

ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAN KETERSEDIAAN SUMBERDAYA AIR DI DAS KONAWEHA PROPINSI SULAWESI TENGGARA

Analysis of Land Use Changes and Water Resource Availability in Konawehea Watershed Southeast Sulawesi Province

SITTI MARWAH

Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan dan Ilmu Lingkungan Universitas Halu Oleo, Kendari

ABSTRACT

Phenomena of depleting of water resources and increasing water demand have been occurring in Konawehea watershed. Combine with other degraded conditions, Konawehea watershed have been categorized as priority watershed in Southeast Sulawesi Province. Land use change is the main factor to influence water balance that indicated by the increasing maximum discharge in rainy seasons and decreasing minimum discharge in dry seasons. The objective of this research were (1) to analyze the effects of land use changes on water resources of Konawehea watershed; (2) to analyze the availability of water resources to meet water demand as well as minimum proportion of forest cover in the watershed to ensure sustainable water resources in Konawehea watershed. This research was conducted in Konawehea watershed for 7 months from July 2011 to February 2012. The result of this research showed that forest, swamp, plantation and bush area tended to decline exponentially year by year. The decline of forest area have significantly decreased minimum discharge of Konawehea River in dry seasons and increased maximum discharge in rainy seasons. These condition have caused a significant deficit of water resources in dry seasons since period of 2004 to 2010 eventhough there was no deficit of annual water resources.

Key Words: watershed, land use change, water resource availability

PENDAHULUAN

Fenomena terkait dengan eksistensi sumberdaya air adalah terjadinya penurunan ketersediaan air, sementara kebutuhan air meningkat terus dari waktu ke waktu yang merupakan konsekuensi logis dari pertambahan jumlah penduduk dan peningkatan aktivitas ekonomi. Rata-rata ketersediaan air saat ini di atas daratan Indonesia $\pm 15.000 \text{ m}^3/\text{kapita}/\text{tahun}$. Nilai tersebut relatif sangat besar yaitu 25 kali rata-rata ketersediaan air per kapita per tahun dunia yang besarnya $600 \text{ m}^3/\text{kapita}/\text{tahun}$ (Arif, 2003). Walaupun jumlah ketersediaan air di Indonesia sangat besar, namun tidak merata baik secara spasial maupun temporal. Wilayah Indonesia Bagian Barat diberi berkah dengan hujan yang sangat berlimpah,

sedangkan Wilayah Indonesia Bagian Timur mengalami hal yang sebaliknya. Ketersediaan air tersebut masih belum merata sepanjang tahun, sehingga di suatu wilayah terjadi kekeringan pada musim kemarau dan banjir pada musim hujan. Penurunan ketersediaan air di Provinsi Sulawesi Tenggara, khususnya DAS Konawehea dapat disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan akibat eksploitasi lahan secara terus-menerus sehingga terjadi penurunan kapasitas infiltrasi dan peningkatan aliran permukaan. Oleh karena itu, jumlah air yang hilang ke laut akan meningkat pula yang pada akhirnya akan mempengaruhi ketersediaan air di dalam tanah.

Perubahan penggunaan lahan dapat mengakibatkan terjadinya penurunan debit minimum dan peningkatan debit maksimum. Fakta menunjukkan bahwa pada Mei 2000 terjadi banjir dengan debit $\pm 380 \text{ m}^3/\text{det}$ yang menyebabkan lebih dari 10.000 ha sawah di

^{*)} Alamat korespondensi:
Email : siti.marwah@gmail.com

wilayah irigasi Wawotobi terendam banjir. Pada tahun yang sama dari September sampai November terjadi kekeringan dengan debit minimum rata-rata 10,6 m³/det yang mengakibatkan lebih dari 5.000 ha sawah di wilayah tersebut tidak mendapatkan pasokan air yang cukup. September 2003, debit minimum Sungai Konaweha sebesar 27 m³/det, tahun 2006 dan 2008 pada bulan yang sama, debit minimum menjadi 23 m³/det dan 20 m³/det (Sub Dinas PU Pengairan Provinsi Sultra, 2010). Jika kecenderungan penurunan ini terus berlanjut, maka diperkirakan akan terjadi defisit air pada musim kemarau.

Kebijakan pemerintah pusat tentang pembangunan Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) pertambangan yang dipusatkan di Provinsi Papua, Papua Barat dan Sulawesi Tenggara juga berpotensi memberikan dampak terhadap perubahan penggunaan lahan. Untuk tujuan tersebut, pemerintah Provinsi Sulawesi Tenggara telah mengusulkan perubahan status hutan seluas 310.165 ha menjadi areal penggunaan lain (APL) melalui revisi Rencana Umum Tata Ruang Wilayah (RUTRW) Provinsi Sulawesi Tenggara tahun 2010 (Bappeda Provinsi Sulawesi Tenggara, 2010). Dari luasan tersebut, terdapat sekitar 10 % berada di DAS Konaweha, sehingga apabila usulan tersebut terealisasi, maka dikhawatirkan akan semakin menurunkan ketersediaan air khususnya distribusi ketersediaan air bulanan.

DAS Konaweha mempunyai fungsi strategis karena merupakan DAS terbesar di Sulawesi Tenggara dengan luas ± 697.841 ha dan secara administrasi meliputi empat daerah otonom yakni Kabupaten Konawe, Konawe Selatan, Kolaka dan Kota Kendari (BPDAS Sampara, 2009). Salah satu peranannya yang sangat vital adalah sebagai sumber air bagi pemenuhan kebutuhan domestik, industri dan irigasi. Defisit air yang tercermin dari penurunan debit minimum pada musim kemarau dan peningkatan debit maksimum pada musim hujan di Sungai Konaweha, diduga disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan khususnya perubahan luas hutan. Perubahan penggunaan lahan khususnya penggunaan lahan hutan menjadi non hutan akan meningkatkan aliran permukaan dan penurunan kapasitas infiltrasi tanah, sehingga sebagian besar air hujan menjadi aliran permukaan dan terbuang ke

laut. Pada saat yang sama maka jumlah air yang masuk dan tersimpan di dalam tanah juga berkurang akibat penurunan kapasitas infiltrasi tanah, sehingga akan mengurangi jumlah aliran dasar (*baseflow*). Aliran dasar tersebut diharapkan dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air jangka panjang.

