

JURNAL BUDIDAYA PERTANIAN

Volume 9, Nomor 1, Juli 2013

The Nature of the Relationship Between Farmers and Buyers in Waiheru Village, Ambon City M. T. F. TUHUMURY	1
Alternatif Pengelolaan Lahan Optimal untuk Konservasi Sumber Daya Air di Pulau Ambon A. JACOB	7
Eksplorasi Bakteri Endofit Sebagai Agens Hayati Pada Tanaman Kersen (<i>Muntingia calabura</i> L.) Ch. LEIWAKABESSY dan Y. LATUPEIRISSA	16
Potensi Produksi Beberapa Aksesi Kacang Tunggak Lokal [<i>Vigna unguiculata</i> (L) Walp] H. HETHARIE, M. L. HEHANUSSA, dan S. H. T. RAHARJO	22
Pengaruh Aspirin dan Air Kelapa dalam Media Pelestarian <i>In Vitro</i> Ubi Jalar Klon 421.34 J. K. J. LAISINA	26
Pemberian GA₃ dan Sukrosa Pada Pertumbuhan Vegetatif Gloxinia (<i>Sinningia speciosa</i>) Secara <i>In Vitro</i> I. J. LAWALATA	33
Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi (<i>Oryza sativa</i> L.) Pada Berbagai Interval Waktu Pemberian Air dan Takaran Pupuk Organik A. S. MAHULETTE	39
Budidaya Tanaman Gandaria (<i>Bouea macrophylla</i> Griff) di Desa Hative Besar Kecamatan Teluk Ambon, Kota Ambon H. N. TAIHUTTU	43
Kerusakkan Tanaman Pala Akibat Hama dan Penyakit di Karloming, Kesui, Kabupaten Seram Bagian Timur J. PATTY	47

ALTERNATIF PENGELOLAAN LAHAN OPTIMAL UNTUK KONSERVASI SUMBER DAYA AIR DI PULAU AMBON

Optimum Land Management Alternative for Water Resources Conservation in Ambon Island

Agustinus Jacob

Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon 97233

ABSTRACT

Jacob, A. 2013. Optimum Land Management Alternative for Water Resources Conservation in Ambon Island. Jurnal Budidaya Pertanian 9: 7-15.

Land degradation on the upper stream area in Ambon Island has decreased the availability of fresh water for the peoples. For Ambon city in particular, available fresh water supporting only 19.14% of total population is due to the decreasing of water resources discharge. The decreasing of water resources discharge is likely due to the conversion of forest land to agriculture land, and resettlement in the upper stream. This research was carried out to solve the problem of water resources shortage in Ambon Island and Batugantung watershed, the areas which had been chosen as focus of observation. The objectives of this research were: 1) to evaluate the impact of land use changes on hydrological characteristics, erosion and sedimentation in Batugantung watershed; 2) to optimize present land use management for sustainable water resources in Batugantung watershed; and 3) to formulate alternative management of "dusun" land use for sustainable water resources in Ambon Island. The result of this research showed that the increasing density and coverage of vegetation can increase the sustainability of land and water resources. The increasing vegetation density in "dusun" land use can imitate the role of forest in sustaining watershed hydrological function, decreasing runoff controlling erosion as well as increasing farmer's income. By keeping at least 30 % forest in "dusun" land use management in Batugantung watershed, it can sustain water discharge about 209.42 liters.s⁻¹, decrease erosion down to 55.23 ton.year⁻¹ (36.62%), and increase farmers income up to Rp. 20.34 million ha⁻¹.year⁻¹. By applying the result of this research to other watersheds in Ambon Island, it estimated the availability water resources about 1.67×10⁶ m³.day⁻¹. This amount of water resources can fulfill present total requirement of fresh water for 380 thousand peoples in Ambon Island which is only 6.08 × 10⁴ m³.day⁻¹.

Key words: Water resources, dusung (indigenous agroforestry system), erosion, sediment yield, income, sustainable.

PENDAHULUAN

Fenomena banjir dan kekeringan yang melanda seluruh wilayah Indonesia beberapa tahun terakhir ini merupakan salah satu akibat dari alih guna lahan hutan menjadi non hutan (pertanian, pemukiman, industri, dll.) di daerah aliran sungai (DAS). Alih guna lahan hutan menjadi non hutan berlangsung seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Wahyunto *et al.* (2001), melaporkan telah terjadi pengurangan luas hutan dan sawah di DAS Citarik, Jawa Barat akibat pertambahan penduduk, perkembangan pembangunan dan industri. Penurunan ini menurunkan daya sanggah air DAS (Talaohu *et al.*, 2001). Perubahan penggunaan lahan di Bopunjur (DAS Ciliwung) dalam periode tahun 1987-1999, mengakibatkan penurunan debit minimum harian dan peningkatan debit maksimum harian karena rendahnya kapasitas DAS menginfiltrasi air hujan (Wahyunto *et al.*, 2001). Rendahnya kapasitas infiltrasi DAS akan meningkatkan aliran permukaan, dan mengindikasikan ancaman banjir dimusim hujan (Agus

et al., 2003). Ambon sebagai ibukota Propinsi Maluku, arus urbanisasi penduduk dari desa ke kota Ambon terus meningkat dari tahun ke tahun menyebabkan kebutuhan akan lahan untuk pertanian maupun pemukiman juga meningkat. Hal ini telah mendorong alih guna lahan hutan terutama di wilayah DAS menjadi pemukiman dan penggunaan lainnya ikut meningkat. Hal ini berakibat pada kerusakan lahan, ancaman banjir dan kekeringan, erosi, rusaknya sistem hidrologi DAS, dan sumberdaya air di wilayah DAS terancam kering. Dampak ikutannya adalah kebutuhan air baku yang bersumber dari wilayah DAS menjadi terbatas. Upaya pengelolaan sumber daya alam pulau-pulau kecil seperti Pulau Ambon, diperlukan kewas-padaan tinggi, karena eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan akan berdampak pada kepunahan sumber daya hayati endemik lokal, dan ancaman terhadap sumber daya air yang awalnya sudah terbatas, sebagai salah satu penciri utama pulau-pulau kecil.

