

Analisis Potensi Produksi Air pada Beberapa Skenario Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai Paninggahan-Singkarak

Analysis of Water Production Potencial under Various Scenario in Paninggahan-Singkarak Watershed

N. PUJILESTARI¹, S.D. TARIGAN², DAN K. SUBAGYONO³

ABSTRAK

Daerah Aliran Sungai (DAS) Paninggahan merupakan bagian dari DAS Danau Singkarak. Wilayah ini memiliki proporsi luas hutan budidaya terluas dibandingkan dengan sub DAS lain di Singkarak. Laju konversi hutan menjadi kebun campuran di hulu DAS Paninggahan berlangsung cepat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan debit sungai terkait dengan perubahan penggunaan lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik hidrologi DAS Paninggahan masih baik, kondisi penggunaan lahan yang didominasi oleh hutan (53%) dan sedikit pemukiman (2.5%), menyebabkan kapasitas simpan air di DAS masih besar. Antara tahun 1984 sampai dengan tahun 2007 telah terjadi penyusutan luas wilayah hutan dengan laju 66 ha tahun⁻¹, dan pertambahan luas kebun campuran yang mencapai 39 ha tahun⁻¹. Hasil analisis debit menunjukkan bahwa degradasi hutan akan meningkatkan debit total sampai 1,3 m³ det⁻¹ dan menurunkan debit minimum sampai 0,2 m³ det⁻¹. Informasi dampak perubahan komposisi penggunaan lahan terhadap produksi debit di suatu DAS dapat dijadikan acuan untuk pengembangan DAS secara berkelanjutan untuk mengantisipasi penurunan debit sungai di DAS.

Kata kunci : DAS, Perubahan penggunaan lahan, Debit

ABSTRACT

Paninggahan watershed is the sub watershed of the Singkarak Lake watershed. It has a largest part of managed forest in the upstream and the change of landuse from forest to mixture garden increasing rapidly. The study on the change of discharge related to the landuse change is the main focus of this research. The result shows that hydrological characteristic of Paninggahan watershed is still good, with the domination of secondary forest covering 53% of the watershed. Therefore this watershed still has large amount of water reserve. The result of monitoring landuse change from year 1984-2007, indicating that the rate of forest decreasing was 66 ha year⁻¹ and the increasing of mixture garden was 39 ha year⁻¹. The result of characteristic simulation discharge showed that forest degradation will increase total volume of discharge to 1.3 m³ s⁻¹, whereas minimum debit will progressively decrease till 0.2 m³ s⁻¹. The knowledge of the influence of landuse change due to decreasing of debit in the watershed becomes guidance for the continous watershed development.

Keywords : Watershed, Landuse change, Discharge

PENDAHULUAN

DAS Paninggahan merupakan bagian dari DAS Danau Singkarak di Sumatera Barat. DAS Singkarak merupakan daerah penting penghasil padi, sumber

air bagi pusat pembangkit listrik tenaga air untuk memenuhi kebutuhan listrik Sumatera Barat dan Riau, rumah bagi pelestarian warisan adat Minangkabau. Selain itu, Danau Singkarak merupakan danau terbesar kedua di Pulau Sumatera dengan kekayaan berbagai jenis ikan endemik, serta memiliki bentang alam yang indah yang dapat dikembangkan untuk kegiatan ekoturisme yang menarik. Oleh karena itu, ketersediaan sumberdaya air menjadi faktor utama pendukung semua kegiatan di wilayah ini.

Penelitian dilakukan di DAS Paninggahan yang memberikan kontribusi aliran ke Danau Singkarak. Wilayah ini memiliki struktur batuan kombinasi granit dan kapur dan saat ini memiliki rasio penutupan hutan tertinggi dibandingkan dengan sub DAS lain di Singkarak (Subagyo, 2006). Wilayah tersebut sebenarnya telah ditanami kopi pada masa pendudukan Belanda, namun sejak perkebunan kopi tersebut diabaikan pada tahun 1958 saat ini wilayah tersebut berubah menjadi hutan sekunder. Pada tahun 1976 Pemerintah Indonesia telah melaksanakan program penghijauan di wilayah ini, termasuk untuk lahan-lahan yang dikuasai Nagari di hulu DAS. Namun penduduk setempat merasakan bahwa program penghijauan tersebut mengurangi penghasilan mereka. Penduduk setempat merencanakan wilayah tersebut untuk ditanami tanaman buah, cengkeh dan kemiri. Akhirnya pada tahun 2004, melalui program penghijauan kembali yang didukung oleh Asosiasi Pengusaha Hutan Indonesia (APHI) dan Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan Kritis

1. Peneliti pada Balai Penelitian Agroklimate dan Hidrologi, Bogor.
2. Staf pengajar pada Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
3. Kepala Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Bogor.

(GNRHLK) rencana tersebut mulai terwujud (Farida *et al.*, 2005).

