731.9	55.6	1116.0	58.9	1497.2	63.3
- Aliran permukaan	357.9	27.2	733.6	38.7	1068.5	45.2
- Aliran bawah permukaan	0.02	0.0	0.4	0.0	1.2	0.1
- Aliran air bawah tanah	229.0	17.4	340.1	17.9	421.0	17.8
- Aliran keluar danau	91.3	6.9	94.3	5.0	98.6	4.2

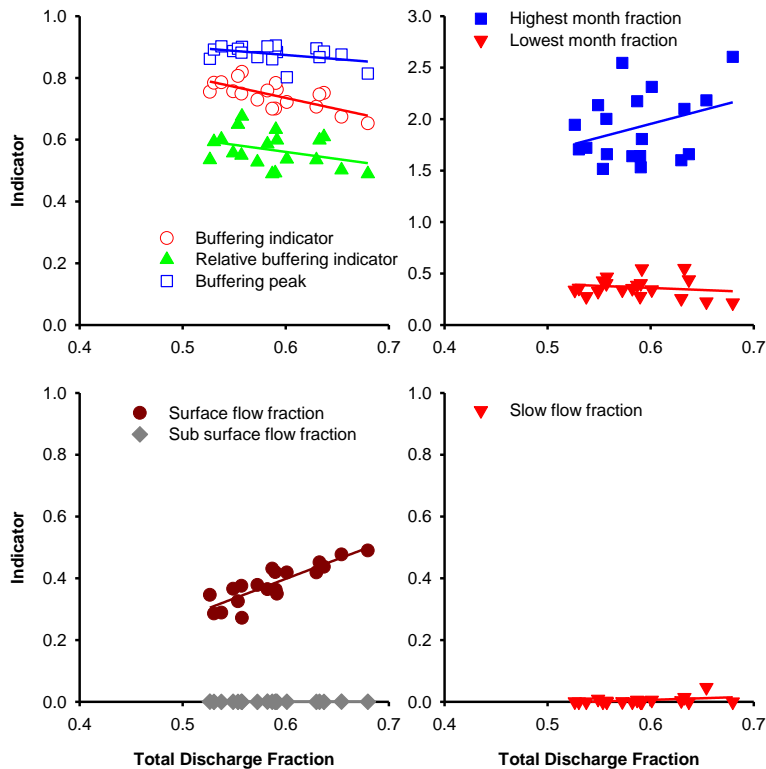


Gambar 28. Hasil Simulasi kesetimbangan air dalam kurun waktu 1991 – 2009 (mm)

Analisa indikator fungsi DAS

Pengaruh dari variasi curah hujan dan perubahan tutupan lahan terhadap parameter-parameter kesetimbangan air dapat dinilai secara sederhana menggunakan indikator fungsi DAS. Fraksi total debit sungai terhadap total curah hujan cenderung meningkat dengan nilai rata-rata 0.59 (Tabel 25) dalam kurun waktu 20 tahun terakhir, hal ini mencerminkan adanya pengaruh perubahan tutupan lahan dan variasi curah hujan.

Fraksi aliran permukaan dan fraksi debit bulanan tertinggi (*highest month fraction*) mempunyai korelasi positif terhadap fraksi total debit sungai dengan nilai rata-rata berturut - turut 0.38 dan 1.92. Fraksi debit bulanan terendah (*lowest month fraction*), indikator penyangga (*buffering indicator*), indikator penyangga relatif (*buffering indicator relative*) dan penyangga kejadian puncak (*buffering peak event*) mempunyai korelasi negatif terhadap fraksi total debit sungai. Indikator lain cenderung stabil terhadap fraksi total debit sungai setiap tahunnya (Gambar 29).



Gambar 29. Indikator fungsi DAS dalam kurun waktu 18 tahun terakhir

Tabel 25. Indikator fungsi DAS dalam kurun waktu 1991 – 2009

No.	Indikator	Min	Rerata	Max
1.1	Fraksi total debit	0.526	0.587	0.680
2.1	Indikator penyangga	0.653	0.744	0.819
2.2	Indikator penyangga relatif	0.489	0.566	0.676
2.3	Penyangga kejadian puncak	0.802	0.878	0.905
2.4	Debit bulanan tertinggi relatif terhadap rata-rata curah hujan	1.516	1.920	2.605
2.5	Fraksi aliran permukaan	0.272	0.382	0.490
2.6	Fraksi aliran bawah permukaan	0.000	0.000	0.001
3.1	Fraksi aliran lambat	0.000	0.005	0.047
3.2	Debit bulanan terendah relatif terhadap rata-rata curah hujan	0.215	0.365	0.550