Sejumlah DAS di Pulau Ambon tergolong kritis, dan berdampak pada terbatasnya pemenuhan air baku bagi masyarakat di Pulau Ambon. Sebagai gambaran

untuk kota Ambon, hanya 19,14% dari jumlah penduduk yang telah menikmati pelayanan jasa PDAM dan selebihnya memperoleh air baku dari sumur dan sumber mata air di DAS (BPS Kota Ambon, 2007). Untuk menjawab masalah sumber daya air di Pulau Ambon, maka DAS Batugantung dipilih sebagai perwakilan dari DAS kritis di Pulau Ambon untuk kajian penelitian ini, dengan pertimbangan: 1) sumber mata air "Air keluar" di Desa Kusu-Kusu Sereh, DAS Batugantung mensuplai \pm 30% kebutuhan air untuk PDAM Kota Ambon; 2) efisiensi energi dan biaya (mengandalkan energi grafitasi untuk mengalirkan air); 3) mewakili keragaman biofisik lahan DAS di Pulau Ambon.

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) mengevaluasi dampak perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi, erosi, sedimentasi, dan pendapatan petani di DAS Batugantung, Pulau Ambon; 2) mengoptimalkan penggunaan lahan sekarang (*present land use*) untuk menjamin ketersediaan sumber daya air yang berkelanjutan; 3) menyusun alternatif pengelolaan lahan "dusung" yang dapat menurunkan erosi, meningkatkan pendapatan petani dusung serta mengembangkan sumber daya air yang berkelanjutan di Pulau Ambon.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian lapangan dilaksanakan di DAS Batugantung Pulau Ambon, dari bulan Mei sampai Nopember 2005. Analisis Tanah dilakukan di Laboratorium Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumber daya Lahan IPB Bogor.

Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan menggunakan metode survei disertai pengukuran permeabilitas profil di lapang. Pengumpulan data sosek dilakukan menggunakan questioner, dan analisis laboratorium terhadap sifat fisik dan kimia tanah. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan sekunder yakni: 1) data penggunaan lahan Pulau Ambon, dan DAS Batugantung; 2) data debit sungai Batugantung; 3) data iklim Pulau Ambon; 4) Data sifat fisik tanah (kedalaman efektif tanah, tekstur, struktur, kandungan bahan organik tanah, dan permeabilitas profil tanah); dan 5) data sosial ekonomi.

Analisis Data

Analisis data dibagi atas tiga tahap. **Tahap 1:** Analisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi melalui analisis neraca air lahan dengan pendekatan model neraca air Stanford IV (Crawford & Linsley, 1966). Langkah awal yang dilakukan adalah kalibrasi dan validasi model neraca air. Setelah model neraca air dinyatakan valid, selanjutnya model ini digunakan untuk mensimulasi skenario penggunaan lahan hubungannya dengan "water yield". Data *input* model terdiri dari: data tipe dan luas

penggunaan lahan, data iklim (suhu, curah hujan) tahun 1997-2006, dan sifat fisik tanah (tinggi muka air tanah, persentase penutupan lahan, dan lereng). *Output* model terdiri dari neraca air permukaan dan bawah permukaan. Penyusunan skenario didasarkan atas program reboisasi dan rehabilitasi lahan kritis oleh pemerintah pusat dan daerah khususnya di Pulau Ambon. Skenario yang dibuat terdiri dari: 1) Kondisi eksisting tahun 2005; 2) Dusung vegetasi jarang dan penggunaan non dusung kecuali pemukiman dikonversi menjadi hutan; 3) Pemukiman + dusung + 20% hutan; 4) Pemukiman + dusung + 30% hutan; 5) Pemukiman + dusung + 40% hutan; 6) Pemukiman + dusung + 50% hutan. **Tahap 2:** Analisis Agroteknologi, bertujuan untuk mengevaluasi perubahan penggunaan lahan terhadap erosi dan sedimentasi. Besarnya erosi diprediksi menggunakan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) dalam Arsyad (2000); dan sedimentasi diprediksi menggunakan model regresi berganda (Suripin, 2001), dengan model matematika: $SY = 6,38 \times 10^{-4} \times (Q_{wa})^{0,995} \times S^{1,582} \times (D_d)^{0,43}$ (SY = sedimen yield dalam ton/ha/tahun; Q_{wa} = debit tahunan dalam milimeter; S = kemiringan lereng rata-rata dalam persen; dan D_d = kerapatan drainase dalam km/km^2). **Tahap 3:** Analisis biaya, pendapatan, dan kemungkinan pengembangan investasi usahatani dusung. Parameter ekonomi yang digunakan adalah B/C ratio. NVP (*net present value*), IRR (*internal rate of return*), dan analisis *payback period* (PBP) dengan faktor diskonto 12%. Analisis optimalisasi penggunaan lahan (dengan *software ABQM: Multiple Goal Programming*), didasarkan atas hasil skenario terbaik dan kajian agroteknologi pola dusung yang memberikan hasil air (*water yield*) optimal, erosi lahan lebih kecil atau sama dengan erosi yang masih dapat ditoleransikan (E-tol), dan pendapatan yang dapat memenuhi kebutuhan hidup layak secara berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Hasil analisis perubahan penggunaan Lahan DAS Batugantung menunjukkan bahwa penggunaan lahan hutan berkurang 64,32 ha (100%) dari tahun 1989 ke tahun 2005. Demikian halnya pada penggunaan lahan semak-belukar berkurang 146,2 ha (47,93%). Sebaliknya penggunaan lahan dusung, pemukiman dan alang-alang mengalami penambahan luas, masing-masing: dusung 151,58 ha (13,42%), pemukiman 76,56 ha (37,1%), dan alang-alang 6,48 ha (100%). Data perubahan luas penggunaan lahan DAS Batugantung periode 1989–2005, disajikan pada Tabel 1. Alih guna lahan hutan menjadi lahan pemukiman dan pertanian, berdampak pada penurunan debit sungai dan sumber mata air yang berada di DAS Batugantung (sumber "air keluar"). Lahan dusung merupakan penggunaan lahan terluas yakni 1129,52 ha pada tahun 1989 menjadi 1281,10 ha pada tahun 2005; terletak pada lereng datar (3%) sampai sangat curam (\geq 45%).