Untuk meningkatkan produktivitas lahan di wilayah hulu, diperlukan dasar pengelolaan lahan yang tepat, terkait dengan fungsi hidrologi DAS. Berdasarkan fakta tersebut maka informasi karakteristik produksi air terkait dengan penggunaan lahan menjadi penting untuk diketahui. Agar pendekatan ini dapat terlaksana, maka pengetahuan dan pemahaman proses hidrologi pada tiap-tiap penggunaan lahan sangat diperlukan. Penelitian tentang karakteristik DAS Singkarak sebelumnya telah dilakukan untuk menghitung neraca air DAS (Peranginangin *et al.*, 2004). Farida *et al.* (2005) telah menganalisis pengaruh program penghijauan terhadap karakteristik hidrologi DAS Paninggahan dengan menggunakan data hipotetik dari model GenRiver 1,1. Subagyo (2006) melakukan pemantauan kondisi hidrologi dan iklim di DAS Paninggahan melalui pemasangan stasiun iklim (AWS) dan pemantau tinggi muka air otomatis (AWLR), sehingga memungkinkan didapatkannya data primer dengan resolusi waktu yang tinggi. Berdasarkan data hasil pemantauan AWS dan AWLR tersebut dilakukan perhitungan produksi air di DAS Paninggahan.

Tujuan dari penelitian ini adalah 1) menganalisis pola perubahan penggunaan lahan di DAS Paninggahan, 2) menganalisis pengaruh pengelolaan lahan terhadap debit, dan 3) menganalisis dan menghitung produksi air DAS pada berbagai skenario penggunaan lahan

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan terdiri atas data sebagai berikut :

1. Data iklim dari AWS dan debit dari AWLR di DAS Paninggahan periode Maret 2006 sampai dengan Desember 2008.
2. Data iklim stasiun Saning Bakar dan Sumani periode tahun 1975-1998.

3. Peta penggunaan lahan Rupa Bumi Indonesia skala 1:50.000. Jantop TNI AD, Jakarta tahun 1984.
4. Peta satuan lahan dan tanah lembar Padang dan Solok, Sumatera Barat skala 1:250.000, Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat tahun 1990.
5. Citra Landsat dengan path/row 127/060, akuisisi tahun 1992, 2002, dan 2007.

Metode penelitian

Analisis perubahan penggunaan lahan

Peta Rupa Bumi (RBI) yang dikeluarkan oleh Direktorat Topografi (Jantop) TNI-AD, Jakarta tahun 1998 lembar Talawi dan Lubuk Alung skala 1:50.000 digunakan sebagai referensi dasar perubahan penggunaan untuk tahun-tahun berikutnya. Peta tersebut diregistrasi dan di-*cropping* untuk wilayah DAS Paninggahan. Kegiatan digitasi peta dilakukan untuk mendapatkan data penggunaan lahan tahun 1984. Peta ini kemudian dijadikan standar baku interpretasi untuk menentukan jumlah kelas klasifikasi.

Tahap selanjutnya peta tersebut ditumpang-tepatkan dengan peta, perubahan penggunaan lahan tahun 1992 yang didelineasi dengan menggunakan citra satelit secara manual berdasarkan rona dan bentuk. Peta topografi dan tanah digunakan sebagai data pendukung ketepatan delineasi. Dengan standar yang sama, dilakukan klasifikasi untuk citra tahun 2001 dan 2007.

Hasil klasifikasi penggunaan lahan ketiga tahun tersebut, kemudian ditumpang-tepatkan satu dengan lainnya sehingga dapat diketahui luas dan pola perubahan penggunaan lahan.

Perhitungan potensi produksi air

Prediksi produksi air harian dikaitkan dengan penggunaan lahan menggunakan program simulasi debit Model Debit Daerah Aliran Sungai (MODDAS) (Kartiwa, 2008) yang merupakan model simulasi debit harian yang dikembangkan berdasarkan integrasi

Model SCS Curve Number (SCS-USDA, 1972 *dalam* Chow, 1988) dengan Model Aliran Air Bawah Tanah (*ground water flow*). Model ini pertama kali dikembangkan oleh Kartiwa (2008), untuk mempelajari perubahan karakteristik hidrologi akibat perubahan penggunaan lahan di DAS Aih Tripe, Provinsi Nanggroe Aceh Darusalam. Diagram alir MODDAS disajikan pada Gambar 1.

Kalibrasi parameter model MODDAS dilakukan untuk menyesuaikan parameter DAS Paninggahan. Setelah itu dilakukan validasi untuk menguji kualitas hasil prediksi. Data yang digunakan untuk kalibrasi adalah data luas penggunaan lahan di DAS Paninggahan hasil dari analisis citra Landsat tahun 2007 dan jenis tanah dari peta tanah skala 1:250.000 untuk menentukan grup tanah. MODDAS yang telah divalidasi kemudian digunakan untuk memprediksi debit setahun untuk berbagai tipe penggunaan lahan dengan menggunakan data curah hujan tahun 2006 dan 2007.