Penurunan kapasitas infiltrasi tanah dan peningkatan aliran permukaan akan menyebabkan pola distribusi air yang tidak merata, artinya ada waktu-waktu tertentu terjadi kelebihan air yang tidak termanfaatkan, dan sebaliknya pada waktu lainnya terjadi kekurangan air. Kelebihan air yang terjadi pada musim hujan sampai saat ini belum dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan pada musim kemarau sehingga sebagian besar air hujan yang jatuh akan menjadi aliran permukaan dan hilang ke laut.

Upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk menanggulangi masalah tersebut di atas adalah dengan mengoptimalkan jumlah air hujan yang masuk ke dalam tanah pada musim hujan melalui peningkatan kapasitas infiltrasi tanah. Upaya ini diharapkan dapat menyimpan air hujan yang jatuh pada musim hujan kemudian air tersebut akan mengalir kembali secara perlahan-lahan melalui aliran dasar pada musim kemarau.

Pada konteks hubungan antara perubahan penggunaan lahan dengan ketersediaan air, maka penataan penggunaan lahan secara proporsional diharapkan dapat menurunkan aliran permukaan dan meningkatkan jumlah air hujan yang masuk dan tersimpan di dalam tanah, sehingga akan meningkatkan aliran dasar (*baseflow*) atau aliran sungai. Untuk itu, maka penelitian ini bertujuan "mengkaji perubahan penggunaan lahan dan pengaruhnya terhadap kondisi hidrologi dan ketersediaan sumberdaya air di DAS Konaweha".

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat : Penelitian ini dilaksanakan selama 7 (tujuh) bulan terhitung sejak Juli 2011 sampai dengan Februari 2012, di DAS Konaweha Provinsi Sulawesi Tenggara. Kegiatan penelitian meliputi: pengumpulan data sekunder dan primer, pengelompokan data, tabulasi dan pengolahan data. Data yang diperoleh dari berbagai sumber, antara lain :

data curah hujan dan debit; peta penggunaan lahan, topografi, jenis tanah dan peta rupa bumi.

Pelaksanaan Penelitian. Penelitian dilakukan menggunakan metode survey secara proporsional di seluruh wilayah administrasi yakni Kabupaten Konawe, Konawe Selatan dan Kolaka. Kawasan penelitian intensif memiliki data pengukuran curah hujan dan debit time series. Data curah hujan diperoleh dari 18 stasiun curah hujan yang ada di DAS Konawehea, sedangkan data debit diperoleh dari Bendungan Irigasi Wawotobi.

1. Perubahan Penggunaan Lahan di DAS Konawehea. Analisis perubahan penggunaan lahan secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui kecenderungan perubahan penggunaan lahan di DAS Konawehea umumnya dan DAS Konawehea Hulu pada khususnya yang difokuskan hanya pada penggunaan lahan yang dominan yakni penggunaan lahan yang proporsinya lebih 1 % dari total luas DAS Konawehea Hulu pada tahun 1991. Berdasarkan hal ini maka perubahan penggunaan lahan yang dianalisis adalah hutan, perkebunan, kebun campuran, dan semak belukar yang didasarkan pada ketersediaan data penggunaan lahan, sehingga unit waktu analisis dibagi menjadi 4 periode (masing-masing 5 tahun), yakni: periode 1991-1995, periode 1996-2000, periode 2001-2005 dan periode 2006-2010.

Mengingat keterbatasan data penggunaan lahan dari tahun ke tahun, maka perubahan penggunaan lahan menggunakan data tahun 1991, 1993, 1995, 1999, 2001, 2004, 2005, 2006 dan 2008. Selanjutnya dilakukan analisis keragaman (anova) untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap perubahan penggunaan lahan hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar di DAS Konawehea Hulu. Untuk tujuan ini maka dirumuskan hipotesis :

H_0 : Waktu tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan luas masing-masing jenis penggunaan lahan. Sedangkan H_1 : Waktu berpengaruh nyata terhadap perubahan luas masing-masing jenis penggunaan lahan.

Kriteria keputusan yang digunakan adalah: terima H_0 atau tolak H_1 jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ pada taraf kepercayaan 95 % atau $\alpha = 0,05$. Sebaliknya tolak H_0 dan terima H_1 jika $F_{hitung} >$

F_{tabel} taraf kepercayaan 95 % atau $\alpha = 0,05$. Jika H_1 diterima maka dilakukan uji lanjutan dengan menggunakan uji beda nyata terkecil (BNT).

2. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Kondisi Hidrologi. Analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap kondisi hidrologi DAS Konawehea Hulu menggunakan data penggunaan lahan, data curah hujan (Sub Dinas PU Pengairan Provinsi Sulawesi Tenggara, 2009) dan data debit (Sub Dinas PU Pengairan Provinsi Sulawesi Tenggara, 2010) tahun 1999, 2001, 2004, 2005, 2006 dan 2008 dengan menggunakan kriteria keputusan (*decission criteria*): debit maksimum (Q_{max}), debit minimum (Q_{min}) dan koefisien aliran permukaan (C). Koefisien aliran permukaan dihitung dengan menggunakan persamaan (Singh, 1992): $C = (Q/R) \dots \dots (1)$ dimana: C = koefisien aliran permukaan (%); Q = volume debit aliran sungai (m^3) dan R = volume curah hujan (m^3).

Di dalam penelitian ini, koefisien aliran permukaan (C) difokuskan pada nilai C tahunan dan musim hujan. Koefisien aliran permukaan musim hujan ditentukan berdasarkan jumlah volume aliran sungai musim hujan (curah hujan lebih dari 100 mm per bulan) dibandingkan dengan jumlah volume curah hujan pada musim tersebut.

Curah hujan rata-rata DAS Konawehea dianalisis dengan metode poligon thiessen (Singh, 1992; Van der Weert, 1994), sedangkan hidrograf aliran selama satu tahun menggunakan analisis rata-rata aritmetik dan rata-rata peluang kejadian.

Pengaruh perubahan luas hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar terhadap debit maksimum, debit minimum dan koefisien aliran permukaan dianalisis menggunakan analisis regresi dan analisis keragaman, dilanjutkan dengan uji BNT.

Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap kondisi hidrologi DAS Konawehea Hulu dianalisis dengan menggunakan analisis regresi berganda (*multiple regression*) dengan menggunakan persamaan:

$$Q_{max} = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + a_nX_n + \dots (2)$$

$$Q_{min} = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + a_nX_n + \dots (3)$$

$$C = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + a_nX_n + \dots (4)$$

dimana x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 dan x_n adalah proporsi masing-masing jenis penggunaan lahan $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ dan a_n adalah koefisien regresi masing-masing variabel x . Sedangkan e adalah residual atau error yang diasumsikan berdistribusi normal dengan rata-rata mendekati 0 dan standar deviasi tertentu (Iriawan dan Astuti, 2008).

Ketersediaan Air. Analisis ketersediaan air dilakukan atas dasar hasil analisis curah hujan dan analisis hidrograf aliran bulanan selama satu tahun dengan menggunakan data debit Sungai Konawehea tahun 1993-2009. Ketersediaan air dinyatakan dalam satuan $m^3/detik$ dan satuan volume (m^3).

Curah Hujan. Ketersediaan air hujan menunjukkan besarnya curah hujan rata-rata suatu wilayah. Pendugaan ketersediaan air hujan menggunakan metode Poligon Thiessen dengan persamaan (Singh, 1992; Soewarno, 2000):

$$Pa = \sum_{i=1}^n \frac{A_i P_i}{A_n} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan: P_a = curah hujan rata-rata wilayah; A_i = luas poligon dari stasiun ke-i; P_i = curah hujan rata-rata stasiun ke-i; A_n = luas wilayah (luas seluruh poligon).

Debit Sungai. Analisis debit sungai dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kecenderungan distribusi hidrograf aliran sungai sepanjang tahun (Januari sampai dengan Desember). Analisis hidrograf aliran Sungai Konawehea dilakukan melalui dua pendekatan yaitu pendekatan rata-rata aritmetik dan pendekatan rata-rata peluang kejadian yang menggunakan peluang kejadian 80 %. Sedangkan analisis hidrograf aliran sungai dengan pendekatan rata-rata aritmetik menggunakan data debit bulanan rata-rata Sungai Konawehea tahun 1993-2009. Perhitungan debit rata-rata dengan pendekatan rata-rata aritmetik menggunakan persamaan (Singh, 1992):

$$Q_{rata-rata} = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n)}{n} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan: $Q_{rata-rata}$ adalah debit rata-rata bulanan pada bulan tertentu Q_1, Q_2, Q_3 dan Q_n adalah debit rata-rata bulanan pada tahun 1, 2, 3 dan ke-n, sedangkan n adalah jumlah tahun pengamatan.

Analisis hidrograf aliran sungai dengan pendekatan peluang kejadian dilakukan dengan cara menyusun data debit selama n tahun pengamatan berdasarkan ranking mulai dari debit tertinggi pertama, kedua, ketiga dan

ke n untuk masing-masing bulan. Dari data debit dengan nilai tertentu yang mempunyai urutan ranking m , maka ditentukan persamaan matematis periode ulang dan peluang kejadian yakni (Bosscher, 1984):

$$T = \frac{n+1}{m} \text{ dan } P = \frac{1}{T} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan: T = periode ulang (tahun), P = peluang kejadian, n = jumlah pengamatan dan m = ranking dari debit tertentu.

Hasil analisis hidrograf aliran sungai baik dengan pendekatan rata-rata aritmetik maupun pendekatan peluang kejadian digunakan untuk menentukan distribusi ketersediaan air bulanan di DAS Konawehea dengan indikator penentu ketersediaan air adalah Q_{min} . Ketersediaan air yang ditentukan oleh besaran debit minimum diperoleh dari hidrograf aliran sungai yang dianalisis menggunakan Persamaan 6 dan 7.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan. Penggunaan lahan di DAS Konawehea Hulu tahun 1991 masih didominasi oleh hutan dengan luas 225.000 ha (66,6 %) dari Konawehea Hulu. Pada tahun 1999 luas hutan menurun menjadi 187.000 ha (55,3 %) dan pada tahun 2010 menurun menjadi 147.000 ha (43,6 %). Pada periode yang sama, terjadi pertambahan luas perkebunan dari 88.000 ha (26,0 %) pada tahun 1991, 117.784,6 ha (34,8 %) pada tahun 1999 dan menjadi 142.000 ha (42,0 %) pada tahun 2010. Luas kebun campuran 10.153,8 ha (3 %) pada tahun 1991, 12.861,5 ha (3,8 %) pada tahun 1999 dan menjadi 22.000 ha (6,5 %) pada tahun 2010. Demikian juga penggunaan lahan lainnya mengalami peningkatan (Tabel 1).

Tabel tersebut menunjukkan bahwa menurunnya luas penggunaan lahan hutan disebabkan oleh bertambahnya luas penggunaan lahan lainnya seperti: perkebunan, kebun campuran, tegalan, sawah, pemukiman dan penggunaan lahan lainnya meningkat dari waktu ke waktu. Menurunnya luas hutan selama periode 1991-2010 berpengaruh terhadap penutupan lahan (*land cover*), intersepsi potensial, kapasitas infiltrasi tanah, run off dan koefisien run off (C) DAS. Hal ini telah dikemukakan Alwi (2012) bahwa perubahan penggunaan hutan ke non hutan (perkebunan, kebun campuran/Agroforestry, tegalan dan sawah berpengaruh terhadap

sifat-sifat hidologis DAS (intersepsi potensial, run off) dan debit aliran sungai. kapasitas infiltrasi tanah, run off dan koefisien

Tabel 1. Luas (%) masing-masing jenis penggunaan lahan di DAS Konawehea periode 1991-2010

Penggunaan Lahan	1991	1999	2010
Hutan	66,6	55,3	43,6
Perkebunan	26,0	34,8	42,0
Kebun Campuran	3,0	3,8	6,5
Semak Belukar	1,7	2,6	3,5
Tegalan	0,7	1,2	2,5
Lahan Terbuka	0,6	1,1	0,6
Pemukiman	0,6	0,9	1,3
Sawah	0,2	0,4	0,8
Total	100	100	100