Tabel 1. Perubahan penggunaan lahan DAS Batugantung Tahun 1989-2005

Jenis Penggunaan Lahan	Tahun 1989		Tahun 2000		Tahun 2005		Perubahan: 1989-2005	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Hutan	64,32	3,72	23,58	1,36	0,00	0,00	-64,32	-100,00
Belukar-belukar	305,04	17,64	237,34	13,72	158,84	9,19	-146,2	- 47,93
Alang-alang	0,00	0,00	3,45	0,20	6,48	0,37	6,48	100,00
Pemukiman	206,34	11,93	252,09	14,58	282,90	16,36	76,56	37,10
Ladang	24,10	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	-24,10	-100,00
Dusung	1129,52	65,32	1212,86	70,14	1281,10	74,08	151,58	13,42
Total	1729,32	100,00	1729,32	100,00	1729,32	100,00		

Semak belukar berawal dari sistem ladang pertanian berpindah (*shifting cultivation*), ditemukan umumnya di lahan berbahan induk koral. Ladang merupakan praktek pertanian lahan kering yang berada di lahan dusung pada awal pembukaan lahan hutan atau pada dusung yang telah terbentuk, kemudian ditinggalkan ketika tidak produktif lagi sehingga berkembang menjadi lahan alang-alang dan semak belukar. Tanaman pangan untuk konsumsi keluarga, menyatu dengan lahan dusung (*multiple cropping system*). Petani dusung di wilayah DAS Batugantung, hanya mengandalkan bahan organik alami sebagai sumber pupuk dalam praktek usahatani. Produksi pertanian dusung saat ini masih tergolong rendah, belum memenuhi kebutuhan hidup layak secara ekonomi. Pola dan jarak tanam yang tidak teratur merupakan salah satu penyebab utama dalam penurunan produksi usahatani. Luas lahan petani dusung umumnya ≥ 2 ha dengan status kepemilikan: tanah warisan dan "tanah dati". Luas lahan petani dusung di DAS Batugantung cukup tersedia namun belum dikelola secara optimal.

Analisis Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi

Kalibrasi dan Validasi Model Neraca Air

Untuk menganalisis hasil air bulanan digunakan model neraca air yang akan dikalibrasi dan divalidasi lebih dahulu menggunakan data iklim dan data debit sungai Batugantung tahun 1998. Uji statistik terhadap pasangan data total hasil air bulanan debit pengukuran dan debit hasil model pada $\alpha = 0,05$, tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan; standar deviasi 97,8 dan koefisien determinasi (R^2) 0,96. Koefisien determinasi yang signifikan menunjukkan bahwa model neraca air yang digunakan, mampu menggambarkan dampak perubahan penggunaan lahan terhadap hasil air bulanan, dan dapat dipergunakan sebagai alat untuk analisis permasalahan sumberdaya air di Pulau Ambon. Hasil uji selengkapnya disajikan pada Tabel 3, dan hidrografnya pada Gambar 1.

Dari total hujan (3811,28 mm) tahun 1998, sebanyak 1702,55mm berubah menjadi debit dengan koefisien aliran permukaan tahunan 0,45. Hasil analisis hidrograf diperoleh 1038,07 mm (60,97%) berupa aliran permukaan (*runoff*), aliran dasar (*baseflow*) 480,12 mm (28,2%) dan aliran lateral (*interflow*)183,36 mm

(10,77%). Sebaliknya dari model diperoleh total debit 1680,5 mm (44,09%) terhadap curah hujan. Dari 1680,5 mm hasil air tersebut 1449,02 mm (86,22%) merupakan *runoff*; *baseflow* 149,52 mm (8,9%) dan *interflow* 71,97 mm (4,28%). Rendahnya air hujan yang diinfiltrasi oleh DAS, disebabkan oleh kondisi biofisik lahan yang didominasi oleh bahan induk koral (65,23%), sehingga sebagian air hujan terperangkap di dalam rongga batuan yang kemudian terakumulasi di lapisan padas sebagai "ground water".

Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi DAS Batugantung

Karakteristik hidrologi yang dikaji sebagai dampak dari perubahan penggunaan lahan adalah total hasil air bulanan, serta *runoff*, *baseflow*, dan *interflow* tahunan. Tabel 1, memperlihatkan bahwa perubahan penggunaan lahan DAS Batugantung (tahun 1989–2005) berdampak pada penurunan total hasil air bulanan, *baseflow*, dan *interflow*. Sebaliknya *runoff* cenderung meningkat akibat menurunnya daya infiltrasi air ke dalam tanah sebagai dampak dari alih guna lahan hutan menjadi non hutan. Persentase curah hujan tahun 1989-2005, yang berubah menjadi debit aliran sungai berkisar antara 64,14–76,23%. Sebaliknya *runoff* cenderung terus meningkat seiring dengan laju alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian dan pemukiman. Hal ini disebabkan selain kemampuan tanah meretensi air berkurang juga pengaruh faktor lereng yang curam-sangat curam (> 40%), serta persentase penutupan lahan yang rendah. Pola hujan yang sangat bervariasi setiap tahun di Pulau Ambon, menimbulkan dampak yang beragam pula terhadap karakteristik hidrologi DAS Batugantung khususnya, dan DAS lainnya di Pulau Ambon.

Optimalisasi Pengelolaan Dusung Untuk Pengembangan Potensi Sumberdaya Air

Optimalisasi pengelolaan dusung untuk pengembangan potensi sumberdaya air di Pulau Ambon dilakukan menggunakan model neraca air dengan teknik simulasi terhadap beberapa skenario penggunaan lahan seperti yang telah diuraikan di metode penelitian.