3.5.2 Skenario model

Kesetimbangan air

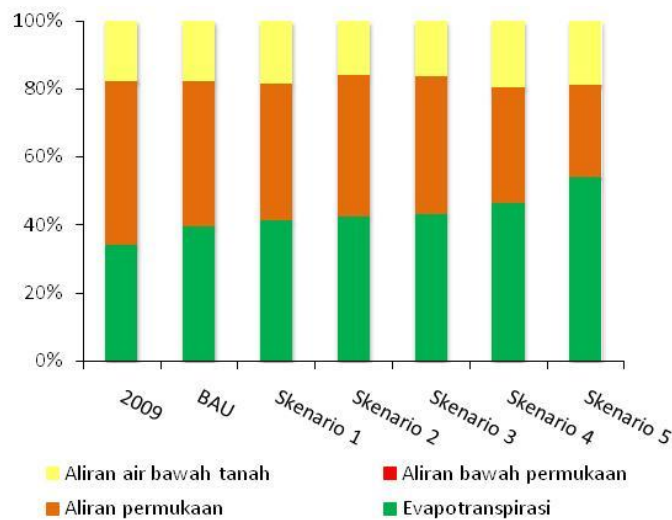
Kesetimbangan air dari berbagai skenario yang dikaji disajikan pada Tabel 26 dan Gambar 30. Setelah 10 tahun simulasi, Hasil simulasi menunjukkan bahwa kesetimbangan air tidak berbeda secara nyata untuk skenario perubahan tutupan lahan dari sistem selain berbasis pohon menjadi sistem berbasis pohon kompleks (*complex mixed tree crop*) (scenario 1); skenario dari sistem hutan bekas tebangan menjadi hutan pinus (scenario 2); atau kombinasi kedua skenario 1 dan 2 (scenario 3). Hal ini berkaitan dengan kecilnya luasan yang mengalami perubahan (sekitar 10 – 15% dari total wilayah).

Perubahan yang signifikan ditemukan dalam skenario 4 dan 5. Pada skenario 5 dimana reboisasi hutan merupakan aktivitas utama disemua sub-DAS, evapotraspirasi meningkat sekitar 50%

dan debit sungai menurun sekitar 25%. Tren yang sama juga ditemukan pada skenario 4 dimana reboisasi disebagian wilayah DAS dan merubah sistem monokultur baik tanaman semusim maupun pohon menjadi sistem kebun campur kompleks, namun peningkatan evapotranspirasi dan penurunan debit sungai tidak setinggi pada skenario 5. Peningkatan aliran bawah tanah juga di jumpai pada kedua skenario tersebut. Peningkatan sejumlah kecil aliran air bawah tanah juga dijumpai pada scenario 4 dan 5. Hal ini menunjukkan adanya penundaan aliran air, tertundanya aliran air mencapai sungai dengan berkurangnya limpasan permukaan dan meningkatnya aliran air bawah tanah bergantung pada tingkat perbaikan kondisi sifat fisik tanah. Disisi lain, volume danau terus menurun pada berbagai skenario yang diuji (Tabel 27).

Table 26. Hasil simulasi kesetimbangan air untuk masing-masing skenario pada tahun 2019

Parameter	Skenario						
	Aktual	BAU	1	2	3	4	5
Curah hujan	1885.7	1885.7	1885.7	1885.7	1885.7	1885.7	1885.7
Evapotranspirasi	745.8	727.3	755.4	780.0	789.9	850.6	998.1
Air danau yang tidak mengalir	19.7	19.9	17.3	20.6	18.2	10.1	9.1
Debit sungai (simulasi):	1109.2	1127.5	1100.6	1080.8	1072.3	1014.8	901.7
- Aliran permukaan	756.4	780.2	739.3	758.4	741.8	617.4	498.3
- Aliran bawah permukaan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.0
- Aliran air bawah tanah	325.0	320.4	331.5	288.1	293.6	356.0	345.5
- Aliran keluar danau	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6



Gambar 30. Hasil simulasi kesetimbangan air untuk setiap skenario dibandingkan dengan kondisi pada tahun 2009

Tabel 27. Hasil simulasi volume danau untuk semua skenario (m³)

Scenarios	2000	2019	Different
BAU	2,525,823,620	2,358,279,443	167,544,177 (6.63)
1	2,525,823,620	2,356,547,397	169,276,223 (7.02)
2	2,525,823,620	2,356,227,820	169,595,801 (6.70)
3	2,525,823,620	2,355,689,519	170,134,101 (6.71)
4	2,525,823,620	2,353,643,535	172,180,085 (6.74)
5	2,525,823,620	2,348,469,103	177,354,517 (6.82)