Keterangan : Luas DAS Konawehea Hulu : 337.992 ha

Berdasarkan analisis keragaman (anova), maka perubahan luas hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar telah terjadi secara signifikan dari periode waktu lima tahunan (1991-2010). Hasil Uji BNT

rata-rata perubahan luas hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar dari periode waktu lima tahunan (1991-2010) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji rata-rata perubahan luas hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar di DAS Konawehea Hulu periode lima tahunan (1991-2010)

Periode	Hutan (%)	Perkebunan (%)	Kebun Campuran (%)	Semak Belukar (%)
1991-1995	66,6 ^b	26,0 ^a	3,0 ^a	1,7 ^a
1996-2000	55,3 ^a	34,8 ^b	3,8 ^b	2,6 ^b
2001-2005	50,7 ^a	38,6 ^c	4,3 ^c	3,0 ^c
2006-2010	48,3 ^a	39,7 ^c	5,0 ^d	3,1 ^c
BNT _{0,05}	7,47	3,23	0,33	0,31

Keterangan: Nilai rata-rata pada kolom sama dan diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95 %.

Hasil uji BNT menunjukkan bahwa luas hutan rata-rata pada periode 1991-1995 (66,6 %) berbeda nyata jika dibandingkan dengan luas hutan ketiga periode berikutnya, sedangkan luas hutan selama periode (1996-2010) tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95 %. Selanjutnya luas perkebunan rata-rata periode 1991-1995 adalah 26,0 %, berbeda nyata jika dibandingkan dengan luas perkebunan periode 1996-2000, 2001-2005 dan 2006-2010. Selanjutnya dijelaskan bahwa luas kebun campuran pada setiap periode menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kepercayaan 95 %. Luas semak belukar rata-rata pada periode 1991-1995 yakni 1,7 % berbeda nyata jika dibandingkan dengan luas semak belukar tiga periode selanjutnya. Angka-angka tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan luas hutan dari tahun ke tahun diikuti dengan peningkatan luas

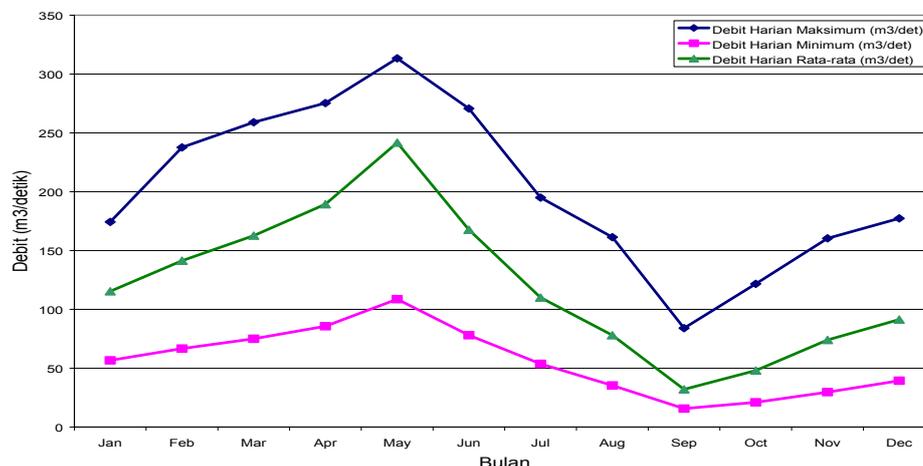
perkebunan, kebun campuran dan semak belukar.

Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Kondisi Hidrologi. Analisis kondisi hidrologi DAS Konawehea Hulu selama tiga tahun (2007, 2008 dan 2009) menunjukkan bahwa distribusi debit harian rata-rata (Q), debit harian maksimum (Q_{max}) dan debit harian minimum (Q_{min}) cukup bervariasi. Hal ini dapat disebabkan oleh variasi curah hujan di wilayah tersebut dan perubahan penggunaan lahan yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan respon hidrologi DAS, sehingga berpengaruh terhadap kondisi hidrologi. Hasil analisis Q, Q_{max} dan Q_{min} dengan menggunakan data debit harian (2007, 2008 dan 2009) melalui pendekatan rata-rata aritmetik menunjukkan pola distribusi bulanan masing-masing cenderung sama dengan nilai tertinggi terjadi pada Bulan Mei dan nilai terendah terjadi pada

Bulan September (Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa distribusi harian debit sungai relatif merata, tetapi KRS antara musim hujan dengan musim kemarau relatif besar.

Berdasarkan distribusi debit harian, maka diketahui bahwa debit harian rata-rata tertinggi terjadi pada Bulan Mei = 242 m³/detik, debit harian minimum sebesar 109

m³/detik dan debit harian maksimum sebesar 313 m³/detik. Pada saat yang sama, debit harian rata-rata terendah terjadi pada Bulan September = 32 m³/detik, debit harian minimum dan debit harian maksimum pada bulan tersebut masing-masing 16 m³/detik dan 84 m³/detik.



Gambar1. Debit Harian Rata-rata, Maksimum dan Minimum Sungai Konawehea Tahun 2007-2009

Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap kondisi hidrologi DAS Konawehea Hulu difokuskan pada koefisien aliran permukaan (C), debit maksimum (Q_{max}) dan debit minimum (Q_{min}) (Tabel 3). Tabel tersebut menunjukkan bahwa C dan Q_{max}/Q_{min} akan meningkat seiring dengan penurunan proporsi luas hutan dan peningkatan proporsi penggunaan lahan lainnya.

Karakteristik hidrologi DAS Konawehea Hulu dipengaruhi oleh perubahan penggunaan lahan di wilayah tersebut khususnya oleh penggunaan lahan dominan yakni hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar. Analisis keragaman penurunan luas hutan dan peningkatan luas perkebunan

terhadap C, Q_{max} dan Q_{min} berdasarkan hasil uji BNT pada taraf kepercayaan 95 % di DAS Konawehea Hulu disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa penurunan luas hutan dari 66,6 % pada periode 1991-1995 menjadi 55,5 % pada periode 1996-2000, dan peningkatan luas perkebunan dari 26,0 % pada periode 1991-1995 menjadi 34,8 % pada periode 1996-2000 menyebabkan peningkatan koefisien aliran permukaan dari 31,4 % pada periode 1991-1995 menjadi 36,3 % pada periode 1996-2000. Pada kondisi ini, terjadi peningkatan debit maksimum dari 246 m³/detik menjadi 252 m³/detik. Sedangkan debit minimum menurun dari 40 m³/detik menjadi 36 m³/detik.