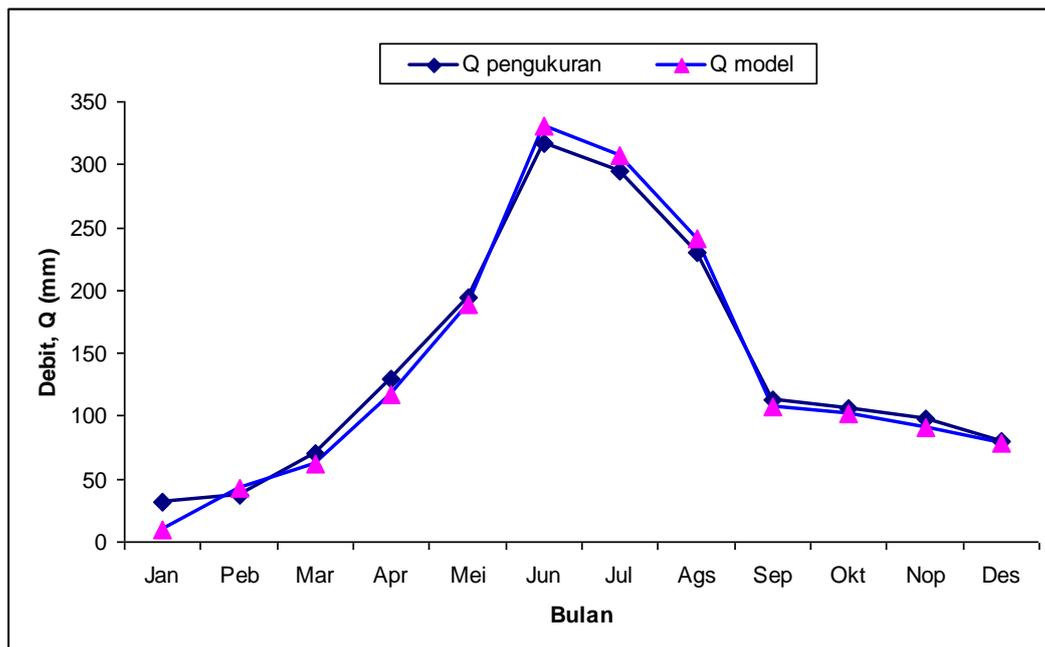
Hasil air bulanan (*water yield*), *runoff*, *baseflow*, dan *interflow* tahunan dari setiap skenario disajikan pada Tabel 4. Untuk DAS Batugantung hasil air optimum

diperoleh pada skenario 4, dengan debit tertinggi 258,77 mm ($1,73 \text{ m}^3 \text{ det}^{-1}$) dan minimum 31,50 mm ($0,20 \text{ m}^3 \text{ det}^{-1}$) dengan $Q_{\text{max}}/Q_{\text{min}}$ 8,21. Skenario 2 diperoleh hasil air bulanan tertinggi namun sulit untuk diterapkan pada kondisi DAS Batugantung saat ini, karena adanya

pertanian dusung tersebut. Skenario lainnya, merupakan pilihan alternatif untuk rencana program reboisasi dan rehabilitasi lahan kritis untuk pengembangan sumberdaya air dan ekonomi masyarakat di Pulau Ambon.

Tabel 2. Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap hasil air bulanan Sungai Batugantung.

Bulan	Curah hujan (mm) tahun			Debit (mm) prediksi			Perubahan debit 1989-2005
	1989	2000	2005	1989	2000	2005	
Januari	282,0	124,0	87,3	147,78	41,90	41,57	- 106,21
Pebruari	113,0	347,5	51,6	91,34	128,77	41,65	- 49,69
Maret	80,0	231,5	202,7	104,77	222,95	171,11	+ 66,34
April	185,0	241,0	240,2	173,04	115,80	189,64	+16,60
Mei	183,0	816,0	589,4	162,51	374,78	381,28	+ 218,77
Juni	805,0	711,0	348,0	380,62	919,23	279,56	- 101,06
Juli	410,0	1024,6	560,0	310,01	403,62	344,48	+ 34,47
Agustus	465,0	0,0	211,7	347,45	262,61	169,87	- 177,58
September	217,0	481,3	93,2	205,83	157,57	74,23	- 131,61
Oktober	116,0	355,0	227,9	123,83	49,06	189,52	+ 65,69
Nopember	35,0	0,0	89,8	97,05	50,42	78,15	- 18,90
Desember	225,0	0,0	173,4	230,97	51,99	152,93	- 78,04
Rataan	259,7	361,0	239,6	197,93	231,56	176,16	- 21,77
Total	3116,0	4331,90	2875,20	2375,21	2778,69	2113,98	- 261,23
Koef. Runoff				(0,76)	(0,64)	(0,73)	
<i>Runoff</i>	-	-	-	1524,17	2295,63	1564,41	+40,24
<i>Baseflow</i>	-	-	-	489,70	314,73	353,00	-136,7
<i>Interflow</i>	-	-	-	361,34	168,32	217,27	-144,07



Gambar 1. Perbandingan hidrograf debit pengukuran dengan debit model

Tabel 3. Uji Beda antara debit pengukuran dengan debit model

Bulan	Curah hujan (mm) Tahun 1998	Rata-rata debit (mm)		
		Pengukuran	Model	Beda
Januari	19,4	31,45	10,16	21,29
Pebruari	46,5	36,86	43,34	6,488
Maret	149,5	69,91	61,85	8,06
April	278,7	130,21	117,43	12,78
Mei	436,3	194,01	189,17	4,84
Juni	750,1	317,55	331,23	13,68
Juli	696,3	294,96	307,28	12,32
Agustus	550,0	229,69	241,62	11,93
September	250,8	112,75	106,94	5,81
Oktober	238,3	106,57	101,94	4,63
Nopember	211,0	98,43	90,35	8,08
Desember	184,4	80,06	79,18	0,98
Rata-rata	317,81	141,88	139,86	9,23
Total	3811,3	1702,55	1680,50	