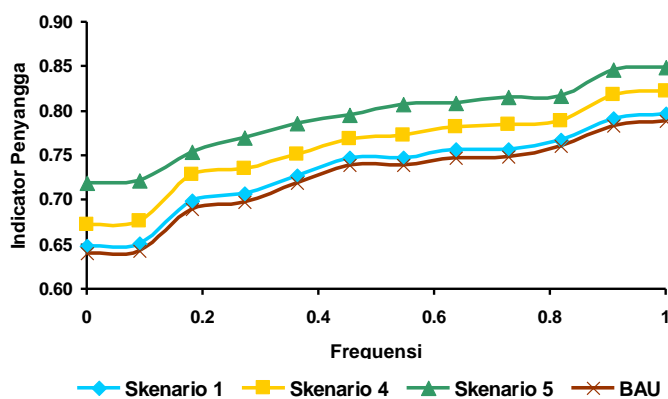
Analisa indikator fungsi DAS

Perubahan fungsi DAS yang mencerminkan perubahan tutupan lahan yang dikaji dari berbagai skenario disajikan dalam Tabel 28. Indikator fungsi DAS pada tiga skenario pertama tidak berbeda nyata dengan skenario BAU. Perubahan yang nyata ditemukan pada fraksi aliran permukaan dan fraksi total debit pada skenario 4 dan 5. Hasil ini, menegaskan bahwa kenaikan tutupan lahan berbasis pohon di suatu bentang lahan dapat mencegah banjir (*flash flood*) maupun abrasi saat kejadian curah hujan tinggi.

Gambar 31 menunjukkan indikator penyangga yang disajikan dalam bentuk frekuensi. Dibandingkan dengan skenario BAU, pergeseran kurva indikator penyangga adalah 0.8%, 3.4% dan 6.6%, secara berturut-turut untuk skenario 1, 4 dan 5, perbedaan antara tahun terbaik dengan terburuk adalah 14.9%, 15% dan 13%, berturut-turut untuk skenario 1, 4 dan 5. Skenario perubahan tutupan lahan pada skenario 1, 4 dan 5 mampu memperbaiki kondisi sebesar 10%, 15% dan 36% terhadap tahun terburuk pada skenario BAU.

Tabel 28. Hasil simulasi kesetimbangan air berbagai skenario dalam kurun waktu 2000 – 2019

No.	Indikator	2019	Skenario					
			BAU	1	2	3	4	5
1.1	Fraksi total debit	0.59	0.60	0.58	0.57	0.57	0.54	0.48
2.1	Indikator penyangga	0.79	0.79	0.80	0.79	0.79	0.82	0.85
2.2	Indikator penyangga relatif	0.65	0.64	0.65	0.64	0.64	0.66	0.68
2.3	Penyangga kejadian puncak	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.88	0.89
2.4	Debit bulanan tertinggi relatif terhadap rata-rata curah hujan	1.59	1.60	1.58	1.60	1.59	1.54	1.48
2.5	Fraksi aliran permukaan	0.40	0.41	0.39	0.40	0.39	0.33	0.26
2.6	Fraksi aliran bawah permukaan	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.1	Fraksi aliran lambat	0.19	0.18	0.20	0.17	0.18	0.21	0.21
3.2	Debit bulanan terendah relatif terhadap rata-rata curah hujan	0.53	0.52	0.53	0.52	0.52	0.53	0.53



Gambar 31. Indikator penyangga skenario 1, 4 dan 5 yang dinyatakan dalam frekuensi

4. Pembahasan

Secara umum, perspektif masyarakat lokal dan para pemangku kepentingan terhadap permasalahan utama hidrologi di tiga lokasi hampir sama: banjir, longsor tebing sungai atau abrasi dan erosi/sedimentasi dengan faktor penyebab utama penebangan hutan dan konversi lahan (Gambar 12 - 15). Hasil analisa perubahan penggunaan/penutupan lahan dan simulasi model GenRiver menegaskan dampak konversi lahan dalam konteks keragaman iklim lokal dan topografi.

Empat pola perubahan tutupan lahan yang dijumpai antara lain: (1) penurunan tutupan hutan, (2) peningkatan tutupan kopi agroforest, (3) peningkatan tutupan kelapa sawit di bagian hilir DAS, dan (4) penurunan tutupan hutan pinus (Gambar 21 - 22). Laju degradasi hutan yang paling tinggi terjadi pada kurun waktu 1990 – 2000 dan terjadi di bagian hulu dan hilir DAS Krueng Peusangan. Laju degradasi hutan menurun pada kurun waktu 2000 – 2009 (Gambar 23 – 24).