Tabel 3. Pengaruh penurunan luas hutan dan peningkatan luas perkebunan terhadap koefisien aliran permukaan, debit maksimum dan debit minimum di DAS Konawehea Hulu periode lima tahunan (1991-2010)

Periode	Luas (%)		C (%)	Q _{max} (m ³ /detik)	Q _{min} (m ³ /detik)
	Hutan	Perkebunan			
(1991-1995)	66,6	26,0	31,4 ^a	246 ^a	40 ^c
(1996-2000)	55,3	34,8	36,3 ^b	252 ^b	36 ^b
(2001-2005)	50,7	38,6	43,1 ^c	272 ^c	33 ^b
(2006-2010)	48,3	39,7	45,6 ^d	284 ^d	24 ^a
BNT _{0,05}			0,25	0,84	3,98

Keterangan: Nilai rata-rata diikuti huruf yang sama pada kolom sama tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95 %.

Disamping itu, juga memperlihatkan bahwa komposisi luas hutan dan perkebunan periode 1991-1995 menghasilkan nilai koefisien aliran permukaan sebesar 31,4 % berbeda nyata jika dibandingkan dengan koefisien aliran permukaan yang dihasilkan oleh komposisi kedua jenis penggunaan lahan tersebut periode 1996-2000, periode 2001-2005 dan periode 2006-2010.

Komposisi luas hutan dan perkebunan periode 1991-1995 menghasilkan debit maksimum yang berbeda nyata jika dibandingkan dengan debit maksimum yang dihasilkan oleh komposisi luas penggunaan lahan periode lainnya. Lebih lanjut dijelaskan bahwa debit minimum yang dihasilkan oleh komposisi luas hutan dan perkebunan periode 2006-2010 berbeda nyata jika dibandingkan dengan debit minimum yang dihasilkan komposisi luas penggunaan lahan semua periode.

Komposisi luas hutan, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar juga meningkatkan koefisien aliran permukaan

musim hujan di DAS Konawehea Hulu selama periode 1991-2010. Analisis rata-rata koefisien aliran permukaan musim hujan berdasarkan data curah hujan dan data debit sungai dengan menggunakan Persamaan 3, serta analisis beda nyata terkecil (BNT) selama periode 1991-2010 menunjukkan bahwa koefisien aliran permukaan musim hujan periode 1991-1995 adalah 43,2 % meningkat menjadi 55,9 % pada periode 2006-2010. Hasil analisis rata-rata beda nyata terkecil disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa penurunan luas hutan dari 66,6 % periode 1991-1995 menjadi 55,3 % periode 1996-2000 dan peningkatan luas perkebunan dari 26,0 % periode 1991-1995 menjadi 34,8 % periode 1996-2000 menghasilkan koefisien aliran permukaan musim hujan sebesar 43,2 %. Nilai tersebut berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95 % jika dibandingkan dengan koefisien aliran permukaan musim hujan pada periode 2001-2005 dan 2006-2010.

Tabel 4. Pengaruh penurunan luas hutan dan peningkatan luas perkebunan terhadap koefisien aliran permukaan pada musim hujan di DAS Konawehea Hulu Periode lima tahunan (1991-2010)

Periode	Luas (% dari Luas DAS Konawehea Hulu)		C Musim Hujan (%)
	Hutan	Perkebunan	
(1991-1995)	66,6	26,0	43,2 ^a
(1996-2000)	55,3	34,8	45,1 ^a
(2001-2005)	50,7	38,6	53,5 ^b
(2006-2010)	48,3	39,7	55,9 ^c
BNT _{0,05}			2,3

Keterangan: Nilai rata-rata diikuti huruf yang sama pada kolom sama tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95 %.

Penurunan luas hutan dari 55,3 % pada tahun 1999 menjadi 51,3 % pada tahun 2001 menyebabkan penurunan koefisien aliran permukaan meningkat dari 36,3 % menjadi 42,4 %. Kondisi tersebut merupakan pengaruh kumulatif peningkatan luas perkebunan, kebun campuran dan semak belukar. Koefisien aliran permukaan dipengaruhi secara nyata oleh keempat jenis penggunaan lahan sesuai persamaan:

$$C(\%) = 64,0 - 0,9 H(\%) + 0,5 K(\%) - 0,8 Kc(\%) + 2,4 Sb(\%) \dots (8)$$

Keterangan: C = koefisien aliran permukaan (%), H = luas hutan, K = luas perkebunan, Kc = luas kebun campuran dan Sb = luas semak belukar masing-masing dalam satuan (%) dari luas DAS Konawehea Hulu.

Peningkatan debit maksimum tersebut merupakan pengaruh kumulatif dari

perubahan keempat jenis penggunaan lahan, sehingga meningkatkan aliran permukaan secara nyata dari tahun ke tahun mengikuti persamaan:

$$Q_{max} = 1713 - 20,1 H(\%) - 10,1 K(\%) - 45,4 Kc(\%) + 47,5 Sb(\%) \dots (9)$$

Keterangan: Q_{max} = debit maksimum (m³/detik), H = luas hutan K = luas perkebunan Kc = luas kebun campuran dan Sb = luas semak belukar masing-masing dalam satuan (%) dari luas DAS Konawehea Hulu.