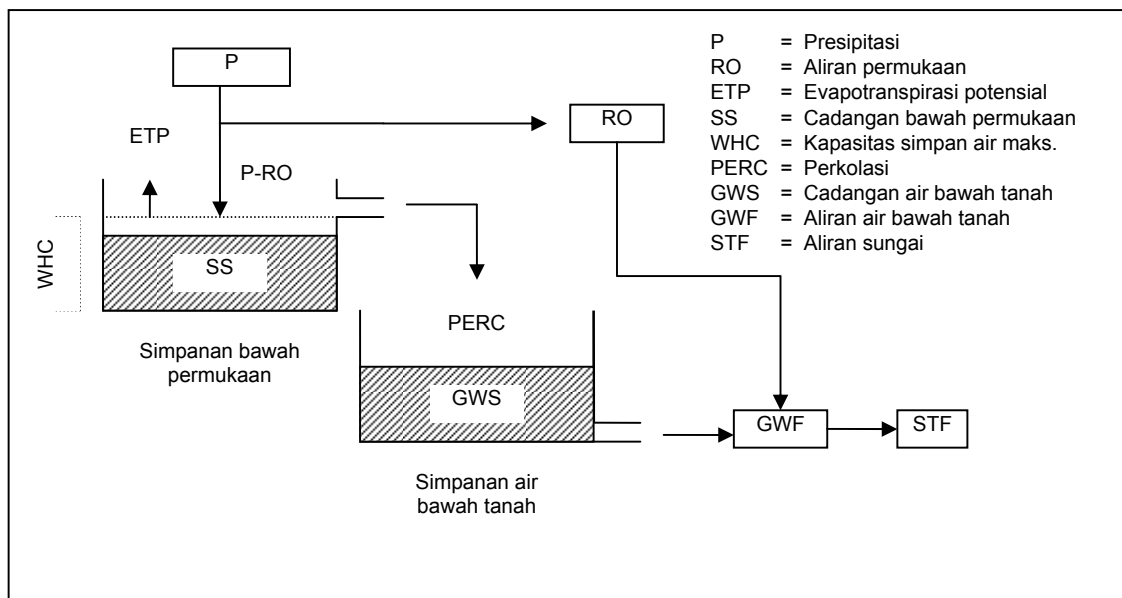
Untuk mengevaluasi kualitas hasil simulasi, dilakukan uji perbandingan antara debit pengukuran dengan debit simulasi menggunakan koefisien kemiripan F (Nash dan Sutcliffe *dalam* Kartiwa, 2004) :

$$F = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(t) - Q_{sim}(t))^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(t) - \overline{Q_{obs}})^2}$$

dimana :

- F = koefisien kemiripan ($F \leq 1$; $F = 1$, simulasi sempurna)
- $Q_{obs}(t)$ = debit pengukuran pada waktu ke- t ($m^3 \text{ det}^{-1}$)
- $Q_{sim}(t)$ = debit simulasi pada waktu ke- t ($m^3 \text{ det}^{-1}$)
- $\overline{Q_{obs}}$ = debit pengukuran rata-rata ($m^3 \text{ det}^{-1}$)

Karakteristik debit akibat pengaruh pengolahan lahan dianalisis berdasarkan pola debit sesaat pada empat periode pengelolaan lahan yaitu saat tanam,



Sumber : Kartiwa (2008)

Gambar 1. Diagram alir MODDAS

Figure 1. Flow chart of MODDAS

fase vegetatif, generatif dan panen-bera. Teknik pemisahan hidrograf dilakukan untuk memisahkan aliran permukaan langsung (*direct runoff*), aliran permukaan yang tertunda (*inter flow*) dan aliran dasar (*base flow*).

Selanjutnya disusun beberapa skenario pengelolaan air menurut beberapa skenario yaitu : 1) perubahan penggunaan lahan setelah tahun 2007 yaitu luas hutan menyusut menjadi 30%, sedangkan sisanya berubah menjadi kebun campuran; 2) sama dengan kondisi 1 namun terjadi perubahan penggunaan lahan pada tegalan dan kebun campuran, sementara luas pemukiman dan sawah meningkat masing-masing 100% dari kondisi tahun 2007; dan 3) proyeksi perubahan penggunaan lahan tahun 2020.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik biofisik DAS Paninggahan

DAS Paninggahan memiliki relief wilayah yang sangat bervariasi. Dimulai dari wilayah datar dan berair yaitu danau, kemudian ke arah barat akan ditemui wilayah dengan sedimen kasar berombak dengan relief antara 3-8%. Semakin ke arah barat akan ditemui wilayah pegunungan dengan kelerengan dari curam sampai dengan curam (25-75%), diselingi dengan wilayah karst berupa batu kapur yang keras dengan kelerengan curam sampai sangat curam (>25%). Pada batas barat DAS Paninggahan akan ditemukan wilayah dengan kelerengan sangat curam (>75%) (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1990).

Kondisi relief DAS Paninggahan yang curam menyebabkan perbedaan karakteristik curah hujan antara wilayah hulu dan hilir terlihat nyata. Berdasarkan peta curah hujan yang dikeluarkan oleh pemerintah Kabupaten Solok, tahun 2004, diketahui bahwa DAS Paninggahan terbagi menjadi tiga wilayah curah hujan, yaitu wilayah hilir yang berbatasan dengan danau memiliki curah hujan tahunan kurang dari 2.000 mm tahun⁻¹, wilayah tengah DAS memiliki curah hujan antara 2.000-

2.500 mm tahun⁻¹, sedangkan di hulu DAS memiliki curah hujan antara 2.500-3.000 mm tahun⁻¹.

