



Evaluasi Perubahan Tata Guna Lahan sebagai Upaya Menjaga Kerbelanjutan Fungsi Waduk

Sentot Purboseno

PT. Virama Karya, Semarang, Indonesia
E-mail: sentot.purboseno@gmail.com

Abstract

The increasing incidence of floods and droughts from year to year, indicating the destruction of water catchment areas. Opening of the forest to the wake region will be lead to increase floods and droughts in the downstream region, so the level of water availability has declined. Evaluation characteristics of the catchment area as a manufacturers producing surface water and groundwater needs to be done, to assess changes in the characteristics of the catchment area, towards the conservation of water resources can be focused and on target. Because it is associated with water results, then evaluation characteristics of the catchment area is done with the approach flow parameters in rainfall models. One of the popular models used rain flow, especially in the Java is FJ.Mock models, this model was developed from research in several watersheds in Java. From the research to changes in catchment characteristics with Mock model approach to Rawapening Reservoir catchment, from year to year decreased infiltration parameter values, whereas the direct flow increased. Refers to changes in the characteristics of the DTA, conservation activities to be done is to increase the infiltration capacity and reduce flow area directly. While the analysis of land use change, forest area declined from year to year and the areas of increased impermeable.

Keywords: Catchment areas, Direct flow, Mock, and Infiltration.

Abstrak

Meningkatnya kejadian banjir dan kekeringan dari tahun ke tahun, mengindikasikan rusaknya daerah tangkapan air. Pembukaan kawasan hutan menjadi kawasan terbangun akan memicu peningkatan debit banjir dan kekeringan di kawasan hilirnya. sehingga tingkat ketersediaan air semakin menurun. Evaluasi karakteristik daerah tangkapan air sebagai produsen penghasil air permukaan maupun air tanah perlu dilakukan, dengan mengetahui perubahan karakteristik daerah tangkapan air, arah kegiatan konservasi sumber daya air dapat dilakukan dengan terarah dan tepat sasaran. Karena terkait dengan hasil air, maka evaluasi karakteristik daerah tangkapan air dilakukan dengan pendekatan parameter dalam model hujan aliran. Salah satu model hujan aliran yang populer digunakan, khususnya di pulau jawa adalah model FJ.Mock, model ini dikembangkan dari penelitian di beberapa DAS di pulau Jawa. Dari hasil penelitian terhadap perubahan karakteristik daerah tangkapan air dengan pendekatan model Mock terhadap daerah tangkapan Waduk Rawa Pening, dari tahun ke tahun nilai parameter infiltrasi mengalami penurunan, sedangkan debit aliran langsung mengalami peningkatan. Mengacu perubahan karakteristik DTA, kegiatan konservasi yang harus dilakukan adalah meningkatkan kembali kapasitas infiltrasi kawasan dan menurunkan debit aliran langsung. Sedangkan hasil analisis perubahan tata guna lahan, luasan hutan dari tahun ketahun menurun dan luasan kawasan kedap meningkat.

Kata-kata kunci : DTA, MOCK, Infiltrasi dan aliran langsung.

Pendahuluan

Pesatnya permintaan akan ruang, khususnya di daerah tangkapan air (DTA) yang mempunyai fungsi hidrologi dalam menjaga ketersediaan air, sering dilupakan dampaknya terhadap ketersediaan air tersebut. Sehingga rendahnya ketersediaan dan

sulitnya memperoleh air semakin dirasakan oleh masyarakat. Memperoleh air merupakan hak setiap orang di muka bumi ini, sehingga kegiatan yang mempersulit setiap orang untuk memperoleh air, baik disadari maupun tidak merupakan pelanggaran hak asasi. Akan tetapi tingginya permintaan akan ruang, dalam mekanisme pasar

merupakan faktor tertinggi dalam meraup keuntungan ekonomi. Sehingga pelepasan hak atas fungsi hidrologi dilupakan demi memperoleh keuntungan ekonomi sesaat.

Perubahan tata guna lahan di hulu Rawa Pening atau DTA Sungai Tuntang, yang semakin didominasi oleh pemukiman dan industri, menyebabkan perubahan distribusi aliran permukaan, meningkatnya pada saat musim hujan dan mengecil pada saat musim kemarau. Pada saat debit aliran permukaan meningkat, Waduk Rawa Pening tidak mampu menampung air yang masuk ke dalam waduk, selain karena besarnya debit menurun kemampuan Waduk Rawa Pening dikarenakan tingginya tingkat sedimentasi yang terjadi. Sehingga fungsi Rawa Pening sebagai waduk penahan banjir menjadi berkurang, yang pada akhirnya air akan langsung dialirkan ke Sungai Tuntang, sehingga kejadian banjir dibagian hilir tidak terhindarkan. Menurunnya kemampuan Rawa Pening menampung debit banjir, juga mempengaruhi areal tanam di seputar Rawa tersebut. Saat debit banjir masuk maka elevasi muka air rawa akan naik, sehingga beberapa ha sawah yang akan tenggelam.