Seiring dengan penurunan tutupan lahan berbasis pohon dalam kurun waktu 20 tahun terakhir, secara nyata meningkatkan fraksi total aliran air terhadap total curah hujan. Sumbangan terbesar berasal dari aliran limpasan permukaan terutama saat curah hujan tinggi (Gambar 30). Fraksi debit sungai bulanan tertinggi (*the highest month fraction*) mempunyai korelasi positif terhadap fraksi total debit sungai.

Perspektif masyarakat lokal dan pemangku kepentingan mengenai upaya yang dapat dilakukan untuk mengelola situasi DAS Krueng Peusangan saat ini sejalan dengan hasil skenario model (Tabel 29 – 30), bahwa peningkatan tutupan lahan berbasis pohon mencegah dampak permasalahan hidrologi, seperti mengurangi limpasan permukaan dan meningkatkan aliran air bawah tanah terutama saat curah hujan tinggi. Hal ini menunjukkan adanya penundaan aliran air, tertundanya aliran air mencapai sungai dengan berkurangnya limpasan permukaan dan meningkatnya aliran air bawah tanah bergantung pada tingkat perbaikan kondisi sifat fisik tanah.

Menurut masyarakat lokal, upaya peningkatan tutupan lahan berbasis pohon dapat dilakukan dengan cara reboisasi; penanaman pohon yang dianggap mempunyai nilai baik secara ekonomi maupun ekologi di kebun campur, kopi agroforestri dan di daerah riparian. Beberapa jenis pohon buah (alpukat/*Persea americana*, durian/*Durio zibetinus*, nangka/*Artocarpus heterophyllus*, jambu/*Psidium guava*, jambu air dan nira) dan beberapa jenis pohon kayu-kayuan seperti jeumpa/*Michelia champaca* LINN, pinus, temor/*Arenga pinnata*, beringin/*Ficus Sp*, temung/*Clausena excavata* BURM. f., pungkih, dedalu, daling merupakan jenis-jenis pohon yang dikenal oleh masyarakat dan beberapa pemangku kepentingan yang mempunyai nilai ekologi lebih (memelihara tata air).

Upaya lain yang perlu dilakukan adalah penelitian lebih lanjut mengenai titik kritis abrasi dan kebutuhan akan pembuatan 'bronjong' maupun penanaman pohon yang mempunyai nilai di daerah riparian. Waru (*Hisbiscus teleaceus*) dan bambu merupakan vegetasi yang tepat di tepian sungai, meskipun demikian membutuhkan beberapa informasi mengenai vegetasi lain yang bernilai ekonomi, dan yang mempunyai fungsi ekologi yang baik.

Dalam melihat upaya yang perlu dilakukan, masyarakat lokal lebih melihat pada upaya yang sifatnya *site-spesifik*, para pengambil kebijakan lebih melihat pada upaya secara umum dalam bentuk perlindungan hutan dan rehabilitasi melalui reboisasi sebagai tindakan penting dalam

menanggulangi banjir, erosi tanah dan abrasi tebing sungai. Dengan demikian, sejauh mana fungsi hidrologi dapat ditingkatkan dari sistem kopi agroforest yang secara ekonomi dipandang penting dibandingkan dengan sistem hutan melalui upaya reboisasi merupakan hal yang perlu didiskusikan di tingkat lokal terkait dengan peningkatan pengelolaan sumber daya alam.

Disisi lain, pemberdayaan masyarakat nelayan untuk peduli lingkungan dalam budidaya ikan baik dengan keramba, kolam tancap maupun penangkapan ikan yang ramah lingkungan di sungai dan danau Laut Tawar, menjadi hal yang sangat penting untuk mengurangi tekanan dari kegiatan perikanan yang memicu penurunan kualitas air dan keragaman spesies ikan.

