

DAMPAK PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP PERUBAHAN *RUNOFF* DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) BEDOG YOGYAKARTA

Sanggara Yudha

yudha._sanggara@yahoo.com

Balai Besar KSDA Jawa Barat. Jl Gede Boge Selatan No 117 Bandung

Sudibyakto, Suprpto Dibyosaputro

Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

INTISARI

DAS Bedog merupakan salah satu DAS di Yogyakarta yang daerah aliran sungainya mengalami proses pengembangan wilayah perkotaan. Proses perkembangan wilayah perkotaan di DAS Bedog ini terjadi dalam kurun waktu 10 tahun terakhir. Parameter dari adanya proses pengembangan wilayah perkotaan di DAS Bedog adalah terjadinya peningkatan tipe penggunaan lahan "permukiman", yang semula sebesar 15,29% di tahun 2004 menjadi 16,94% tahun 2008 dan 17,72% pada tahun 2010 atau meningkat sebesar 0,4% per tahun. Tujuan utama dari penelitian ini adalah menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap perubahan *runoff* dan merumuskan simulasi/skenario penggunaan lahan dalam menurunkan *runoff* di DAS Bedog menggunakan metode *Curve Number-USSCS* (CN-USSCS). Berdasarkan perhitungan metode CN-USSCS pada tahun 2004, 2008 dan 2010, akibat dampak dari perubahan penggunaan lahan menghasilkan ketebalan *runoff* sebesar 1.353,0 mm (66% dari jumlah hujan/tahun), 1.277,2 mm (55,5% dari jumlah hujan/tahun), dan 1.536,4 mm (57,6% dari jumlah hujan/tahun). Penggunaan lahan "permukiman" dan "lahan kosong" berkontribusi terbesar dalam peningkatan ketebalan *runoff* di DAS Bedog, dikarenakan memiliki nilai CN yang tinggi dan berarea luas. Validasi terhadap metode CN-USSCS menggunakan uji statistik, T-test dihasilkan nilai T-test sebesar 0,00 dan 0,092 dibawah nilai T-tabel sebesar 1,67 dan 1,71 serta nilai koefisien determinasi (R^2) diatas 0,5 yang berarti metode CN-USSCS dapat diterapkan di DAS Bedog untuk memprediksi ketebalan *runoff*. Hasil rumusan skenario perubahan penggunaan lahan di DAS Bedog bahwa perubahan penggunaan lahan untuk 6 tahun ke depan (tahun 2016) mengalami perubahan ketebalan *runoff* sebesar 4% dari tahun 2010 (skenario 1). Penurunan ketebalan *runoff* di DAS Bedog dapat dilakukan dengan peningkatan luasan hutan berupa kebun campuran dan tumbuhan perdu (semak belukar) di daerah Bantul sebesar > 50% dari luas DAS Bedog (skenario 4).

Kata kunci : penggunaan lahan, metode CN-USSCS, simulasi, ketebalan *runoff*

ABSTRACT

Bedog watershed is one of the watersheds in the area of Yogyakarta through the process of urban development. The process of urban development in the Bedog watershed this happened in the past 10 years. The parameters of the process of urban development in the Bedog watershed is the increase in land use "settlement" from 15,29% (2004) to 16,94% (2008) and 17,72% in 2010 or an increase of 0.4% per year. The main objective of this research is to analyze the impact of land use change on runoff and formulate of the simulation / scenarios of land use in reducing runoff in the Bedog watershed using the Curve Number -USSCS (CN-USSCS). Based on the calculation of CN-USSCS in 2004, 2008 and 2010, due to the impact of changes in land use resulted runoff of 1353.0 mm (66% of the amount of rain / year), 1277.2 mm (55.5% of the amount of rain / year), and 1536, 4 mm (57.6% of the amount of rain / year). Settlement and Bareland contributed to the greatest increase in runoff in the Bedog watershed, due to having a high value of CN and has a large area. Validation of the methods of CN-USSCS using statistical test, T-test produced values of 0.00 and 0.092 below the T-table values of 1.67 and 1.71, and the coefficient of determination (R^2)

above 0.5, which means CN-USSCS method can be applied in the Bedog watershed to predict the runoff. The results of the formulation of land use change scenarios in Bedog watershed that the change in land use for the next 6 years (2016) to change the runoff by 4% from the 2010 (scenario 1). Decrease runoff in the Bedog watershed to do with the increase in forest area in the form of mixed garden and herba plants (shrubs) in Bantul for >50% of the total Bedog watershed (scenario 4).

Keywords: land use, methods of CN-USSCS, simulation, runoff

PENDAHULUAN

Perkembangan wilayah tidak terlepas dari pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat dan adanya peningkatan akan kebutuhan dasar manusia berupa sandang, pangan dan papan. Upaya dalam pemenuhan kebutuhan dasar manusia memberikan konsekuensi akan adanya dampak pada perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan yang umumnya terjadi adalah kebutuhan akan ruang (*space*) untuk tempat tinggal/pemukiman (*settlement*).