Respon daerah tangkapan air terhadap setiap kejadian hujan dari tahun ke tahun menunjukkan adanya perubahan karakteristik daerah tangkapan air tersebut, khususnya respon terhadap distribusi ketersediaan air. Karakteristik daerah aliran sungai yang mempengaruhi aliran permukaan terdiri dari; luas, bentuk, topografi dan tata guna lahan (Suripin, 2002). Dari keempat karakteristik DAS tersebut yang cenderung mengalami perubahan seiring dengan berjalannya waktu adalah tata guna lahan, khususnya tata guna lahan di daerah tangkapan air. Dalam siklus hidrologi, daerah tangkapan air merupakan tempat terjadinya proses pengalihan hujan menjadi aliran. Sedangkan model hidrologi untuk pengalihan ragaman data hujan ke data aliran yang banyak digunakan adalah model FJ. MOCK.

Dalam model MOCK, karakteristik daerah tangkapan air diwakili oleh beberapa parameter yang menggambarkan proses terjadinya aliran permukaan dan aliran tanah, yaitu ; koefisien infiltrasi (i), *initial soil moisture* (ISM), *soil moisture capacity* (SMC), *groundwater resesi constant* (k), dan *initial groundwater storage* (IGWS atau SS). Kelima parameter Mock tersebut dapat memperlihatkan kondisi daerah tangkapan air secara umum, khususnya parameter infiltrasi. Dengan mengetahui nilai parameter infiltrasi dan volume air terinfiltrasi setiap periode, dapat diketahui kondisi umum daerah tangkapan air. Apakah dari tahun ke tahun volume infiltrasi selalu

sama atau cenderung menurun atau bahkan menunjukkan peningkatan? Untuk suatu daerah yang mengalami kekritisian, volume infiltrasi dari tahun ke tahun akan semakin kecil, hal ini terkait dengan semakin luasnya daerah kedap karena adanya pembangunan dan semakin kecilnya kawasan hutan. Upaya untuk mengembalikan volume infiltrasi dalam suatu daerah tangkapan air dapat dilakukan dengan kegiatan konservasi air.

Konsep dasar konservasi air adalah jangan membuang-buang sumber daya air. Pada awalnya konservasi air diartikan sebagai menyimpan air dan menggunakannya untuk keperluan yang produktif di kemudiaanan hari. Konsep ini disebut konservasi segi suplai. Perkembangan selanjutnya konservasi lebih mengarah kepada pengurangan atau pengefisienan penggunaan air, dan dikenal sebagai konservasi sisi kebutuhan (Suripin, 2002). Berbagai metode konservasi air telah dikembangkan, namun demikian berbagai cara atau metode konservasi tanah adalah juga merupakan metode konservasi air dalam pemakaian air untuk pertanian. Oleh karena itu kedua metode tersebut umumnya disatukan menjadi konservasi tanah dan air (Arsyad, 2008).

Metode Penelitian

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tuntang yang secara administrasi berada pada Kabupaten Semarang dan Kabupaten Demak Provinsi Jawa Tengah. Sebagai pusat penelitian diambil Daerah tangkapan Air (DTA) Waduk Rawa Pening dan Bendung Jelok.

Komponen yang akan menjadi pokok kajian dalam penelitian ini, meliputi kondisi Daerah Tangkapan Air, yang terdiri dari sembilan Sub DAS, data curah hujan 4 stasiun disekitar Waduk Rawa Pening, data debit *outflow* di Bendung Jelok.

Pengumpulan data

Peta daerah tangkapan air Waduk Rawa Pening ataupun peta DAS Tuntang, peta sebaran jenis tanah dan debit *outflow* Waduk diperoleh dari Dinas Sumber Daya Air Provinsi Jawa Tengah dan Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana, sedangkan data klimatologi dan data curah hujan diperoleh di kantor BMG, ketiga kantor tersebut berada di kota Semarang, sedangkan peta RBI digital skala 1:25.000 terbitan Bakosurtanal dan citra satelit tahun 1996, 2003 dan 2010, diperoleh melalui PPIK UGM di Yogyakarta.