Tabel 29. Perspektif masyarakat lokal mengenai upaya yang dapat dilakukan

Periode	Penyedia jasa	Kegiatan	Tujuan	Penerima jasa
Jangka pendek	Masyarakat hilir di sepanjang sungai	<ul style="list-style-type: none"> - Membangun 'bronjong' - Menanam waru dan bambu 	Mengurangi dampak abrasi	Masyarakat hilir di sepanjang sungai
Jangka panjang	Masyarakat hilir	<ul style="list-style-type: none"> - Pengelolaan limbah - Menanam pohon di 'kebun campur', seperti pala (<i>Myristica fragrans</i>), rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>), karet (<i>Hevea brasiliensis</i>), durian, dll - Menanam pohon di daerah riparian 	<ul style="list-style-type: none"> - Mengurangi dampak banjir dan abrasi - Memperbaiki kualitas air - Menurunkan sedimentasi 	<ul style="list-style-type: none"> - Masyarakat hilir di sepanjang sungai - Perusahaan di Lhokseumawe
	Masyarakat hulu	<ul style="list-style-type: none"> - Pengelolaan limbah - Menanam pohon di 'kebun campur', seperti pala, rambutan, karet, durian, dll - Menanam pohon di kopi agroforest, seperti pala, rambutan, durian, dll - Menanam pohon di daerah riparian 		<ul style="list-style-type: none"> - Semua masyarakat - Perusahaan di Lhokseumawe
	Masyarakat hulu di sekitar danau Laut Tawar	<ul style="list-style-type: none"> - Menanam pohon di 'kebun campur', seperti pala, rambutan, karet, durian, etc - Menanam pohon di kopi agroforest, seperti pala, rambutan, durian, dll - Menerapkan tehnik konservasi pada lahan miring - Menanam pinus pada area pinus bekas tebangan 		

Tabel 30. Perspektif pemangku kepentingan terhadap permasalahan hidrologi dan upaya yang dapat dilakukan

Pemangku kepentingan	Permasalahan hidrologi	Faktor penyebab	Upaya yang dapat dilakukan?	Komitment
Pemerintah provinsi	Area yang rawan banjir Pengendapan	Pembukaan lahan Penebangan liar	Penyeimbangan aspek ekologi, sosial dan ekonomi, tidak hanya fokus pada aspek ekonomi.	- Komitmen dari semua kabupaten-kabupaten bahwa DAS Peusangan penting
BPKEL	Banjir	Pembukaan hutan	Perlindungan hutan	- Satu sungai satu pengelolaan
Pemerintah Bener Meriah	Banjir Erosi/Abrasi	Pembukaan hutan Penebangan liar	Rehabilitasi lahan kritis Peningkatan hasil hutan non kayu Pengurangan penebangan liar	
Bappeda Aceh Tengah	Aliran air yang tidak stabil Banjir	Area kritis yang cukup besar (67% dari 53258 ha)	Perlindungan hutan Rehabilitasi hutan	
Departemen Kehutanan	Banjir Erosi/Abrasi Aliran air yang tidak stabil	Pembukaan hutan Penebangan liar Penngembalaan liar	Rehabilitasi lahan kritis Perlindungan hutan	

5. Kesimpulan

Secara umum, perspektif masyarakat lokal dan para pemangku kepentingan terhadap permasalahan hidrologi di tiga lokasi hampir sama: banjir, longsor tebing sungai atau abrasi dan erosi/sedimentasi merupakan permasalahan utama dengan faktor penyebab utama penebangan hutan dan konversi lahan. Hasil analisa perubahan tutupan/penggunaan lahan dan simulasi model GenRiver menegaskan pengaruh konversi lahan dalam konteks keragaman iklim lokal dan topografi.

Penurunan tutupan lahan berbasis pohon dalam kurun waktu 20 tahun terakhir, secara nyata meningkatkan fraksi total aliran air terhadap total curah hujan. Sumbangan terbesar berasal dari aliran limpasan permukaan terutama saat curah hujan tinggi. Fraksi debit sungai bulanan tertinggi (*the highest month fraction*) mempunyai korelasi positif terhadap fraksi total debit sungai.

Perspektif masyarakat lokal dan pemangku kepentingan sejalan dengan hasil simulasi model, bahwa peningkatan tutupan lahan berbasis pohon mencegah dampak permasalahan hidrologi, seperti mengurangi limpasan permukaan dan meningkatkan aliran air bawah tanah terutama saat curah hujan tinggi. Tertundanya aliran air mencapai sungai dengan berkurangnya limpasan permukaan dan meningkatnya aliran air bawah tanah bergantung pada tingkat perbaikan kondisi sifat fisik tanah.

Hasil kajian ini merekomendasikan (1) mengkaji lebih lanjut pengaruh tutupan lahan baik kopi agroforest maupun tutupan lahan lain yang berasal dari hutan terhadap perbaikan sifat fisik tanah; (2) mengali lebih jauh tipe-tipe pohon yang mempunyai fungsi ekologi maupun ekonomi, dan (3) merancang skema imbal jasa lingkungan yang dapat mempercepat proses peningkatan tutupan berbasis pohon. Skema ini akan menguntungkan masyarakat hulu - hilir di DAS Krueng Peusangan, termasuk perusahaan-perusahaan di Lhokseumawe.