Pembangunan permukiman akibat pertumbuhan penduduk yang tidak diikuti oleh upaya pelestarian air, jelas akan menimbulkan permasalahan terhadap sumber daya air. Dampak langsung yang dirasakan akibat adanya permasalahan pada sumber daya air adalah bencana banjir. Perubahan karakteristik lahan dan intensitas curah hujan yang cukup tinggi serta perubahan penggunaan lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan faktor yang ikut berperan dalam munculnya gejala banjir.

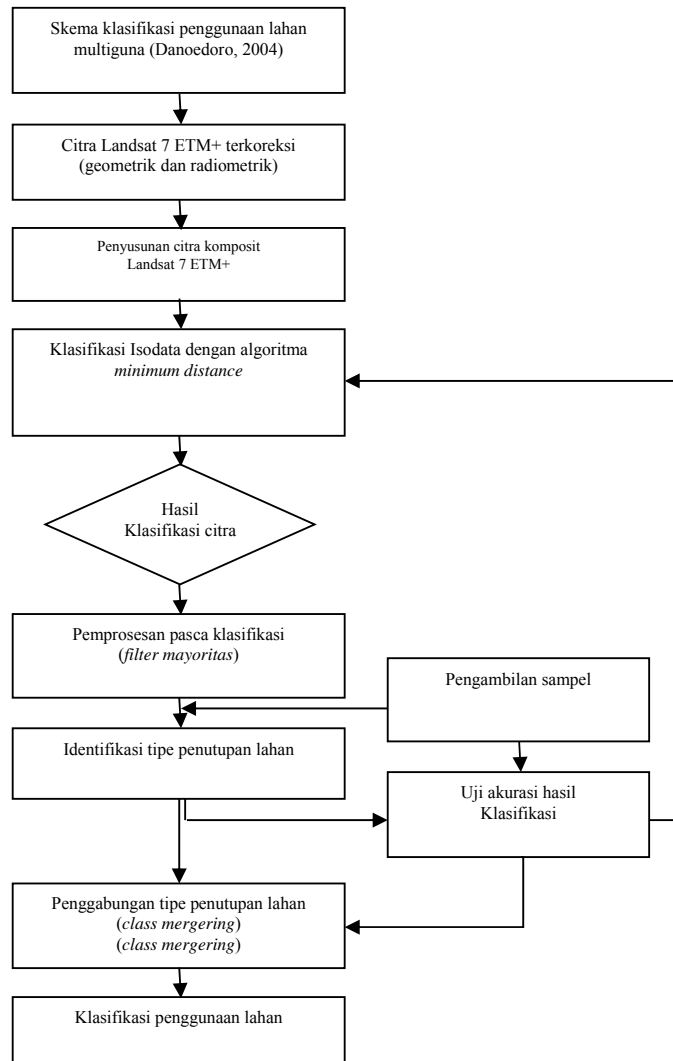
DAS Bedog merupakan salah satu DAS di Yogyakarta yang daerah aliran sungainya mengalami proses pengembangan wilayah perkotaan. Proses perkembangan wilayah perkotaan yang terjadi di DAS Bedog ini terjadi dalam kurun waktu 10 tahun terakhir, dimana terjadi perubahan peruntukan lahan dari kebun campur (*mixed garden*) menjadi pemukiman/perumahan (Bappeda Prov.

D.I.Yogyakarta, 2010; Prasena, 2012). Manajemen penggunaan lahan merupakan dasar dari perencanaan tata ruang wilayah (*spatial planning*) berbasis keruangan yang dijadikan dasar untuk pengembangan wilayah, yang di dalamnya mengantisipasi bencana alam (Kotter, 2003).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak dari perubahan penggunaan lahan terhadap perubahan *runoff* di DAS Bedog dan merumuskan simulasi/skenario penggunaan lahan dalam menurunkan *runoff* di DAS Bedog sebagai akibat adanya proses perkembangan wilayah perkotaan di Yogyakarta. Tujuan spesifik dari penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi penggunaan lahan selama 10 tahun terakhir dan perubahannya, yang diwakili oleh tahun 2004, 2008 dan tahun 2010.
2. Menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap perubahan *runoff* tahun 2004, 2008 dan 2010 serta membandingkan/validasi dengan *runoff* pada Sungai Bedog menggunakan metode *Curve Number* USSCS.
3. Merumuskan simulasi/skenario perubahan penggunaan lahan dalam menurunkan *runoff*.
4. Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei komparasi dengan tahapan kegiatan, yaitu : 1). Analisis penggunaan lahan; 2). Analisis dampak perubahan penggunaan