Analisis data

Salah satu model hujan-aliran yang relatif sederhana dan telah dikembangkan di Indonesia adalah Model Mock. Model tersebut banyak diterapkan di Indonesia untuk memperkirakan data aliran terutama untuk interval waktu yang cukup panjang seperti dua mingguan atau bulanan (Nurrochmad dkk., 1998 p:58, Bappenas, 2006 p1-12). Ketersediaan air di sungai dihitung berdasarkan data curah hujan dengan formulasi persamaannya adalah (Lano dkk., 2001 p:86 dengan penyesuaian):

$$Q_{RO} = D_{RO(t)} + BF_{(t)} \dots \dots \dots (1)$$

$$D_{RO(t)} = WS_{(t)} - I_{(t)} \dots \dots \dots (2)$$

$$BF_{(t)} = I_{(t)} - \Delta V_{(t)} \dots \dots \dots (3)$$

dimana:

- Q = debit sungai (m³/dt)
- BF_(t) = aliran dasar (m³/dt)
- WS_(t) = air hujan yang mencapai permukaan tanah (mm)
- A = luas DAS (km²)
- ΔV(t) = bagian air yang tertampung di lapisan tanah (mm/dt)
- D_{RO(t)} = limpasan langsung (mm/dt)
- I(t) = infiltrasi (m³/dt)

Sebagai titik tinjau debit diambil debit yang terukur di Bendung Jelok, karena bendung tersebut berada di hilir Waduk Rawa Pening, maka permodelan hujan aliran juga memasuki proses yang terjadi di dalam waduk. Menurut Jayadi (1995) hitungan *inflow* Rawa Pening dapat dilakukan dengan pendekatan analisis neraca air harian sebagai berikut:

$$I_t = (S_{t+1} - S_t) - R_t + E_t + O_t \dots \dots \dots (4)$$

dimana:

- I_t = *Inflow* pada periode t,
- S_{t+1} = volume tampungan Rawa Pening pada awal periode t+1
- S_t = volume tampungan Rawa Pening pada awal periode t
- R_t = volume hujan yang jatuh di tampungan Rawa Pening pada periode t
- E_t = volume pengupuan dari tampungan Rawa Pening pada periode t
- O_t = volume *outflow* pada periode t di Bendung Jelok.

Persamaan 1 merupakan perhitungan untuk menentukan debit *inflow* yang akan masuk ke Waduk Rawa Pening, sehingga apabila kita substitusikan persamaan tersebut ke Persamaan 4 menjadi:

$$Q_{RO} = (S_{t+1} - S_t) - R_t + E_t + O_t \dots \dots \dots (5)$$

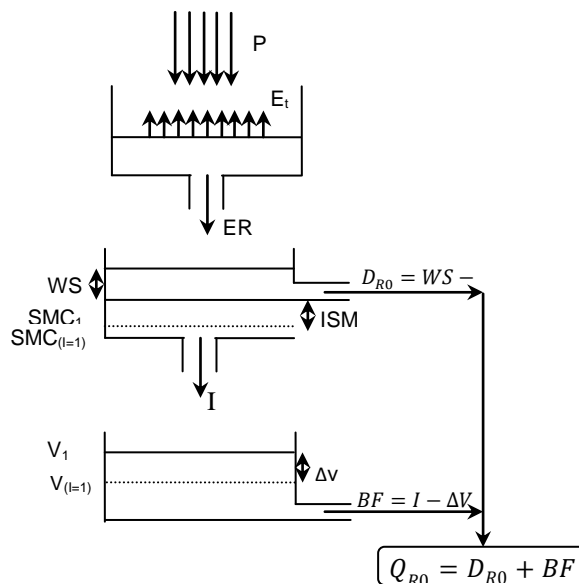
Karena titik tinjau yang diambil debit di Bendung Jelok, maka model ketersediaan air harus dapat merepresentasikan kondisi tersebut, sehingga Persamaan 5 dapat juga ditulis:

$$Q_{t-out} = Q_{RO-t} - ((S_{t+1} - S_t) - R_t + E_t) \dots (6)$$

dimana:

O_{t-out} = *Outflow* terhitung di Bendung Jelok pada periode t

Sedangkan untuk mengetahui tren perubahan tata guna lahan dan potensi erosi, dilakukan dengan mengevaluasi peta citra satelit tahun 1996, 2003 dan 2010, dengan bantuan perangkat lunak Arc GIS serta memanfaatkan model USLE.



Gambar 1. Struktur model Mock (Nurrochmad dkk. 1998 p:59).