Daftar Pustaka

- 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.
- 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.
- Muchlisin Z.A. 2008. Ikan depik yang terancam punah. *Bulletin Leuser*,6(17): 9-12
- van Noordwijk M, Widodo RH, Farida A, Suyamto D, Lusiana B, Tanika L, and Khasanah N. 2010. GenRiver and FlowPer: Generic River Flow Persistence Models, User Manual Version 2.0. World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor, Indonesia.
- 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, Widodo RH, Farida A, Suyamto D, Lusiana B, Tanika L, and Khasanah N. 2010. GenRiver and FlowPer: Generic River Flow Persistence Models , User Manual Version 2.0. World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor, Indonesia.
- World Conservation Monitoring Centre 1996. *Poropuntius tawarensis*. In: IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 09 March 2010.
- World Conservation Monitoring Centre 1996. *Rasbora tawarensis*. In: IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 09 March 2010.
- WWF. 2008. Laporan Pertemuan Antar Pemerintah Kabupaten/Kota Dalam Rangka Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Peusangan Secara Kolaboratif dan Berkelanjutan.
- <http://www.serambinews.com/news/view/24653/abrasi-krueng-peusangan-cemaskan-warga>
- http://www.modusaceh.com/html/read/reportase/1224/mengais_rezeki_di_kreuing_peusangan.html/
- <http://www.rapi0107.org/cetak.php?id=171>

Lampiran

Lampiran 1. Evaluasi Kemampuan Model Simulasi Curah Hujan (*Rainfall Simulator Model*)

Analisa koefisien korelasi (R)

$$S_{xx} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$S_{yy} = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

$$S_{xy} = \sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}$$

$$R = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}S_{yy}}}$$

dimana, x adalah data pengukuran bulanan, y data prediksi bulanan dan n adalah banyaknya data. Nilai > 0.65 secara umum menunjukkan hasil prediksi dapat diterima (*satisfactory*) dan nilai < 0.65 secara umum menunjukkan hasil prediksi tidak dapat diterima (*unsatisfactory*).

Analisa bias (Bias, %)

$$Bias = \frac{\sum(y_{obs} - y_{sim})}{\sum y_{obs}} \times 100\%$$

Dimana, y_{obs} adalah data pengukuran bulanan dan y_{sim} adalah data prediksi bulanan. Kriteria evaluasi kemampuan model ditampilkan pada tabel berikut:

Tingkat kemampuan	Bias (%)
Very Good	$ Bias < 10$
Good	$10 \leq Bias < 15$
Satisfactory	$15 \leq Bias < 25$
Unsatisfactory	$25 \leq Bias $

Lampiran 2. Evaluasi Kemampuan Model GenRiver 2.0

Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) adalah sebaran normal yang menentukan jarak perbedaan antara pengukuran dan simulasi (*noise*) yang dibandingkan dengan perbedaan data pengukuran (Nash and Sutcliffe, 1970). NSE mengindikasikan seberapa dekat hasil pengukuran terhadap data simulasi atau mendekati garis 1:1

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

dimana, Y_{iobs} adalah hasil pengukuran yang di evaluasi, Y_{isim} adalah nilai simulasi yang dievaluasi, Y_{mean} adalah rata-rata hasil pengukuran yang dievaluasi, dan n adalah banyaknya data.

Kisaran NSE antara $-\infty$ and 1.0 (1 *inclusive*), NSE = 1 merupakan nilai optimal. Nilai antara 0.0 dan 1.0 secara umum menunjukkan tingkat kemampuan model dalam melakukan simulasi dapat diterima. Nilai < 0.0 menunjukkan bahwa nilai rata-rata pengukuran lebih baik dari pada nilai simulasi, dengan kata lain kemampuan model dalam melakukan simulasi tidak dapat diterima. Kemampuan model dalam melakukan simulasi dievaluasi menggunakan data tahunan dan akan diterima saat menunjukkan NSE lebih dari 0.5 seperti table berikut (Moriassi, D.N. *et al.*, 2007).

Tingkat Kemampuan	NSE
Very good	$0.75 < NSE \leq 1.00$
Good	$0.65 < NSE \leq 0.75$
Satisfactory	$0.50 < NSE \leq 0.65$
Unsatisfactory	$NSE \leq 0.5$

Lampiran 3. Indikator fungsi DAS

Kriteria dan indikator fungsi hidrologi DAS yang relevan terhadap para pemangku kepentingan daerah hilir (Van Noordwijk, et al., 2006).