R² = 0,96; r = 0,98

Standar deviasi (SD) debit pengukuran (Qu) = 95,85

SD debit model (Qm) = 103,93. Beda rata-rata Qu dan Qm = Q' = 9,23

SD beda rata-rata Qu dan Qm = SD_{Qu-Qm} = 5,45

Qu dikatakan **tidak berbeda** dengan **Qm** jika : $Q' / SD_{Qu-Qm} < t_{(α; n-1)}$

$$9,23/5,45 < t_{(0,05; 11)}$$

$$1,694 < 1,796$$

Pola dusung di DAS Batugantung, Pulau Ambon dan Maluku pada umumnya jika dikelola secara baik dengan penerapan sistem pertanian konservasi akan memberikan manfaat ekonomi dan ekologi secara berkelanjutan. Kenyataan ini ditemukan pada dusung vegetasi rapat di DAS Batugantung, terukur dari nilai erosi lahannya lebih rendah dari erosi yang dapat ditoleransikan (E-tol), dan produktivitas lahannya juga lebih tinggi. Pengembangan pola dusung dengan menerapkan sistem pertanian konservasi, dapat menggantikan peranan hutan dalam mempertahankan fungsi hidrologi DAS dan manfaat ekonomi secara berkelanjutan. Peningkatan luas hutan, menurunkan rasio Q_{max}/Q_{min} , dan meningkatkan *baseflow* akibat peningkatan kapasitas infiltrasi tanah. Sebaliknya *runoff* cenderung menurun dengan peningkatan luas hutan.

Ektrapolasi Hasil Neraca Air dari DAS Batugantung ke Pulau Ambon

Penerapan model neraca air yang dilakukan di DAS Batugantung untuk DAS lainnya di Pulau Ambon diperoleh hasil seperti pada Tabel 5.

Berdasarkan luas lahan kritis di Pulau Ambon yakni 37.207 ha (48,89%), dan upaya pemerintah kabupaten/kota melalui program reboisasi dan rehabilitasi lahan pada wilayah DAS maka luas hutan minimal 40% untuk Pulau Ambon, perlu diupayakan dan dipertahankan agar terpenuhi kebutuhan sumber daya air bagi penduduk di Pulau Ambon. Demikian pula untuk Kota Ambon yang

memiliki lahan kritis 11.863,0 ha (31,47%) dari luas Kota Ambon (377 km²), maka demi suksesnya program konservasi tanah dan sumber daya air melalui program rehabilitasi lahan kritis tersebut diperlukan luas hutan minimal 30%. Dinamika debit aliran hasil ekstrapolasi dari DAS Batugantung ke Pulau Ambon seperti pada Tabel 5.

Berdasarkan data Tabel 5, dihitung potensi sumber dayaaair untuk memenuhi kebutuhan air baku bagi penduduk kota Ambon khususnya maupun Pulau Ambon. Potensi sumber daya air di DAS Batugantung yang dapat diperoleh berdasarkan hasil penelitian ini adalah 0,25 m³/det atau 2,16 × 10⁴ m³ hari⁻¹ dan mensuplai 50% kebutuhan air baku untuk penduduk kota Ambon tahun 2007 (± 270.000 jiwa) yakni 4,32 × 10⁴ m³ hari⁻¹; sedangkan untuk Pulau Ambon 19,30 m³ detit⁻¹ atau 1,67 × 10⁶ m³ hari⁻¹. Kebutuhan air untuk penduduk Pulau Ambon (± 380.000 jiwa) tahun 2007 diperlukan 6,08 × 10⁴ m³ hari⁻¹; dengan dasar perhitungan kebutuhan air 160 liter/kapita/hari. Dengan demikian kebutuhan air baku untuk penduduk Pulau Ambon masih berada di bawah potensi air yang dapat diperoleh melalui program reboisasi dan rehabilitasi lahan kritis yang ada di Pulau Ambon, dengan potensi cadangan (kelebihan) air 1,61 × 10⁶ m³ hari⁻¹. Bila program reboisasi dan rehabilitasi lahan dilaksanakan dengan baik dan memenuhi luas hutan minimal yang harus dicapai maka sumber daya air di Pulau Ambon dapat berkelanjutan.

Tabel 4. Pengaruh perubahan penggunaan lahan pada berbagai skenario terhadap hasil air bulanan, *runoff*, *interflow*, dan *baseflow*.

Bulan	Curah Hujan Tahun: 1997-2006	Hasil Air pada Skenario						
		0 (existing)*	1 (D+P + 26%H)	2 (P+ 84%H)	3 (P+D +20%H)	4 (P+D +30%H)	5 (P+D+ 40%H)	6 (P+D +50%H)
..... mm								
Januari	74,21	30,22	32,37	45,78	28,49	38,85	37,33	39,12
Pebruari	102,87	47,15	54,38	50,93	47,58	51,27	50,20	52,57
Maret	180,36	69,74	76,45	88,87	71,66	77,41	78,22	82,32
April	184,78	71,60	74,31	95,89	74,69	75,27	79,55	83,66
Mei	503,4	206,57	201,21	161,44	205,24	204,24	192,75	184,61
Juni	739,87	363,14	255,62	184,93	300,14	258,77	221,45	199,75
Juli	530,52	218,50	203,69	163,86	216,19	207,87	190,46	184,56
Agustus	138,16	53,53	76,82	80,99	58,58	62,82	69,21	73,96
September	204,2	81,94	95,25	120,19	91,28	96,63	106,41	111,88
Oktober	115,77	45,29	63,91	88,69	56,47	64,81	78,34	82,43
Nopember	81,05	31,76	58,69	83,15	49,92	59,53	73,45	77,33
Desember	128,72	56,45	83,18	111,18	75,67	85,76	98,54	103,70
Rataan	248,66	106,32	106,32	106,32	106,32	106,32	106,32	106,32
Total	2983,91	1275,89	1275,89	1275,89	1275,89	1275,89	1275,89	1275,89
Koef. Runoff		(0,43)						
<i>Runoff</i>	-	1021,59	678,17	252,95	832,00	673,37	521,16	436,64
<i>Baseflow</i>	-	154,96	412,28	732,22	295,82	409,92	512,18	585,10
<i>Interflow</i>	-	99,34	185,45	290,72	148,08	192,60	242,56	254,15

Keterangan: D = Dusung; H = Hutan; P = Pemukiman; *) Penggunaan Lahan DAS Batugantung tahun 2005.