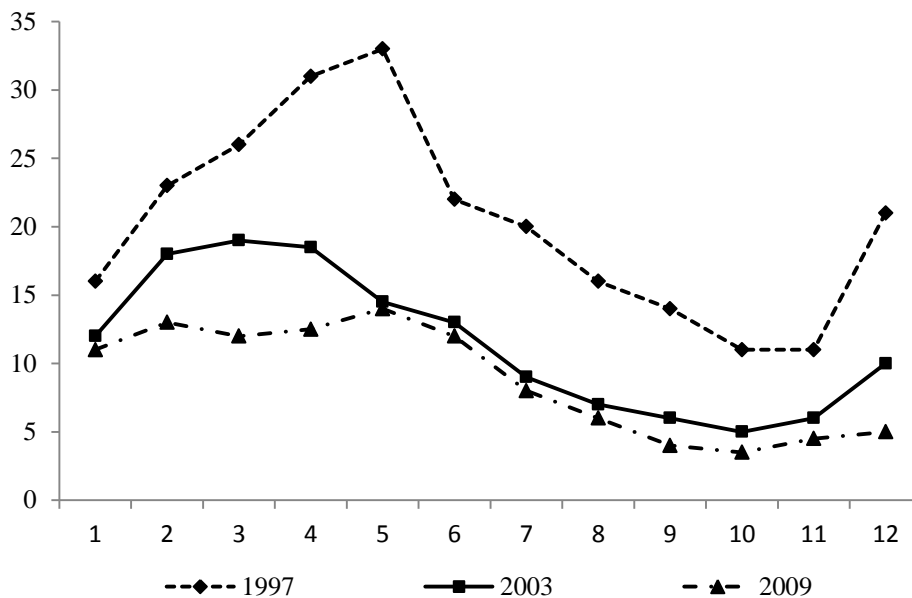
Hasil dan Pembahasan

Hasil kalibrasi model Mock dengan data debit *outflow* di Bendung Jelok dari tahun 1995 sampai tahun 2009 diperoleh nilai parameter Mock dan tampungan awal Waduk Rawa Pening adalah: 0,821; 206,447; 145,888; 20,552; 0,886 dan 10.000.0000 masing masing untuk nilai parameter *infiltrasi*, *initial soil moisture*, *initial groundwater storage*, faktor resisi aliran dan tampungan awal, dengan koefisien korelasi 0,975 dan VE sebesar 0,001.

Sedangkan ketebalan infiltrasi dari tahun ke tahun menunjukkan penurunan, sehingga debit air pada saat musim kemarau sekitar bulan April – Oktober

dari tahun ke tahun semakin mengecil, seperti yang terlihat pada Gambar 2.

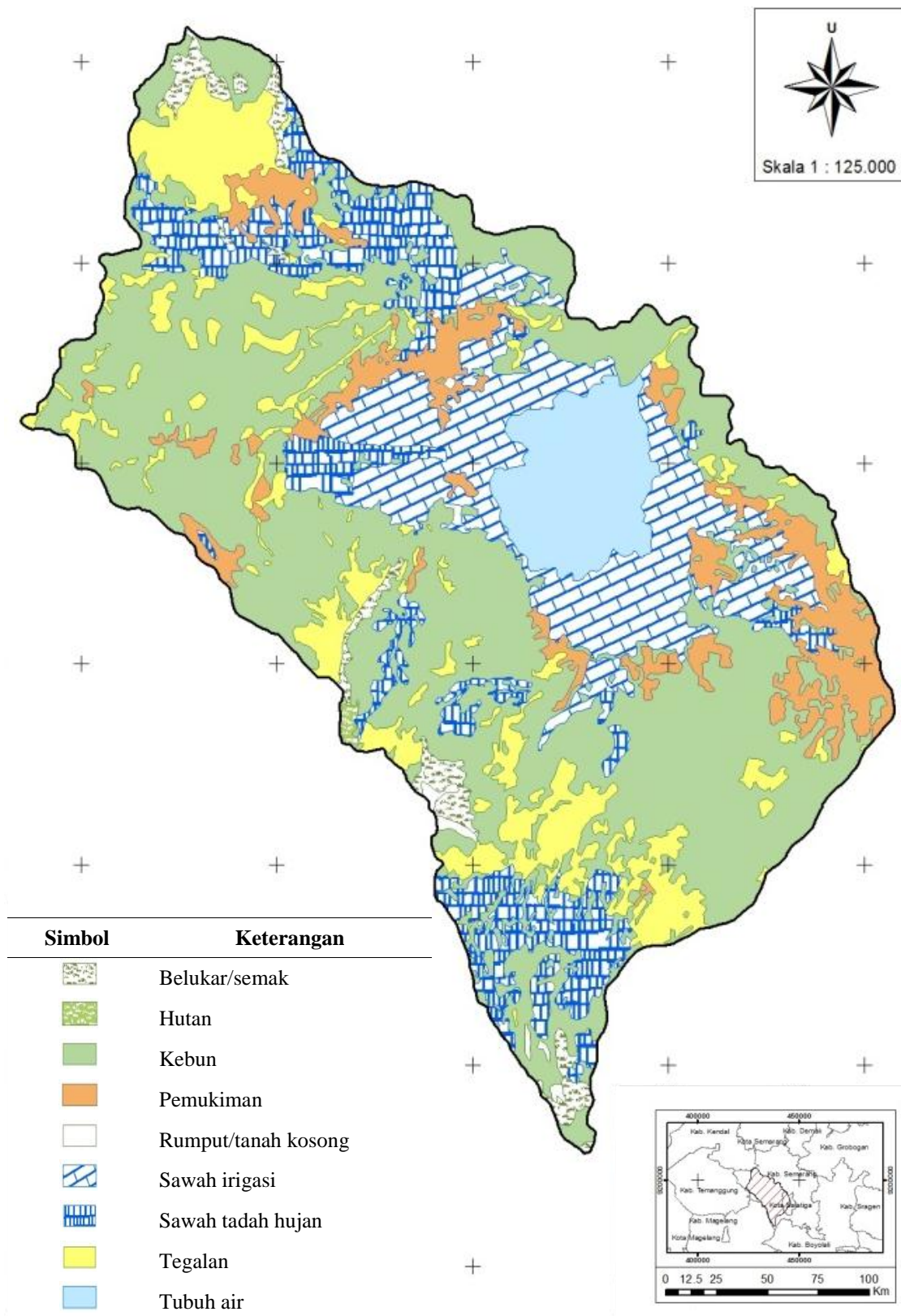
Pada saat musim kemarau ketika curah hujan semakin jarang, aliran air yang masuk ke Waduk Rawa Pening merupakan debit aliran dasar (*base flow*). Mengacu Persamaan 2 dan Persamaan 3, *base flow* merupakan fungsi dari parameter infiltrasi, sehingga semakin kecil ketebalan infiltrasi semakin kecil juga debit *base flow*. Mengecilnya ketebalan infiltrasi dari tahun ke tahun, mengindikasikan semakin luasnya kawasan kedap air di daerah tangkapan air Waduk Rawa Pening. Dari hasil analisis peta citra satelit terhadap data tata guna lahan untuk tahun 1996, 2003 dan tahun 2010 kawasan permukiman semakin meningkat, seperti terlihat pada Tabel 1, Gambar 3 dan Gambar 4.