Kriteria	Indikator	Indikator Kuantitatif	Karakteristik Wilayah	Berkaitan dengan:
Transmisi air	Total debit (<i>discharge</i>) per unit curah hujan (TWY)	$TWY = \frac{Q}{A \times P}$ <p>Q = debit per tahun A = Luas Area DAS P = Curah hujan per tahun</p>	Curah hujan per tahun (mm tahun ⁻¹)	Pengguna air di daerah hilir
Penyangga saat puncak kejadian hujan	Indikator penyangga untuk aliran air yang melebihi rata-rata pada kejadian hujan diatas rata-rata (BI)	$BI = 1 - \frac{Q_{obs_Avg}}{A \times P_{obs_Avg}}$ $P_{obs_Avg} = \sum \max(P - P_{mean}, 0)$ $Q_{obs_Avg} = \sum \max(Q - Q_{mean}, 0)$	Geomorfologi	Masyarakat yang tinggal sepanjang sungai dan dataran rendah yang rawan terjadi banjir
	Indikator penyangga relatif yang disesuaikan dengan total debit relatif (RBI)	$RBI = 1 - \left(\frac{P_{mean}}{Q_{mean}} \times \frac{Q_{obs_Avg}}{P_{obs_Avg}} \right)$		
	Penyangga puncak kejadian hujan (BPE)	$BPE = 1 - \frac{\max(Daily_Q - Q_{mean})}{A \times \max(Daily_P - P_{mean})}$		
	Fraksi total debit yang berasal dari limpasan permukaan tanah	Output langsung dari model		
	Fraksi total debit yang berasal dari limpasan bawah permukaan tanah	Output langsung dari model		
Pelepasan air secara perlahan-lahan (ketersediaan air selama musim kering)	Total debit sungai bulanan terendah relatif terhadap rata-rata curah hujan bulanan		Tipe tanah dan karakteristiknya	Masyarakat yang tidak memiliki sumber air sendiri (sumur) dan sumber air berasal dari embung, danau
	Fraksi debit yang berasal dari aliran lambat (> 1 hari setelah kejadian hujan)	Output langsung dari model		

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

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.
17. Agro-biodiversity and CGIAR tree and forest science: approaches and examples from Sumatra.
18. Improving land management in eastern and southern Africa: A review of policies.
19. Farm and household economic study of Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor, Indonesia: A socio-economic base line study of Agroforestry innovations and livelihood enhancement.
20. Lessons from eastern Africa's unsustainable charcoal business.
21. Evolution of RELMA's approaches to land management: Lessons from two decades of research and development in eastern and southern Africa
22. Participatory watershed management: Lessons from RELMA's work with farmers in eastern Africa.
23. Strengthening farmers' organizations: The experience of RELMA and ULAMP.
24. Promoting rainwater harvesting in eastern and southern Africa.

25. The role of livestock in integrated land management.
26. Status of carbon sequestration projects in Africa: Potential benefits and challenges to scaling up.
27. Social and Environmental Trade-Offs in Tree Species Selection: A Methodology for Identifying Niche Incompatibilities in Agroforestry [*Appears as AHI Working Paper no. 9*]
28. Managing tradeoffs in agroforestry: From conflict to collaboration in natural resource management. [*Appears as AHI Working Paper no. 10*]
29. Essai d'analyse de la prise en compte des systemes agroforestiers pa les legislations forestieres au Sahel: Cas du Burkina Faso, du Mali, du Niger et du Senegal.
30. Etat de la recherche agroforestière au Rwanda etude 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.
57. Assessing Hydrological Situation of Kapuas Hulu Basin, Kapuas Hulu Regency, West Kalimantan.
58. Assessing the Hydrological Situation of Talau Watershed, Belu Regency, East Nusa Tenggara.
59. Kajian Kondisi Hidrologis DAS Talau, Kabupaten Belu, Nusa Tenggara Timur.
60. Kajian Kondisi Hidrologis DAS Kapuas Hulu, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat.
61. Lessons learned from community capacity building activities to support agroforest as sustainable economic alternatives in Batang Toru orang utan habitat conservation program (Martini, Endri et al.)
62. Mainstreaming Climate Change in the Philippines.
63. A Conjoint Analysis of Farmer Preferences for Community Forestry Contracts in the Sumber Jaya Watershed, Indonesia.
64. The highlands: a shared water tower in a changing climate and changing Asia
65. Eco-Certification: Can It Deliver Conservation and Development in the Tropics.
66. Designing ecological and biodiversity sampling strategies. Towards mainstreaming climate change in grassland management.
67. Towards mainstreaming climate change in grassland management policies and practices on the Tibetan Plateau
68. An Assessment of the Potential for Carbon Finance in Rangelands
- 69 ECA Trade-offs Among Ecosystem Services in the Lake Victoria Basin.
69. The last remnants of mega biodiversity in West Java and Banten: an in-depth exploration of RaTA (Rapid Land Tenure Assessment) in Mount Halimun-Salak National Park Indonesia
70. Le business plan d'une petite entreprise rurale de production et de commercialisation des plants des arbres locaux. Cas de quatre pépinières rurales au Cameroun.
71. Les unités de transformation des produits forestiers non ligneux alimentaires au Cameroun. Diagnostic technique et stratégie de développement Honoré Tabuna et Ingratia Kayitavu.
72. Les exportateurs camerounais de safou (*Dacryodes edulis*) sur le marché sous régional et international. Profil, fonctionnement et stratégies de développement.