Tabel 5. Ekstrapolasi hasil skenario dari DAS Batugantung ke Pulau Ambon.

Bulan	Rata-rata Curah Hujan (mm) Tahun 1997-2006	Debit Prediksi (Pulau Ambon)			
		Existing ^{*)}		40% Hutan	
		mm	m ³ det ⁻¹	mm	m ³ det ⁻¹
Januari	82,46	51,44	14,62	67,92	19,30
Pebruari	114,3	53,11	16,71	71,94	22,63
Maret	200,40	89,06	25,30	74,78	21,25
April	205,31	89,62	26,31	73,02	21,44
Mei	503,40	130,79	37,16	95,58	27,16
Juni	739,87	197,36	57,95	178,73	52,47
Juli	530,52	181,93	51,69	169,66	48,21
Agustus	172,70	110,70	31,45	119,36	33,91
September	204,20	118,73	34,86	107,12	31,45
Oktober	128,60	94,53	26,86	108,27	30,76
Nopember	101,31	94,24	27,67	111,06	32,61
Desember	160,90	91,53	26,00	107,93	30,66
Total	3.143,97	1.303,03	376,57	1.285,36	371,84
Rataan	262,00	108,59	31,38	107,11	30,99
Koefisien <i>Runoff</i>		0,41		0,40	
Q_{max}/Q_{min}		3,84		2,63	
Aliran permukaan		615,83		504,08	
Aliran bawah permukaan		347,50		381,42	
Aliran dasar		339,70		399,86	

^{*)} Existing berdasarkan penggunaan lahan Pulau Ambon tahun 2007.

Tabel 6. Erosi tanah pada berbagai penggunaan lahan di DAS Batugantung

Land Use	Luas (ha)	Erosi	E-Tol	Erosi	E-Tol	Erosi	E-Tol	Erosi	E-Tol	Total	
		Lereng 8%		Lereng 15%		Lereng 30%		Lereng ≥ 30%		Erosi	E-tol
..... Ton ha ⁻¹											
DVR	66,78	7,16	19,20	8,54	16,80	9,86	9,60	10,71	7,20	36,27	52,80
DVS	929,70	19,34	19,20	22,33	14,40	24,97	12,30	33,49	7,20	100,13	53,10
DVJ	292,63	-	-	-	-	25,70	14,40	34,81	7,20	60,51	21,60
Semak-belukar	158,84	22,40	19,20	47,65	16,80	31,93	7,20	36,70	7,20	138,68	50,40
Alang-alang	6,48	-	-	0,26	16,80	-	-	0,35	14,40	0,61	31,20
Pemukiman	282,90	34,56	19,20	41,59	16,80	48,28	14,40	65,39	28,80	189,82	79,20
Total	1729,32					Erosi Rata-rata di DAS				87,67	48,05

Analisis Agroteknologi

Karakteristik Biofisik Lahan DAS Batugantung

Berdasarkan hasil penelitian lapangan diperoleh luas DAS Batugantung adalah 1729,32 ha. Komposisi penggunaan lahan DAS Batugantung tahun 2005 seperti pada Tabel 1. Dusung merupakan penggunaan lahan terluas: 1281,1 ha yang kemudian dibedakan berdasarkan persentase penutupan lahan dan kerapatan vegetasi sbb: dusung vegetasi rapat (DVR) seluas 66,78 ha, dusung vegetasi sedang (DVS) 929,7 ha; dan dusung vegetasi jarang (DVJ) seluas 284,62 ha. Wilayah DAS Batugantung tersusun dari bahan induk koral 65,23%; granit 21,13%; dan bahan lepas 13,64%. Luasnya bahan induk koral di DAS Batugantung, mencirikan karakteristik hidrologi dan sifat-sifat tanah yang khas untuk pulau-pulau kecil. Jenis tanah yang dijumpai adalah: Litosol (*Lythic Udorthens*), Brunisem (*Humic Dystrudepts*), Kambisol (*Typic Dystrudepts*), Regosol (*Typic Udipsamments*) dan Podsolik (*Typic Hapludult*). Topografi DAS Batugantung dibedakan atas 7 klas lereng yaitu: lereng 0-3% (datar), 3-8% (landai atau berombak), 8-15% (agak miring atau bergelombang), 15-30% (agak curam), 30-45% (agak curam), 45-60% (curam), dan ≥ 60% (sangat curam). Lereng ≥ 30% menempati luasan terbesar yaitu 724,7 ha (41,91%). Pengaruh lereng ≥ 30% sangat besar terhadap daya infiltrasi air ke dalam tanah, laju aliran permukaan, dan erosi tanah. Besarnya erosi tanah pada berbagai penggunaan lahan di DAS Batugantung disajikan pada Tabel 6.

Penggunaan lahan dusung (DVR dan DVS) erosinya lebih kecil dari pada E-tol. Sebaliknya penggunaan lahan DVJ, semak belukar dan pemukiman erosinya lebih besar dari E- tol pada lereng ≥ 15%, untuk itu diperlukan tindakan konservasi tanah dan air agar erosi lahannya ≤ E-tol. Hasil sedimen terhitung dengan metode regresi berganda (Suripin,1998) adalah: 0,03 ton/ha/tahun atau 51,88 ton/tahun untuk sedimen total di DAS Batugantung, Pulau Ambon.