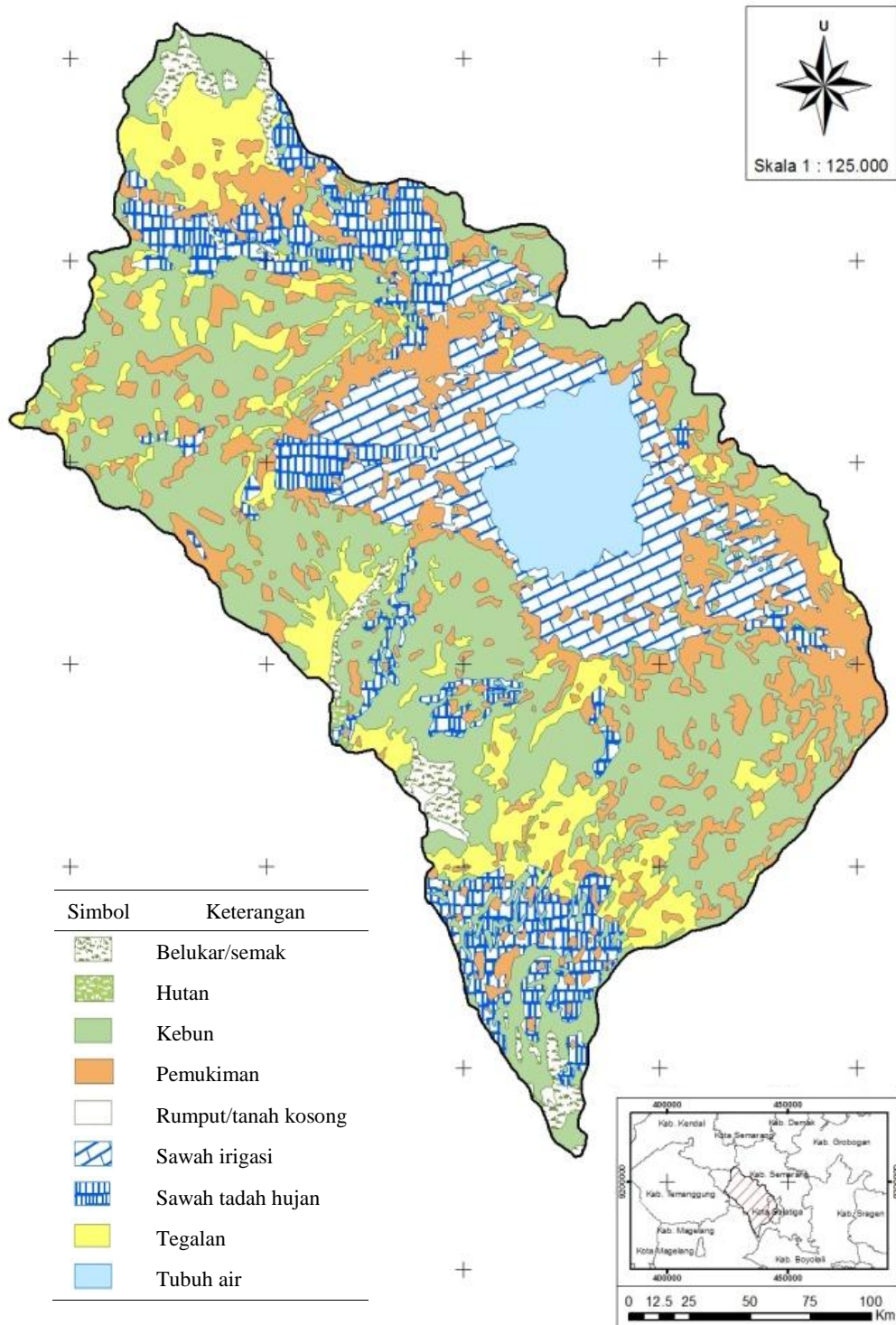
Gambar 2. Perubahan debit *outflow* Waduk Rawa Pening