Analisis regresi dan keragaman (anova) menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan DAS Konawehea Hulu berpengaruh nyata terhadap debit minimum (Q_{min}). Penurunan luas hutan dan peningkatan luas perkebunan, kebun campuran dan semak belukar menyebabkan terjadinya penurunan debit

minimum Sungai Konawehea secara konsisten dari tahun ke tahun. Analisis regresi dan keragaman menunjukkan bahwa penggunaan lahan hutan dan perkebunan berpengaruh positif terhadap debit minimum, sedangkan penggunaan lahan kebun campuran dan semak belukar berpengaruh negatif terhadap debit minimum Sungai Konawehea. Hal ini disebabkan karena kemampuan hutan dan perkebunan dalam hal menyerap air hujan lebih baik jika dibandingkan dengan penggunaan lahan kebun campuran dan semak belukar. Akibatnya jumlah air yang tersimpan di dalam tanah yang bervegetasi hutan dan perkebunan lebih banyak jika dibandingkan dengan penggunaan lahan kebun campuran dan semak belukar. Air yang tersimpan di dalam tanah tersebut akan menjadi aliran dasar (*base flow*) dan akan mengalir secara perlahan-lahan ke sungai.

Hasil analisis regresi pengaruh penurunan luas hutan dan peningkatan luas perkebunan, kebun campuran dan semak belukar terhadap debit minimum Sungai Konawehea (Persamaan 10) menunjukkan bahwa penurunan luas hutan dan peningkatan luas perkebunan, kebun campuran dan semak belukar tahun 1999-2008 menyebabkan terjadinya penurunan debit minimum dari 36 m³/detik menjadi 20 m³/detik. Angka penurunan debit minimum tersebut cukup besar yakni hampir dua kali lipat dari debit minimum tahun 1999. Berdasarkan hal ini maka dapat disimpulkan bahwa penurunan debit minimum merupakan fungsi dari penurunan luas hutan dan peningkatan luas perkebunan, kebun campuran dan semak belukar mengikuti persamaan:

$$Q_{min} = 13 + 0.7 H (\%) + 0.6 K (\%) - 3.4 Kc (\%) - 3.7 Sb (\%) \dots (10)$$

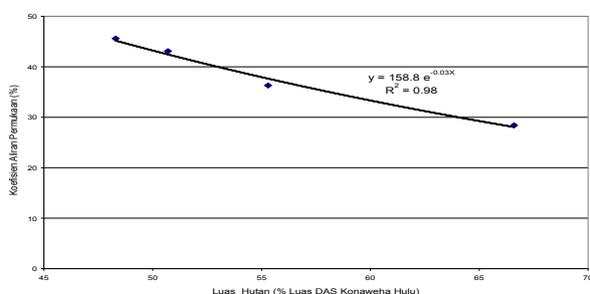
Keterangan: Q_{min} = debit minimum (m³/detik), H= luas hutan K = luas perkebunan Kc = luas kebun campuran dan Sb = luas semak belukar masing-masing dalam satuan (%) dari luas DAS Konawehea Hulu.

Analisis perubahan penggunaan lahan terhadap kondisi hidrologi difokuskan pada pengaruh perubahan luas hutan terhadap koefisien aliran permukaan (C) dan debit minimum (Qmin) menggunakan data luas hutan periode 1991-2010 dan data koefisien aliran permukaan diperoleh penurunan luas hutan menyebabkan peningkatan koefisien aliran permukaan dan penurunan debit minimum secara eksponensial. Analisis pengaruh penurunan luas hutan terhadap koefisien aliran permukaan (C) DAS Konawehea Hulu disajikan pada Gambar 2. Gambar tersebut menunjukkan bahwa koefisien aliran permukaan meningkat secara eksponensial yang dipengaruhi oleh penurunan luas hutan. Peningkatan koefisien aliran permukaan di DAS Konawehea Hulu mengikuti pola penurunan luas hutan menurut persamaan:

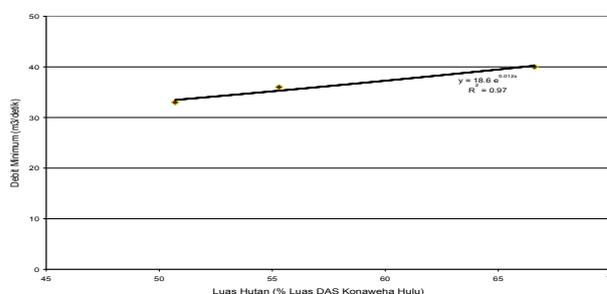
$$y = 158,8 e^{-0,03x} \dots (11)$$

Keterangan: y = koefisien aliran permukaan (%), X = luas hutan (%) dan e = bilangan logaritma natural yang bernilai 2,7182818.

Berdasarkan Persamaan 11, disimpulkan bahwa semakin luas hutan maka semakin kecil nilai koefisien aliran permukaan. Oleh karena itu upaya-upaya penurunan koefisien aliran permukaan dapat dilakukan melalui penambahan luas hutan. Penurunan luas hutan akan menyebabkan terjadinya penurunan debit minimum Sungai Konawehea.



Gambar 2. Pengaruh penurunan luas hutan terhadap koefisien aliran permukaan DAS Konawehea Hulu periode 1991-2010



Gambar 3. Pengaruh penurunan luas hutan terhadap debit minimum (Qmin) Sungai Konawehea periode 1991-2010

Hasil analisis pengaruh perubahan luas hutan dengan debit minimum menunjukkan bahwa debit minimum menurun secara eksponensial mengikuti pola penurunan luas hutan (Gambar 3) mengikuti persamaan:

$$y = 18,6 e^{0,01x} \dots (12)$$

Keterangan : y = debit minimum ($m^3/detik$), x = luas hutan (%) dan e = bilangan logaritma natural yang bernilai 2,7182818.

Berdasarkan Persamaan 12, disimpulkan bahwa semakin luas hutan akan semakin besar debit minimum sungai, dan sebaliknya. Oleh karena itu, upaya peningkatan debit minimum dapat dilakukan melalui penambahan luas hutan.

Fenomena tersebut di atas menunjukkan bahwa perubahan luas penggunaan lahan khususnya hutan di daerah-daerah tropis akan mempengaruhi siklus hidrologi. Hal ini didukung pendapat Bonell and Bruijnzeel (2005); bahwa: (1) erosi meningkat dengan terganggunya hutan; (2) produksi air (*water yield*) dalam hal ini ditribusi bulanan menurun seiring dengan penurunan evapotranspirasi vegetasi; (3) aliran air musiman khususnya aliran dasar (*baseflow*) akan menurun seiring dengan penurunan kapasitas infiltrasi tanah dan peningkatan aliran permukaan (Lerner and Harris, 2009); dan (4) aliran puncak (*peak flow*) akan meningkat seiring dengan berkurangnya penutupan tanah. Selanjutnya Aylward (2005) dan Gregory (1972) mengemukakan bahwa dampak perubahan penggunaan lahan terhadap jumlah air meliputi : (1) hasil air tahunan; (2) aliran air musiman; (3) aliran puncak; dan (4) level air tanah.