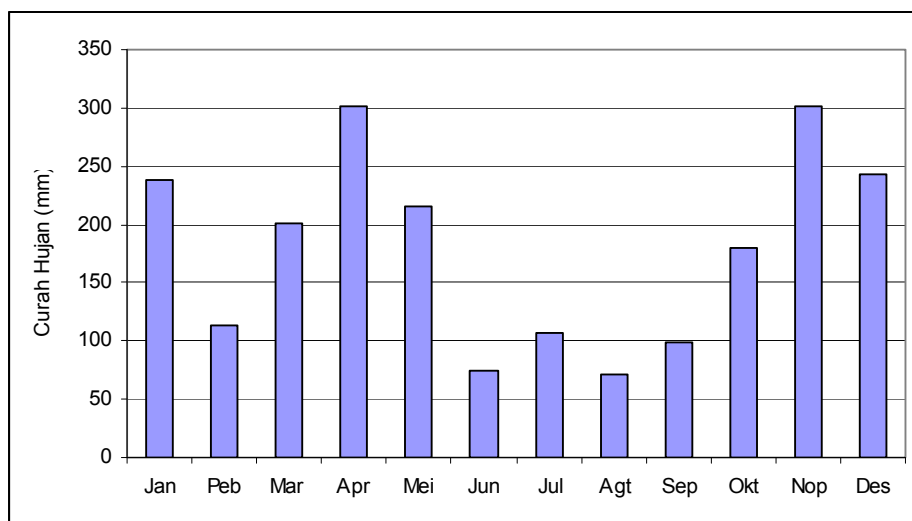
Berdasarkan hasil perekaman data di dua stasiun penakar hujan yaitu AWLR Sabarang (wilayah hilir) dan AWS Aro (wilayah hulu) DAS Paninggahan ternyata bahwa kedua wilayah tersebut memiliki pola curah hujan yang berbeda. Wilayah hulu DAS lebih kering dibandingkan dengan hilirnya. Dalam periode pengamatan Mei 2006-April 2007, jumlah hujan yang tercatat di AWLR Sabarang adalah 2.401 mm dan AWS Aro adalah 2.258 mm.

Berdasarkan data rekaman curah hujan di stasiun hujan Saningbakar dan Sumani, diketahui bahwa jumlah curah hujan di DAS Paninggahan pada tahun 2006-2007, termasuk dalam tahun normal, sehingga data ini dapat digunakan untuk menduga produksi air dan kebutuhan irigasi di DAS Paninggahan. Kriteria tahun normal yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada BMG, (2006) dalam Runtunuwu dan Syahbuddin, (2007). Pada kriteria tersebut ditentukan bahwa sifat hujan tahun normal adalah jika perbandingan curah hujan tahunan terhadap rata-ratanya antara 85-115%. Jika dihitung dari data hujan historis terdekat selama 23 tahun di DAS Paninggahan adalah antara 1.905-2.577 mm. Distribusi curah hujan bulanan rata-rata tahun normal, disajikan pada Gambar 2.

Berdasarkan pengamatan debit sepanjang tahun 2006 (Gambar 3), diketahui bahwa aliran dasar berkisar antara 2-5 m³ det⁻¹. Debit maksimum terjadi pada tanggal 23 Maret 2006 sebesar 51 m³ det⁻¹, sedangkan debit minimum tercatat 2,8 m³ det⁻¹ pada tanggal 10 Oktober 2006.

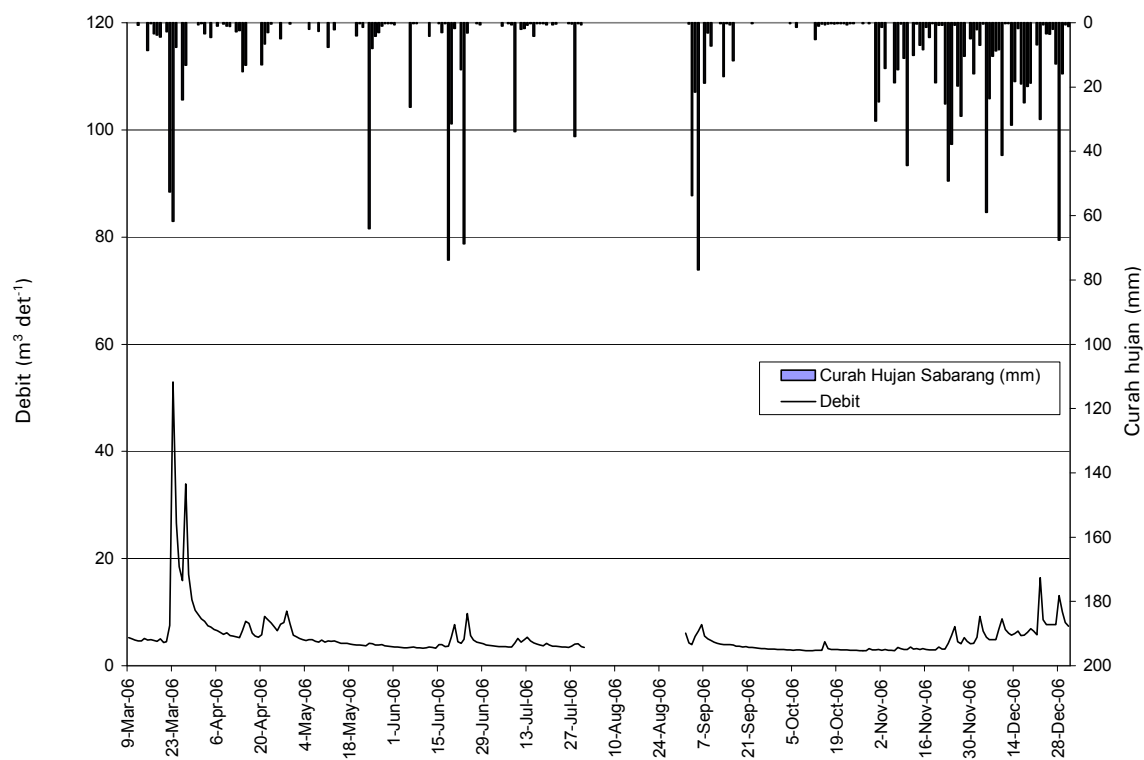
Perubahan penggunaan lahan di DAS Paninggahan