Tabel 1. Perubahan tata guna lahan dari tahun 1996, 2003 dan 2010

Tata guna lahan	Tahun 1996		Tahun 2003		Tahun 2010	
	Total	Persen	Total	Persen	Total	Persen
Belukar/semak	6,29	2,25	6,46	2,31	6,46	2,31
Hutan	0,45	0,16	0,37	0,13	0,37	0,13
Kebun	132,27	47,32	123,41	44,15	106,25	38,01
Pemukiman	23,71	8,48	32,79	11,73	52,09	18,64
Rumput/tanah kosong	0,99	0,36	1,02	0,36	1,02	0,36
Sawah irigasi	35,94	12,86	33,97	12,15	33,09	11,84
Sawah tadah hujan	31,53	11,28	32,45	11,61	31,99	11,45
Tegalan	32,96	11,79	33,67	12,05	32,87	11,76
Tubuh air	15,38	5,50	15,38	5,50	15,38	5,50
Grand total	279,51	100	279,51	100	279,51	100



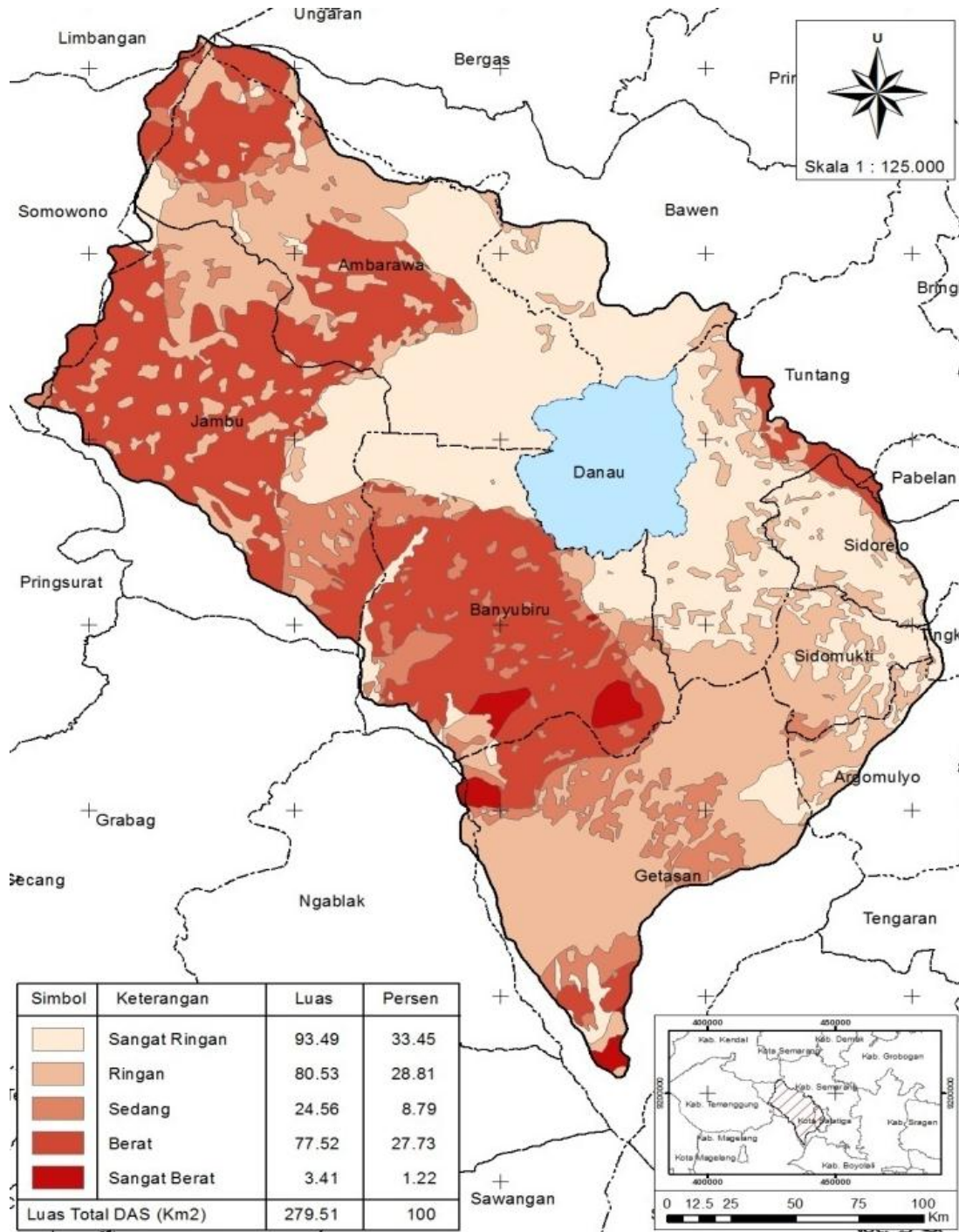
Gambar 3. Peta tata guna lahan DTA Waduk Rawa Pening tahun 1996