- lahan terhadap ketebalan *runoff* menggunakan metode CN USSCS dan validasinya; 3). Tahap simulasi/skenario penggunaan lahan dalam upaya manajemen penggunaan lahan untuk menurunkan *runoff*.
5. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit Landsat 7 ETM+ peliputan tahun 2004, 2008 dan 2010 yang didapatkan dari USGS-NASA.
 6. Klasifikasi citra Landsat 7 ETM+ peliputan tahun 2004, 2008 dan tahun 2010 ini dilakukan dengan klasifikasi citra tak-terseleksi (*unsupervised classification*) dengan metode klasifikasi Isodata (*Iterative Self-Organizing Analysis Technique*) (Danoedoro, 2012).
 7. Secara sistematis metode klasifikasi citra tak-terseleksi (*unsupervised classification*) dengan metode klasifikasi Isodata (*Iterative Self-Organizing Analysis Technique*) pada ENVI 4.3 dan arc GIS 9.3 adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram alir klasifikasi citra tak-terseleksi dengan metode klasifikasi Isodata Adapun sistem klasifikasi penutupan lahan berdasarkan Sistem Klasifikasi Penggunaan Lahan Multiguna (Danoedoro, 2004; 2012) pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi penutupan lahan

Tingkat I	Tingkat II
<i>Resolusi spasial >100 m</i>	<i>Resolusi spasial 30-100 m</i>
C1 Tubuh Air	C11 Air dalam C12 Air dangkal C13 Air jernih C14 Air Keruh C15 Air dg Kandungan organisme tinggi
C2 Tutupan Vegetasi	C21 Daun lebar, berkayu C22 Daun lebar, tak berkayu C23 Berdaun jarum C24 Vegetasi terbakar, mati dan kering
C3 Lahan/Tanah terbuka	C31 Tanah terbuka, kering C32 Tanah terbuka, lembab C33 Lumpur dan permukaan basah C34 Singkapan batuan
C4 Permukaan diperkeras dan kedap air	C41 Aspal dan permukaan di semen C42 Permukaan lempung yang diperkeras C43 Permukaan plastik, besi, kaca, dan <i>fiberglass</i> C45 Lainnya

Sumber : Danoedoro, 2004

Perhitungan *runoff* pada penelitian ini menggunakan metode *Curve Number* US-Soil Conservation Service (CN-USSCS). Indeks CN USSCS ini menyatakan pengaruh bersama tanah, keadaan hidrologi, dan kandungan air sebelumnya (Arsyad, 2009). Dalam menghitung *runoff* melalui metode CN USSCS ini terdapat beberapa parameter/variabel data yang dibutuhkan, antara lain : penggunaan lahan (*land use*), perlakuan/tata guna lahan (*land treatment/practice*),

kondisi hidrologi (*hydrological condition*), kelompok hidrologi tanah (*hydrological soil group*), dan kelembaban awal (*soil moisture condition*) (Anonym, 2004; Asdak, 2007). Parameter/variabel data tersebut didapatkan dari pengumpulan data di lapangan dan berasal dari data sekunder.

Perhitungan ketebalan run-off berdasarkan USSCS ini menggunakan persamaan/rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)}, \text{ dengan } I_a = 0,2 S$$

$$Q = \frac{(P - 0,2 S)^2}{(P + 0,8 S)}$$

dengan : Q : Akumulasi ketebalan *run-off* (mm)

P : Akumulasi curah hujan (mm)

I : inisial abstraksi (*Initial abstraction*) (mm)

S : Retensi air maksimum potensial (mm)

Validasi terhadap perhitungan ketebalan run-off (*run-off depth*) di setiap penggunaan lahan dilakukan dengan membandingkan data *runoff* perkiraan/model CN USSCS dengan data *runoff* hasil pengukuran/pengamatan yang dilakukan oleh Balai PSDA Provinsi Yogyakarta terhadap debit sungai Bedog.

Proses pengukuran/pemisahan data *runoff* dari data debit sungai Bedog hasil pengukuran Balai PSDA Provinsi Yogyakarta menggunakan program/software ABSCAN 2.0 (*Automated Baseflow Separation for Canadian Datasets*) dengan metode pemisahan *Chapman*, dikarenakan kelembaban awal (AMC) DAS Bedog adalah AMC III.