Berdasarkan analisis penggunaan lahan tahun 1984, 1992, 2002 dan 2007 diketahui bahwa penurunan luas lahan terjadi pada penggunaan lahan hutan sekunder dengan laju 66 ha tahun⁻¹. Sementara itu peningkatan luas lahan terjadi pada penggunaan lahan untuk kebun campuran dengan laju 39 ha tahun⁻¹. Penggunaan lahan sawah dan tegalan relatif stabil (Tabel 1).



Gambar 2. Distribusi curah hujan bulanan rata-rata Tahun Normal

Figure 2. Monthly rainfall distribution in Normal year



Gambar 3. Distribusi hujan-debit periode pengamatan Maret-Desember 2006

Figure 3. Rainfall-discharge distribution in March-December 2006

Tabel 1. Penggunaan lahan tahun 1984, 1992, 2002, dan 2007 di DAS Paninggahan*Table 1. Landuse in Paninggahan Watershed in 1984, 1992, 2002, and 2007*

Penggunaan lahan	1984		1992		2002		2007	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Belukar	176,96	3,01	998,30	16,96	824,00	14,00	831,20	14,12
Hutan sekunder	4.883,68	82,97	3.544,30	60,21	3.481,70	59,15	3.151,80	53,54
Kebun campuran	128,39	2,18	556,80	9,46	782,10	13,29	1.088,50	18,49
Pemukiman	31,82	0,54	94,90	1,61	142,30	2,42	146,90	2,50
Sawah	359,88	6,11	511,80	8,69	473,40	8,04	487,40	8,28
Tegalan	305,57	5,19	180,20	3,06	182,80	3,11	180,40	3,06

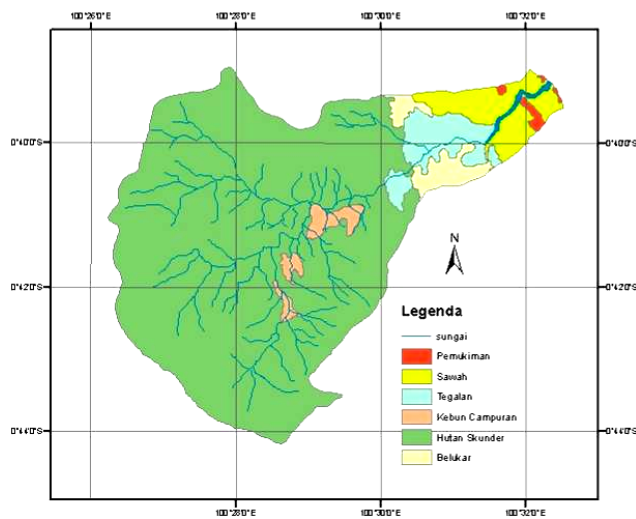
Hasil analisis penggunaan lahan menunjukkan bahwa dari tahun 1984, 1992, 2002, dan 2007 terdapat kecenderungan perubahan penggunaan lahan dari hutan menjadi kebun campuran (Gambar 4). Wilayah datar di pinggir danau secara perlahan berubah menjadi sawah dan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk maka wilayah pemukiman semakin meluas menggantikan lahan sawah. Di pinggir Danau Singkarak yang landai, digunakan untuk lahan sawah, dan wilayah yang terjal di pinggir danau dijadikan daerah bisnis untuk mendukung pariwisata seperti pasar rumah makan dan toko cinderamata. Tegalan dibuka di daerah-daerah dengan kelerengan sedang, dengan lokasi di pinggir hutan. Wilayah yang terjal dan berkapur yang banyak terdapat di Paninggahan tidak dimanfaatkan oleh penduduk sehingga dibiarkan menjadi semak belukar. Sebagian besar hutan di DAS Paninggahan merupakan hutan sekunder, karena pada awalnya daerah tersebut merupakan kebun kopi yang dibiarkan menjadi hutan kembali. Hutan alami dan pinus terdapat di puncak-puncak bukit DAS Paninggahan.

Jenis penggunaan lahan hutan terdiri atas bermacam-macam variasi tanaman berkayu, pada jenis ini hutan sekunder, primer dan pinus menjadi satu kelas klasifikasi. Kebun campuran dikelola oleh penduduk lokal dengan bermacam-macam jenis tanaman seperti durian, alpukat jeruk, nangka, cengkeh, dan kemiri. Pola tanam di lahan sawah adalah padi sebanyak tiga kali setahun, sedangkan untuk tegalan tanaman yang diusahakan adalah cabai, jagung, dan bawang.