Gambar 4. Peta tata guna lahan DTA Waduk Rawa Pening tahun 2010.

Peningkatan luas pemukiman di daerah tangkapan air Waduk Rawa Pening, mengindikasikan semakin besarnya limbah rumah tangga yang akan masuk ke badan air. Seperti diketahui limbah rumah tangga kaya akan unsur nitrat dan fosfat, melimpahnya nutrient tersebut akan mendorong meledaknya kuantitas tanaman gulma air eceng gondok (Budiharjo dan Huboyo, 2007).

Perubahan tata guna lahan yang terjadi pada tahun 1996, 2003 dan tahun 2010 menunjukkan peningkatan jumlah erosi yang terjadi, seperti yang terlihat pada Gambar 5. Hasil erosi di daerah tangkapan air tersebut akan terbawa ke dalam Waduk Rawa Pening dan mengendap menjadi sedimen yang memperkecil kapasitas tampungan waduk.



Gambar 5. Peta potensi erosi DTA Waduk Rawa Pening tahun 2010

Tabel 2. Tabel perubahan erosi waduk dari tahun 1996, 2003 dan 2010

Keterangan	Tahun 1996			Tahun 2003			Tahun 2010		
	Ton/thn	Luas (ha2)	% Luas	Ton/thn	Luas (ha2)	% Luas	Ton/thn	Luas (ha2)	% Luas
Sangat Ringan	1.353,72	115,23	41,23%	1.765,04	115,74	41,41%	1.469,79	93,49	33,45%
Ringan	5.138,74	62,36	22,31%	5.328,31	60,87	21,78%	11.558,49	80,53	28,81%
Sedang	14.969,79	63,21	22,61%	16.870,20	63,95	22,88%	11.900,75	24,56	8,79%
Berat	16.008,64	38,65	13,83%	16.736,93	38,24	13,68%	37.612,93	77,51	27,73%
Sangat Berat				1.000,35	0,70	0,25%	6.510,26	3,41	1,22%
Jumlah	37.470,89	279,45	99,98%	41.700,83	279,50	100,00%	69.052,22	279,50	100,00%

Dilihat dari sebaran pertumbuhan pemukiman di DTA Waduk Rawa Pening yang cenderung kearah hulu daerah, bukan tidak mungkin fungsi waduk sebagai penyedia air baku, akan mengalami penurunan baik dari aspek kuantitas maupun dari aspek kualitas. Untuk itu diperlukan kegiatan konservasi yang dapat mengembalikan atau mempertahankan fungsi bendungan sebagai penyedia air baku maupun pengendalian banjir.