Analisis Biaya dan Pendapatan Usahatani Dusung

Pendapatan usahatani dusung di desa Kusu-kusu Sereh, kawasan DAS Batugantung bersumber terutama dari tanaman buah-buahan (durian, gandaria, langsat,

manggis) dengan pendapatan neto rata-rata: Rp. 13,78 juta/ha/tahun (Tabel 7). Pendapatan ini belum mencapai kebutuhan hidup layak yang mencapai Rp. 20 juta/KK/tahun. Namun dari luas lahan usahatani yang dimiliki petani (≥ 2 ha), masih memungkinkan untuk pengembangan tanaman produktif lainnya, dengan penerapan sistem pertanian konservasi. Tanaman rempah (cengkeh, dan pala) sesungguhnya masih berpotensi untuk meningkatkan pendapatan usahatani tetapi kurang mendapat perhatian dari petani dusung di wilayah DAS Batugantung.

Kebutuhan fisik minimum (KFM) dihitung berdasarkan kebutuhan setara beras 320 kg/orang/tahun untuk daerah pedesaan (Sajogyo dan Sajogyo, 1990), dikalikan harga beras Rp. 5000/kg; maka besarnya KFM petani dusung di DAS Batugantung adalah Rp. 1.600.000/orang/tahun. Rata-rata jumlah anggota keluarga/KK adalah 5 orang maka KFM adalah Rp. 8.000.000/KK/tahun. Namun untuk mencapai standar hidup layak (KHL) sesuai kriteria Sinukaban (2007), yakni 250% dari KFM atau Rp. 20.000.000/KK/tahun. Dengan demikian pendapatan petani dusung di DAS Batugantung mencapai KHL, sehingga diperlukan perubahan dalam pengelolaan usahatani dusung yang ada saat ini. Untuk mencapai KHL, diperlukan luas lahan minimal 1,45 ha/KK dan luas lahan yang dimiliki petani dusung di DAS Batugantung ≥ 2 ha; masih dimungkinkan untuk pengembangan usahatani dusung secara teknik agronomis.

Tabel 7. Sumber pendapatan usahatani “dusung” di DAS Batugantung

Sumber pendapatan	Nilai pendapatan (Rp./ha/tahun)
a. Penerimaan Usahatani:	
- Duren	7.068.965,00
- Gandaria	6.800.000,00
- manggis + lain-lain	1.970.000,00
Total penerimaan:	15.838.965,00
b. Pengeluaran:	
- biaya usahatani	2.059.375,00
c. Pendapatan neto:	13.779.590,00

Tabel 8, menyajikan suatu prediksi analisis pola usahatani dusung berkelanjutan melalui pengelolaan beberapa komoditas tanaman unggulan lokal yang berpotensi memperoleh peningkatan pendapatan dalam waktu relatif pendek (5-15 tahun). Pendapatan maksimum untuk tanaman durian dan gandaria dicapai pada umur tanaman di atas 10 tahun.

Sesuai Tabel 8, dilakukan analisis investasi usahatani dusung, dengan parameter B/C ratio, NPV (*Net Present Value*), IRR (*Internal Rate of Return*), dan *pay back period* (PBP) dan hasilnya seperti pada Tabel 9.

Dusung yang telah dikelola dengan baik melalui input agroteknologi mampu meningkatkan pendapatan neto dari Rp. 13,78 juta menjadi Rp. 15,8 juta/ha/tahun. Pendapatan ini cukup memenuhi kebutuhan hidup petani dusung secara berkelanjutan. Pendapatan usahatani dusung sebelum adanya input agroteknologi masih dibawah kebutuhan hidup layak. Hasil ini sesuai dengan (Juarsah, 2007; Mulyani *et al.*, 2007), bahwa input teknologi konservasi dalam pola usahatani lahan kering dapat meningkatkan produktivitas lahan melalui perbaikan sifat fisik dan kimia tanah.

Optimalisasi Pengelolaan Lahan Dusung

Hasil analisis optimalisasi pengelolaan lahan ”dusung” terhadap pendapatan (Tabel 8), erosi (Tabel 6), dan hasil air sesuai skenario-4 (Tabel 4) diperoleh data seperti Tabel 10. Dengan mempertahankan hutan 500 ha (30%) di DAS Batugantung dapat diperoleh debit air 209,42 liter/detik, erosi dapat ditekan 36,62% dari erosi sebelumnya, pendapatan neto Rp. 20.344.936,20/ha/tahun. Debit aliran yang dapat diperoleh dari optimasi lahan yakni 209,42 liter/detik setara atau dengan 0,21 m³/detik atau 544.320,0 m³/bulan; angka ini dapat memenuhi 41,9% kebutuhan air bersih penduduk kota Ambon (± 270.000 jiwa) pada tahun 2008, atau 158%

dari kebutuhan air bersih bulanan dari PDAM kota Ambon tahun 2007 yakni: 344.187,4 m³ bulan⁻¹.

Untuk memenuhi kebutuhan air baku penduduk kota Ambon diperlukan 4,32 × 10⁴ m³ hari⁻¹ sedangkan untuk penduduk Pulau Ambon (± 380.000 jiwa) diperlukan 6,08 × 10⁴ m³ hari⁻¹, dengan dasar perhitungan 160 liter/jiwa/hari. Penerapan hasil optimalisasi lahan di DAS Batugantung untuk seluruh DAS kritis lainnya di Pulau Ambon berdasarkan kesamaan biofisik lahan yang ada, akan diperoleh potensi air total 1,67 × 10⁶ m³ hari⁻¹. Hasil air ini dapat memenuhi kebutuhan air baku penduduk Pulau Ambon secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

1. Dalam periode tahun 1989-2005, di DAS Batugantung telah terjadi pengurangan luas hutan, ladang, dan semak belukar. Sebaliknya terjadi peningkatan luas lahan pemukiman, alang-alang, dan dusung.
2. Perubahan penggunaan lahan di wilayah DAS Batugantung dari tahun 1989-2005 berpengaruh terhadap penurunan total hasil air bulanan, *baseflow* dan *interflow* tahunan, tetapi meningkatkan *runoff* bulanan maupun tahunan.
3. Erosi yang terjadi di DAS Batugantung saat ini melebihi erosi yang dapat ditoleransikan yakni 87,67 ton/tahun dengan total sedimen 56,06 ton tahun⁻¹.
4. Penerapan hasil optimalisasi lahan di DAS Batugantung untuk DAS kritis lainnya di Pulau Ambon, dapat diperoleh total air 1,67 × 10⁶ m³ hari⁻¹. Jumlah air ini dapat memenuhi kebutuhan air bersih bagi sekitar 380 ribu penduduk Pulau Ambon tahun 2008 yakni 6,08 × 10⁴ m³ hari⁻¹.