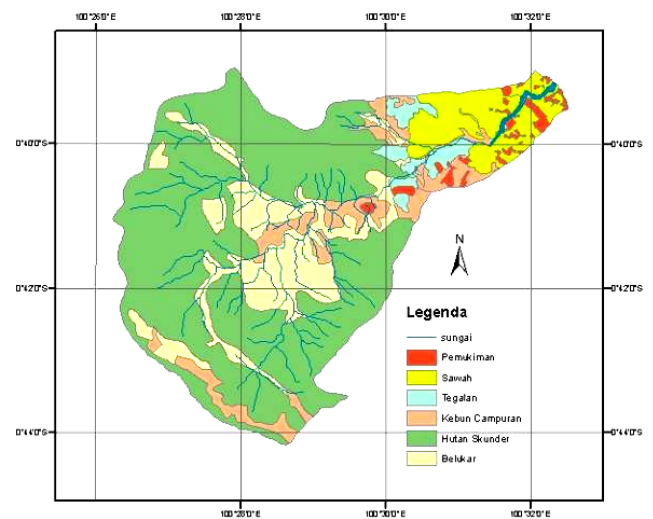
Potensi produksi air DAS Paninggahan

Model simulasi debit dikembangkan untuk memungkinkan mempelajari karakteristik debit sebagai konsekuensi modifikasi biofisik DAS, termasuk apabila terjadi perubahan penggunaan lahan. Fluktuasi debit hasil kalibrasi dan pengukuran disajikan pada Gambar 5. Kalibrasi MODDAS menggunakan data hujan dari AWS Kayu Aro sedangkan data debit menggunakan data AWLR di outlet Sungai Batang Sabarang. Hasil simulasi untuk debit periode pengamatan bulan Maret sampai dengan Juli 2006 menunjukkan hasil yang baik dengan koefisien efisiensi 67% (nilai koefisien efisiensi 0-100%). Parameter hasil kalibrasi adalah sebagai berikut : Kapasitas simpan air maksimum (WHC) : 200 mm, konstanta resesi : 0,009, cadangan air bawah permukaan inisial (SS) : 678,36 mm, cadangan air bawah tanah inisial : 836,26 mm.

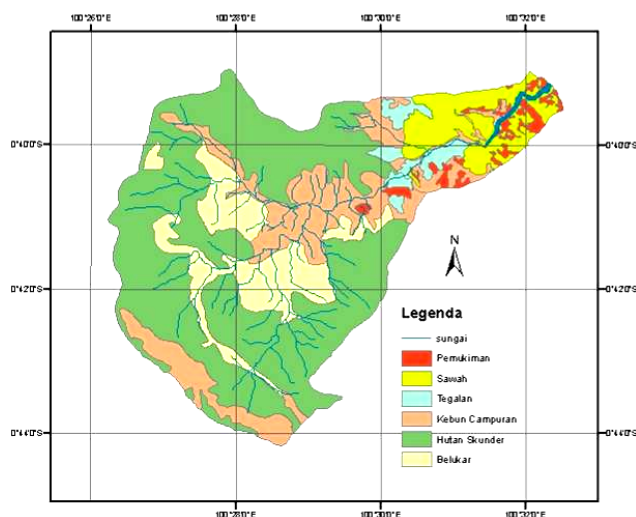
Parameter hasil kalibrasi menunjukkan bahwa kondisi DAS Paninggahan masih baik, nilai kandungan air tanah maksimum yang tinggi menunjukkan kondisi vegetasi memiliki sistem perakaran yang baik sehingga mampu menyimpan air dalam jumlah besar. Penggunaan lahan yang didominasi hutan sekunder menyebabkan wilayah hulu sebagai kawasan penyangga masih berfungsi baik, sehingga laju penurunan debit relatif kecil yang ditandai dengan kecilnya nilai konstanta resesi. Pada wilayah DAS yang berbatasan langsung dengan Danau Singkarak, pengaruh interaksi antara danau dengan daratan menyebabkan cadangan air bawah permukaan dan cadangan air bawah tanah besar (Bonnet *et al.*, 2007).