Hutan merupakan penggunaan lahan paling baik dalam fungsinya sebagai pengatur proses hidrologi dan melindungi tanah. Penggundulan hutan menyebabkan penurunan kapasitas infiltrasi tanah sehingga terjadi peningkatan aliran permukaan dan percepatan erosi tanah, bahkan dapat menyebabkan perubahan karakteristik pasokan air. Total hasil air (*water yield*) yang keluar dari suatu DAS meningkat, begitu juga dengan perbedaan hasil air antara musim kemarau dan musim hujan (Purwanto dan Ruijter, 2004; Chandler dan Suyanto, 2004).

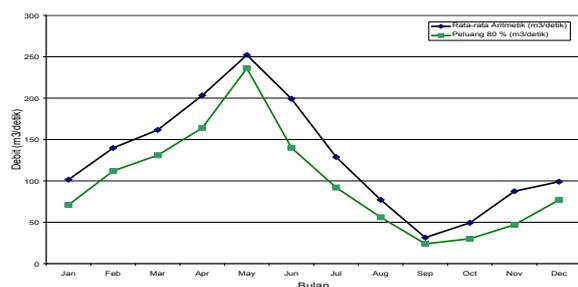
Analisis Ketersediaan Air

Analisis Curah Hujan. Curah hujan rata-rata tahunan di DAS Konawehea selama 11

tahun (1999 – 2009) yang direpresentasikan dengan data curah hujan rata-rata tahunan 18 stasiun pengamat adalah 1.269 mm per tahun. Curah hujan rata-rata bulanan 18 stasiun hujan di DAS Konawehea sangat fluktuatif berdasarkan ruang dan waktu. Hal ini disebabkan oleh letak geografis masing-masing stasiun dimana daerah-daerah dataran rendah (daerah hilir) cenderung lebih kering dibandingkan dengan daerah dataran tinggi (daerah hulu). Variasi curah hujan masing-masing stasiun juga kemungkinan disebabkan oleh topografi wilayah yang cukup bervariasi. Hasil analisis curah hujan rata-rata menunjukkan bahwa curah hujan rata-rata bulanan tertinggi di DAS Konawehea terjadi pada Bulan Mei dengan curah hujan 169 mm, sedangkan curah hujan rata-rata bulanan terendah terjadi pada Bulan September dengan curah hujan sebesar 37 mm. Dari data curah hujan rata-rata tahunan di DAS Konawehea (1.269 mm), jika dikonversi dengan luas DAS Konawehea hulu yaitu 697.841 ha, maka diperoleh ketersediaan air tahunan sebesar $8,86 \times 10^9 m^3$ per tahun. Nilai ini sangat besar jika dibandingkan dengan total kebutuhan air tahunan di wilayah ini, yaitu kurang dari $0,9 \times 10^9 m^3$ per tahun (La Baco, 2012). Hal ini menunjukkan bahwa total kebutuhan air tahunan hanya sekitar 10 % dari total ketersediaan air yang bersumber dari curah hujan di DAS Konawehea, bahkan hampir 50 % air hujan akan hilang menjadi aliran permukaan. Jumlah air yang hilang tersebut akan semakin banyak jika diakumulasikan dengan debit sungai yang tidak memanfaatkan khususnya debit musim hujan. Dengan demikian masih memungkinkan optimalisasi pemanfaatan air hujan untuk memenuhi berbagai kebutuhan air di wilayah ini.

Analisis Debit Sungai. Analisis debit Sungai Konawehea dengan pendekatan rata-rata aritmetik menggunakan Persamaan 7 dan pendekatan peluang kejadian menggunakan Persamaan 8 menghasilkan hidrograf aliran bulanan rata-rata selama 12 bulan. Besaran debit rata-rata yang diperoleh dari pendekatan rata-rata aritmetik lebih besar jika dibandingkan dengan debit rata-rata peluang 80 %. Namun keduanya menunjukkan bahwa hidrograf aliran tertinggi terjadi pada Bulan Mei dan terendah terjadi pada Bulan

September (Gambar 4). Hidrograf aliran rata-rata pada Bulan September sampai Mei mengalami peningkatan cukup signifikan, sebaliknya, hidrograf aliran dari Mei sampai September mengalami penurunan. Jika menggunakan perhitungan dengan peluang kejadian tertentu, maka debit bulanan dari hasil perhitungan rata-rata aritmetik mempunyai peluang kejadian sekitar 50 % dengan periode ulang 4 tahun.

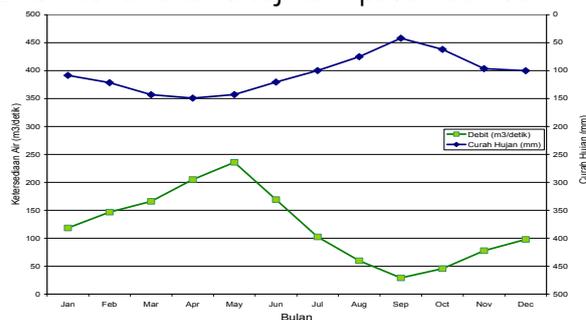


Gambar 4. Hidrograf aliran Sungai Konaweha berdasarkan rata-rata aritmetik dan peluang 80 % tahun 1993-2009

Gambar 5 memperlihatkan ketersediaan air yang dinyatakan dengan debit rata-rata bahwa ketersediaan air maksimum berdasarkan peluang kejadian 80 % adalah 236 m³/detik dan minimum sebesar 24 m³/detik. Angka-angka tersebut merupakan gambaran ketersediaan air aktual di DAS Konaweha. Kecenderungan hidrograf aliran sungai yang memperlihatkan penurunan debit aliran sungai khususnya dari Bulan Juli sampai Oktober dijadikan acuan dalam perencanaan alokasi sumberdaya air.