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

2009

82. Mainstreaming climate change into agricultural education: challenges and perspectives
83. Challenging conventional mindsets and disconnects in conservation: the emerging role of eco-agriculture in Kenya's landscape mosaics
84. Lesson learned RATA garut dan bengkurat: suatu upaya membedah kebijakan pelepasan kawasan hutan dan redistribusi tanah bekas kawasan hutan
85. The emergence of forest land redistribution in Indonesia
86. Commercial opportunities for fruit in Malawi
87. Status of fruit production processing and marketing in Malawi
88. Fraud in tree science
89. Trees on farm: analysis of global extent and geographical patterns of agroforestry
90. The springs of Nyando: water, social organization and livelihoods in Western Kenya
91. Building capacity toward region-wide curriculum and teaching materials development in agroforestry education in Southeast Asia
92. Overview of biomass energy technology in rural Yunnan (Chinese – English abstract)
93. A pro-growth pathway for reducing net GHG emissions in China
94. Analysis of local livelihoods from past to present in the central Kalimantan Ex-Mega Rice Project area
95. Constraints and options to enhancing production of high quality feeds in dairy production in Kenya, Uganda and Rwanda

2010

96. Agroforestry education in the Philippines: status report from the Southeast Asian Network for Agroforestry Education (SEANAFE)
97. Economic viability of *Jatropha curcas* L. plantations in Northern Tanzania- assessing farmers' prospects via cost-benefit analysis.

98. Hot spot of emission and confusion: land tenure insecurity, contested policies and competing claims in the central Kalimantan Ex-Mega Rice Project area
99. Agroforestry competences and human resources needs in the Philippines 100. CES/COS/CIS paradigms for compensation and rewards to enhance environmental Services
101. Case study approach to region-wide curriculum and teaching materials development in agroforestry education in Southeast Asia
102. Stewardship agreement to reduce emissions from deforestation and degradation (REDD): Lubuk Beringin's Hutan Desa as the first village forest in Indonesia
103. Landscape dynamics over time and space from ecological perspective
104. A performance-based reward for environmental services: an action research case of "RiverCare" in Way Besai sub-watersheds, Lampung, Indonesia
105. Smallholder voluntary carbon scheme: an experience from Nagari Paningahan, West Sumatra, Indonesia
106. Rapid Carbon Stock Appraisal (RACSA) in Kalahan, Nueva Vizcaya, Philippines
107. Tree domestication by ICRAF and partners in the Peruvian Amazon: lessons learned and future prospects in the domain of the Amazon Initiative eco-regional program
108. Memorias del Taller Nacional: "Iniciativas para Reducir la Deforestación en la region Andino - Amazónica", 09 de Abril del 2010. Proyecto REALU Peru
109. Percepciones sobre la Equidad y Eficiencia en la cadena de valor de REDD en Perú – Reporte de Talleres en Ucayali, San Martín y Loreto, 2009. Proyecto REALU-Perú.
110. Reducción de emisiones de todos los Usos del Suelo. Reporte del Proyecto REALU Perú Fase 1
111. Programa Alternativas a la Tumba-y-Quema (ASB) en el Perú. Informe Resumen y Síntesis de la Fase II. 2da. versión revisada
112. Estudio de las cadenas de abastecimiento de germoplasma forestal en la amazonía Boliviana
113. Biodiesel in the Amazon
114. Estudio de mercado de semillas forestales en la amazonía Colombiana
115. Estudio de las cadenas de abastecimiento de germoplasma forestal en Ecuador
116. How can systems thinking, social capital and social network analysis help programs achieve impact at scale?
117. Energy policies, forests and local communities in the Ucayali Region, Peruvian Amazon
118. NTFPs as a Source of Livelihood Diversification for Local Communities in the Batang Toru Orangutan Conservation Program
119. Studi Biodiversitas: Apakah agroforestry mampu mengkonservasi keanekaragaman hayati di DAS Konto?
120. Estimasi Karbon Tersimpan di Lahan-lahan Pertanian di DAS Konto, Jawa Timur
121. Implementasi Kaji Cepat Hidrologi (RHA) di Hulu DAS Brantas, Jawa Timur

Who we are

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

Our vision

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

Our mission

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



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