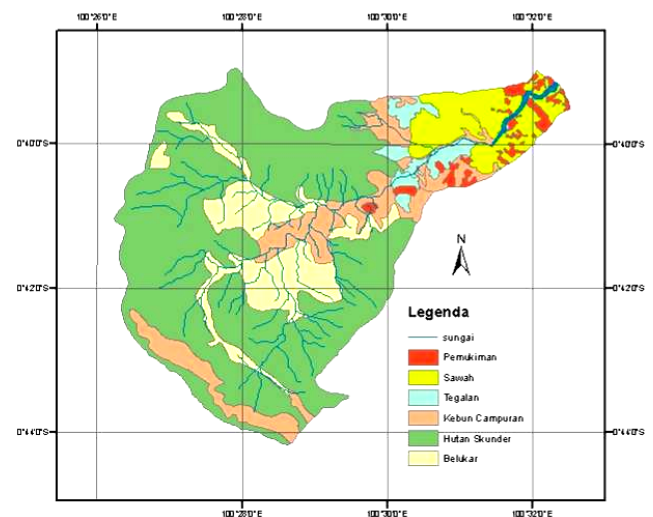
Peta penggunaan lahan tahun 1984



Peta penggunaan lahan tahun 1992



Peta penggunaan lahan tahun 2007



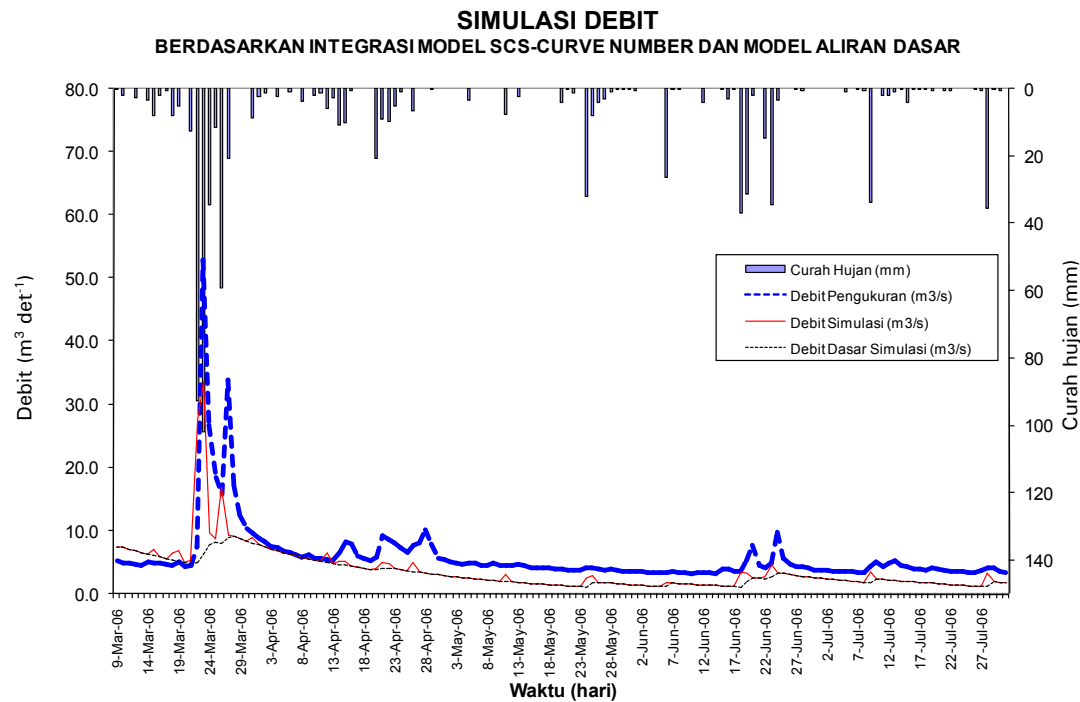
Peta penggunaan lahan tahun 2002

Gambar 4. Penggunaan lahan tahun 1984, 1992, 2002, dan 2007

Figure 4. Landuse map in 1984, 1992, 2002, and 2007

Simulasi debit dengan MODDAS pada beberapa skenario menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan akan mempengaruhi karakteristik debit di suatu DAS. Penurunan luas hutan hingga tersisa 30% dari luas DAS akan meningkatkan debit menjadi 0,4-1,3%. Sementara itu berdasarkan prediksi debit di tahun 2020 diketahui bahwa akan terjadi peningkatan debit sebesar 0,22%. Dengan

kata lain dari kecenderungan perubahan penggunaan lahan yang terjadi di wilayah penelitian, akan meningkatkan debit total sebesar 7,5 l det⁻¹. Nilai Qmaks/Qmin juga meningkat untuk setiap skenario, ini menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan yang cenderung mengurangi wilayah resapan air di DAS akan meningkatkan risiko kerentanan DAS terhadap kekeringan dan banjir. Artinya,



Gambar 5. Kalibrasi model debit harian, Sungai Sabarang, DAS Paninggahan, periode Mei-Juli 2006

Figure 5. Calibration of daily discharge model, Sabarang River, Paninggahan Watershed, May-July 2006 period

Tabel 2. Komposisi penggunaan lahan berdasarkan beberapa skenario

Table 2. Landuse composition in some scenario

Penggunaan lahan	Luas penggunaan lahan			
	2007	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
	 ha			
Belukar	831,2	882,93	588,62	76,36
Hutan sekunder	3151,8	1765,86	1471,55	1570,21
Kebun campuran	1088,5	2001,308	588,62	3500,44
Pemukiman	146,9	294,31	1765,86	200,32
Sawah	487,4	588,62	1177,24	350,12
Tegalan	180,4	353,172	294,31	190,41

pada musim hujan akan terjadi peningkatan jumlah debit, sementara di musim kemarau debit yang tersedia semakin berkurang, hasil yang sama juga didapatkan oleh Guo *et al.* (2007) untuk DAS Danau Poyang. Berdasarkan analisis potensi produksi pada

beberapa skenario tersebut dapat disimpulkan bahwa wilayah DAS Paninggahan secara hidrologi masih relatif stabil. Komposisi luas penggunaan lahan untuk masing-masing skenario disajikan pada Tabel 2, sedangkan potensi produksi air disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Potensi produksi air pada beberapa skenario penggunaan lahan*Table 3. Water production potency in some landuse scenario*