Berdasarkan uraian-uraian diatas, maka hidrograf aliran rata-rata bulanan Sungai Konaweha dipengaruhi oleh curah hujan rata-rata bulanan. Hal ini sesuai dengan pendapat Litte *et al.* (2009) bahwa aliran sungai merupakan hasil interaksi yang kompleks antara faktor terestrial yang meliputi geomorfologi DAS, tipe tanah, vegetasi dan penggunaan lahan dengan faktor-faktor atmosferik seperti curah hujan, temperatur, kelembaban udara, angin dan lain-lain dimana curah hujan merupakan faktor dominan penyebab variasi ketersediaan air bulanan, musiman dan tahunan.

Hidrograf aliran rata-rata bulanan Sungai Konaweha yang merupakan cerminan ketersediaan air rata-rata di DAS Konaweha dipengaruhi oleh curah hujan yang terjadi di wilayah tersebut. Analisis curah hujan rata-rata bulanan DAS Konaweha dan hidrograf aliran bulanan menunjukkan bahwa curah hujan rata-rata berkorelasi positif dengan debit aliran sungai. Distribusi bulanan ketersediaan air dan curah hujan bulanan di DAS Konaweha disajikan pada Gambar 4.



Gambar 5. Distribusi ketersediaan air dan curah hujan bulanan di DAS Konaweha tahun 1993-2009

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Perubahan penggunaan lahan di DAS Konaweha yang terjadi adalah penurunan luas hutan secara eksponensial ($y = 71.26 e^{-0.02x}$) diikuti penambahan luas perkebunan ($y = 10.2 \ln(x) + 10.3$), kebun campuran ($y = 1.67x^{0.36}$) dan semak belukar ($y = 0.88x^{0.44}$), dimana y = luas jenis penggunaan lahan, x = periode waktu lima tahunan, dan e = bilangan logaritma (2,7182818).
2. Penurunan luas hutan menyebabkan peningkatan koefisien aliran permukaan mengikuti persamaan: $y = 158,8 e^{-0,03x}$ dan penurunan debit minimum mengikuti persamaan: $y = 18,6 e^{0,01x}$, dimana y adalah koefisien aliran permukaan (%) dan debit minimum (m³/detik), e adalah bilangan logaritma natural yang bernilai 2,7182818 dan x adalah luas hutan (%) luas DAS Konaweha Hulu.

3. Perubahan penggunaan lahan hutan menjadi non hutan di DAS Konawehea hulu telah mempengaruhi ketersediaan air di DAS Konawehea seperti: penurunan debit maksimum dan minimum Sungai Konawehea, selanjutnya mempengaruhi ketersediaan air khususnya distribusi bulanan yang tidak merata, yakni pada musim hujan akan terjadi debit yang berlebihan, sedangkan pada musim kemarau debit aliran sungai minimum rendah sehingga terjadi defisit air.

Saran. Penurunan fungsi hidrologi akibat perubahan penggunaan lahan DAS Konawehea akan mempengaruhi keberlanjutan sumberdaya air sehingga diperlukan upaya yang ditujukan untuk mengendalikan perubahan penggunaan lahan khususnya penurunan luas hutan. Upaya-upaya tersebut antara lain koordinasi dan pengawasan yang ketat terhadap eksploitasi hutan, standar ketat konversi hutan, dan reorientasi prioritas pembangunan daerah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi L, 2012. Dinamikan Penggunaan Lahan di DAS Wanggu terhadap Sedimentasi di Teluk Kendari, Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Arif SS. 2003. Menuju Pengelolaan Sumberdaya Air Yang Berkelanjutan. National Project Coordinator on Water Resources Management. Prosiding Seminar FAO-Bappenas, Jakarta.
- Aylward D. 2005. Land use, hydrological function and economic valuation. In: *Forest, Water and People in the Humid Tropics*. Ed. M. Bonell and L.A. Bruijnzeel. Published by Cambridge University Press.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Sulawesi Tenggara. 2005. Program Pembangunan Daerah (Propeda) dan Program Pembangunan Tahunan Daerah (Propetada) Provinsi Sulawesi Tenggara Tahun 2006. Kendari.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Sulawesi Tenggara. 2010. Draft Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Sulawesi Tenggara. Kendari.
- Bonnell M., Bruijnzeel LA. 2005. *Forest, water and people in the humid tropics*. Published by Cambridge University Press. Bosscher, A. 1984. *Basic Hydrology and Water Resource Development*. Lecture Note. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences.
- BPDAS Sampara. 2009. Rencana Pengelolaan Terpadu DAS Konawehea. Badan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Sampara Provinsi Sulawesi Tenggara. Kendari.
- Chandler FJC, Suyanto. 2004. Pengakuan dan Pemberian Imbalan bagi Penyediaan Daerah Jasa Daerah Aliran Sungai (DAS). Prosiding Lokakarya di Padang Singkarak, Sumatera Barat. World Agroforestry Centre.
- Gregory GR. 1972. *Forest Resource Economics*. John Wiley and Sons. New York., USA.
- Iriawan N, Astuti SP. 2008. *Mengolah Data dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Penerbit: Andi, Yogyakarta.
- La Baco, 2012. Analisis Alternatif Penggunaan Lahan untuk Menjamin Ketersediaan Sumberdaya Air di DAS Konawehea Provinsi Sulawesi Tenggara. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Little C, Lara A, McPhee J, Urrutia R. 2009. Revealing the impact of forest exotic plantation on water yield in large skale watershed in South Central Chile. *Journal of Hydrology*. 374:162-170.
- Purwanto E, Ruijter J. 2004. Hubungan antara Hutan dan Fungsi Daerah Aliran Sungai. Prosiding Lokakarya di Padang Singkarak, Sumatera Barat. World Agroforestry Centre.
- Singh VP. 1992. *Elementary Hydrology*. Departement of Civil Engineering Louisiana State University, Prentic Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Sub Dinas PU Pengairan Provinsi Sulawesi Tenggara. 2009. Rekapitulasi Data Curah Hujan Bulanan Stasiun Curah Hujan Sulawesi Tenggara. Kendari.
- Sub Dinas PU Pengairan Provinsi Sulawesi Tenggara. 2010. Debit Rata-Rata Sungai Konawehea Tahun 1993–2009. Kendari.