Mengacu hasil analisis diketahui bahwa terjadi perubahan distribusi aliran air karena menurunnya infiltrasi, meningkatnya kadar nutrient di dalam air waduk dan meningkatnya kejadian erosi. Menurunkan potensi erosi dapat dilakukan dengan memperbesar kapasitas infiltrasi, sehingga aliran permukaan mengecil, misalnya dengan sumur resapan. Sedangkan untuk menurunkan jumlah polutan yang masuk ke badan air harus dilakukan dengan pengolahan limbah rumah tangga.

Kesimpulan

Hasil analisis hujan-aliran diketahui bahwa volume hujan yang terinfiltrasi dari tahun ke tahun mengalami penurunan, sehingga saat musim hujan terjadi banjir dan saat musim kemarau terjadi kekeringan. Penurunan volume air hujan yang terinfiltrasi disebabkan semakin luasnya kawasan kedap air di daerah tangkapan air Waduk Rawa Pening. Perubahan tata guna lahan didominasi oleh perkembangan permukiman, dari 8,48% di tahun 1996 menjadi 18,64% di tahun 2010.

Peningkatan debit pada saat musim hujan tersebut memicu terjadinya erosi permukaan, hasil analisis diketahui potensi erosi dari tahun ke tahun selalu meningkat. Pada tahun 1996 potensi erosi berat sebesar 13,83% menjadi 27,73% di tahun 2010, sehingga volume tampungan Waduk Rawa Pening semakin lama semakin kecil karena sedimentasi.

Selain mengalami permasalahan menurunnya volume tampungan, Waduk Rawa Pening juga mengalami masalah penurunan kualitas air. Semakin luasnya kawasan permukiman di daerah tangkapan air Waduk Rawa Pening, mengindikasikan semakin banyaknya limbah rumah tangga yang akan masuk. Selain mencemarkan air, limbah rumah tangga yang masuk ke perairan Waduk Rawa Pening memicu meledaknya tanaman eceng gondok.

Upaya konservasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kembali volume infiltrasi dan mengurangi aliran permukaan serta mengurangi potensi erosi adalah dengan membuat sumur resapan. Sumur tersebut akan menurunkan debit aliran permukaan sehingga potensi erosi pun

menjadi berkurang. Sedangkan untuk menjaga kualitas air, limbah rumah tangga maupun kegiatan penduduknya (peternakan, industri rumahan dan pertanian) yang akan masuk badan air harus sudah melalui instalasi pengolahan limbah.

Saran

Untuk memperoleh hasil yang lebih efektif, penyebaran pembuatan sumur resapan harus memperhatikan jaringan aliran sungai dari setiap sub DAS yang ada di DTA Waduk Rawa Pening. Sedangkan untuk menentukan jumlah sumur resapan dengan target kedalaman infiltrasi 4.301 mm/tahun dapat menggunakan metode Sunyoto. Selain itu agar kegiatan konservasi dapat dilakukan secara komprehensif, sebelum menentukan lokasi sumur resapan dilakukan dahulu analisis erosi untuk menentukan tindakan konservasi yang lebih efisien. Dari hasil analisis erosi dengan metode USLE berdasarkan GIS dapat ditentukan metode dan sebaran kegiatan konservasi secara lebih tepat.

Daftar Pustaka

- BAPPENAS, 2006. *Identifikasi Masalah Pengelolaan Sumber Daya Air di Pulau Jawa (Buku 2), Prakarsa Strategi Pengelolaan Sumber Daya Air Untuk Mengatasi Banjir dan Kekeringan di Pulau Jawa*, Direktorat Pengairan dan Irigasi, Bappenas, Jakarta.
- Budiharjo dan Huboyo, 2007. Pola Persebaran Nitrat dan Phosphat dengan Model AQUATOX2.2 Serta Hubungan terhadap Tanaman Eceng Gondok pada Permukaan Danau (Studi Kasus Danau Rawa Pening Kabupaten Semarang), *Jurnal PRESEPTASI* Vol. 3 No.2 September 2007, p:58-66.
- Jayadi R., 1995. *Model Simulasi Neraca Air untuk Menyusun Garis Eksploitasi Rawa Pening*, Forum Teknik, Jilid 19 No. 2, Agustus 1995 p:196-206.
- Nurrochmad F., Sujono J., Damanjaya, 1998. *Optimasi Parameter Model Hujan Aliran Mock dengan Solver*, Media Teknik No. 2 Tahun XX Ed. Mei 1998 p:58-62.
- Suripin, 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Lano, M.L., Sudira P. Susanto S., 2001. *Aplikasi Model Hidrologi untuk Memperkirakan Ketersediaan Air Setengah Bulanan (Studi Kasus Di DAS Tilog dan DAS Benain)*, J. Agrosains No. 14 (1) p:83-96.