Bulan	Q			
	2007	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
	 m ³ det ⁻¹			
Januari	10,107	10,155	10,377	10,122
Februari	7,679	7,813	8,121	7,819
Maret	4,719	4,757	4,907	4,750
April	2,358	2,251	2,191	2,250
Mei	1,649	1,640	1,728	1,640
Juni	1,795	1,914	2,221	1,908
Juli	0,934	0,913	0,676	0,923
Agustus	0,530	0,517	0,421	0,512
September	1,527	1,553	1,584	1,550
Oktober	0,492	0,420	0,189	0,430
November	1,216	1,311	1,687	1,262
Desember	4,026	4,076	4,234	4,062
Total	37,032	37,321	38,336	37,228
Qrata	3,086	3,110	3,195	3,102
Qmaks	10,107	10,155	10,377	10,122
Qmin	0,492	0,420	0,189	0,430
Qmaks/Qmin	20,536	24,179	54,937	23,544

Berdasarkan tiga skenario penggunaan lahan, diketahui bahwa peningkatan luas pemukiman dan sawah sebesar 100% dari kondisi tahun 2007 (skenario 2), menghasilkan rasio Qmaks/Qmin terbesar. Artinya bahwa perubahan tersebut akan mengurangi kemampuan DAS dalam penyediaan air secara kontinyu sepanjang tahun. Pada skenario 2 produksi air di DAS menghasilkan debit terbesar di musim hujan, sebaliknya di musim kemarau menghasilkan debit terkecil jika dibandingkan dengan dua skenario lainnya. Jika kecenderungan penggunaan lahan selanjutnya mengikuti pola seperti pada skenario 2, maka akan terjadi kelangkaan air di musim kemarau, sehingga mengganggu kontinyuitas budidaya pertanian. Dengan skenario pembatasan laju pemukiman dengan mempertahankan luasan hutan tetap 30% dari luas DAS, dapat menekan laju penurunan produksi air di DAS untuk mencegah kelangkaan air di musim kemarau.

KESIMPULAN

1. Daerah aliran sungai Paninggahan memiliki karakteristik Hidrologi yang masih baik, kondisi penggunaan lahan yang didominasi oleh hutan (53%) dan sedikit pemukiman (2,5%), menyebabkan kapasitas simpan air di DAS masih besar.
2. Antara tahun 1984 sampai dengan tahun 2007 telah terjadi perubahan penggunaan lahan. Laju penyusutan luas wilayah hutan mencapai 66 ha tahun⁻¹, sementara itu pertambahan luas kebun campuran mencapai 39 ha tahun⁻¹. Luas sawah dan tegalan relatif tetap, terdapat kecenderungan pertambahan luas pemukiman menggantikan lahan sawah.
3. Estimasi produksi air dengan skenario menyisakan 30% DAS menjadi kawasan hutan akan meningkatkan debit total 0,4-1,3%.

4. Diketuinya dampak perubahan komposisi penggunaan lahan terhadap produksi debit di suatu DAS dapat dijadikan acuan untuk pengembangan DAS secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bonnet, M.P., G. Barroux, J.M. Martinez, F. Seyler, P. Moreira-Turcq, G. Cochonneau, J.M. Melack, G. Boaventura, L. Maurice-Bourgoin, J.G. Leo, E. Roux, S. Calmant, P. Kosuth, L. Guyot, and P. Seyler. 2007.** Floodplain hydrology in an Amazon floodplain lake (Lago Grande de Curuaý). *Journal of Hydrology* 349:18-30.
- Chow, V.T., D.R. Maidment, and L.W. Mays. 1988.** *Applied Hydrology*. McGraw-Hill International Edition. Civil Engineering Series.
- Farida, K.J., D. Kurniasari, A. Widayanti, A. Ekadinata, D. Prasetyo Hadi, L. Joshi, D. Suyanto, and M. van Noordwijk. 2005.** Rapid Hydrological Appraisal (RHA) of Singkarak Lake in the Context of Rewarding Upland Poor for Environment Services (RUPES). Working Paper.
- Guo, H., Q. Hu, and T. Jiang. 2007.** Annual and seasonal streamflow responses to climate and land-cover changes in the Poyang Lake basin, China. *Journal of Hydrology* 355 : 106-122.
- Kartiwa, B. 2004.** *Modelisation du Fonctionnement Hydrologique des Bassins Versants*. These de Doctorat. Universite D'Angers.
- Kartiwa, B. 2008.** Pengembangan dan aplikasi model MODDAS untuk mensimulasi debit pada berbagai skenario perubahan tutupan lahan. *Jurnal Sumberdaya Air (in press)*.
- Peranginangin N., R. Sakthivadivel, N.R. Scotta, E. Kendya, and T.S. Steenhuisa. 2004.** Water accounting for conjunctive groundwater/ surface water management: case of the Singkarak–Ombilin River basin, Indonesia. *Journal of Hydrology* 292:1-22.
- Runtunuwu, E. dan H. Syahbuddin. 2007.** Perubahan pola curah hujan dan dampaknya terhadap periode masa tanam. *Jurnal Tanah dan Iklim* 26:1-12.
- Subagyo, K. 2006.** Analisis Hidro-Meteorologi untuk Mendukung Pengelolaan Lahan Berkelanjutan di Basin Danau Singkarak. Kerjasama Penelitian Balai Penelitian Agro-klimat dan Hidrologi dengan International Center for Research in Agroforestry (ICRAF). Laporan Akhir Penelitian.