Tabel 8. Prediksi pendapatan perhektar usahatani dusung berkelanjutan di DAS di Pulau Ambon.

JenisTanaman	Pendapatan (Rp./tahun)	JenisTanaman	Pendapatan (Rp./tahun)
Durian	3.750.000,-	Gandaria	6.250.000,-
Rambutan	5.000.000,-	Manggis	100.000,-
Nangka	1.000.000,-	Cengkeh	750.000,-
Alpoket	500.000,-	Pala	1.500.000,-
Langsat/duku	3.750.000,-	Kelapa	450.000,-
Total Penerimaan Usahatani		: Rp. 23.050.000,-/ha/tahun	
Pengeluaran Usahatani		: Rp. 2.500.000,-/ha/tahun	
Pendapatan Neto Usahatani		: Rp. 20.550.000,-/ha/tahun	
Kebutuhan Hidup Layak (KHL)		: Rp. 4.000.000,-/kapita/tahun	

Tabel 9. Hasil analisis NPV, BCR, IRR, dari usahatani dusung pada *Discount Rate* 12%, untuk jangka waktu 15 Tahun

Parameter Ekonomi	Nilai (Rp.)	Parameter Ekonomi	Nilai
<i>Net Benefit (B)</i>	52.102.900,00	<i>Net B/C</i>	2,53
<i>Net Cost (C)</i>	20.619.000,00	<i>IRR (%)</i>	27,80
<i>Net NPV</i>	31.483.900,00	<i>Payback Period</i> (tahun)	4,9

Tabel 10. Hasil optimalisasi penggunaan lahan DAS Batugantung

Prioritas Tujuan	Ketersediaan sumberdaya/ Target yang diinginkan	Pencapaian target	
		Tercapai	Tidak tercapai
P1 = hutan (Ha)	500	500	0
P2 = debit aliran (Liter/detik)	250	209,42	40,58
P3 = Erosi (ton/ha/tahun)	48,05	35,17	12,88
P4 = Pendapatan (Rp/KK/tahun)	23.050.000,00	22.821.310,90	228.689,02
P5 = Tenaga kerja (HOK)	1.342,32	1.246,55	95,77
P6 = Modal (Rp)	2.500.000,00	2.475.128,12	24.871,88

5. Lereng lebih dari 30% seluas 724.845 ha (41,91%) dari luas wilayah DAS Batugantung sangat berperan terhadap *runoff* dan erosi tanah di DAS Batugantung. Pengolahan tanah dan penanaman menurut kontur (*contour farming*) sangat dianjurkan untuk menekan laju *runoff*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., Wahyunto, & G. Irianto. 2003. Evaluation of flood mitigation function of several land use systems in selected areas of Java, Indonesia. Paper presented at Japan/OECD Expert Meeting on Land Conservation Indicators, 13-15 May, 2003. Kyoto, Japan.
- Arsyad, S. 2000. Konservasi Tanah dan Air. Edisi pertama, Cetakan ketiga. IPB Press. Bogor.
- BPS Propinsi Maluku. 2006. Maluku Dalam Angka 2005/2006.
- BPS Kota Ambon. 2007. Kota Ambon Dalam Angka Tahun 2007.
- Crawford, N.H. & R.K. Linsley. 1966. Digital Simulation in Hydrology: Stanford Watershed Model IV. Tech. Report No. 39. Department of Civil Engineering Stanford University, Stanford, California.
- Juarsah, I. 2007. Implementasi Sistem Pola Tanam Usahatani Konservasi terhadap Peningkatan Produktivitas Lahan dan Pendapatan Petani. Balai Penelitian Tanah Bogor, dalam Prosiding Seminar dan Kongres Nasional MKTI VI. Bogor, 17-18 Desember 2007, hlm. 373-246.
- Mulyani, A., A. Dariah, & Ropik. 2007. Karakteristik Lahan dan Arah Penggunaan Lahan Berwawasan Konservasi di Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah. Balai Penelitian Tanah Bogor, dalam Prosiding Seminar dan Kongres Nasional MKTI VI. Bogor, 17-18 Desember 2007, hlm. 213-227.
- Pawitan, H. 1998. Tinjauan Penelitian dan Pemodelan Hidrologi Daerah Aliran Sungai. Bahan Diskusi Program Penelitian pada Balai Teknologi Pengelolaan DAS Solo, 22 Januari 1998. Jurusan Geofisika dan Meteorologi, FMIPA IPB, Bogor.
- Sajogyo, & P. Sajogyo. 1990. Sosiologi Pedesaan. Jilid 2. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada Press.
- Sinukaban, N. 2007. Konservasi Tanah dan Air Kunci Pembangunan Berkelanjutan. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, IPB Bogor, Ditjen RLPS Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Suripin. 2002. Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air. Penerbit Andi Yogyakarta
- Suryani, E. & F. Agus. 2004. Perubahan Penggunaan Lahan dan Dampaknya Terhadap Karakteristik Hidrologi: Suatu studi di DAS Cijalumpang, Bandung, Jawa Barat. Dalam Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Pertanian dan Ketahanan Pangan. Bogor, 12 Oktober dan 24 Desember 2004. hlm. 83-106.
- Talaohu, S.H., F. Agus, & G. Irianto. 2001. Hubungan Perubahan Penggunaan Lahan dengan Daya Sangga air Sub DAS Citarik dan DAS Kaligarang. dalam Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah. Bogor, 1 Mei 2001, hlm. 93-102. Puslitbangtanak bekerja sama dengan MAFF Jepang dan Sekretariat Asean.