Uji statistik yang digunakan dalam validasi adalah *student's t distribution test* (t-test) untuk menguji kesesuaian metode *Curve Number* USSCS pada lokasi penelitian. Analisis statistik ini menggunakan program/software SPSS 19, dengan beberapa formula/rumus statistik antara lain :

$$\sigma = \left(\frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

dimana : σ : Standar deviasi populasi

N : Jumlah sampel

S : Varians sampel

$$t = \frac{|X_1 - X_2|}{\sigma \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)^{\frac{1}{2}}}$$

dimana : t : *student's distribution* (t-test)

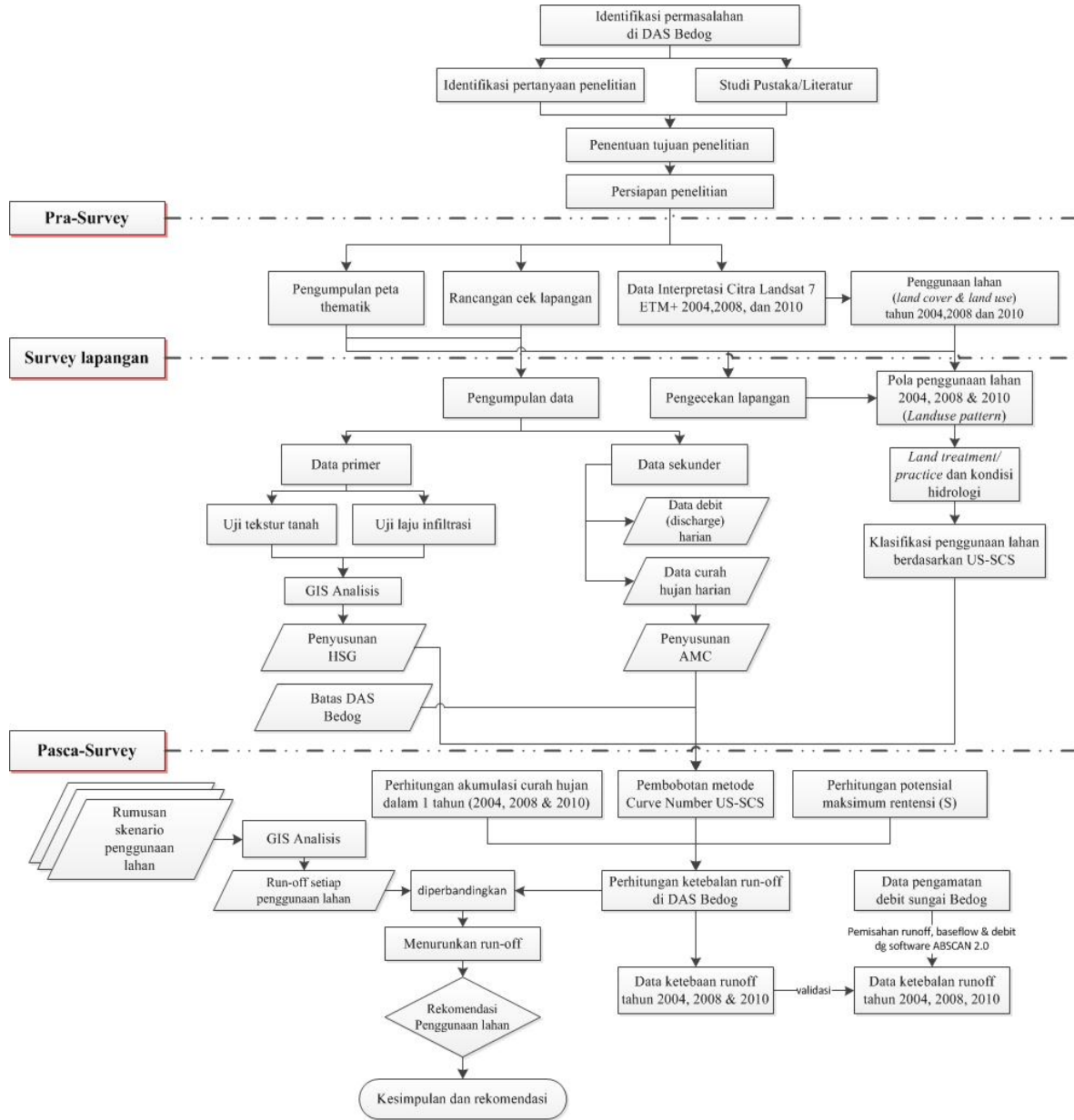
X : rata-rata sampel

Hasil pengujian validasi menggunakan formula/rumus diatas, yaitu jika nilai " $t_{\text{perhitungan}}$ " lebih rendah dari " t_{tabel} " ($t < t_{\text{tabel}}$) memiliki arti bahwa kedua sampel (tebal *runoff* perhitungan CN USSCS dan tebal *runoff* hasil pengamatan di Pos duga air-Guwosari) tidak berbeda pada tingkat signifikansi yang ditentukan (tingkat kepercayaan 95%). Hal ini mengandung arti bahwa metode *Curve Number* USSCS dapat diaplikasikan untuk menghitung/memprediksi ketebalan *runoff* pada lokasi penelitian dan untuk memprediksi simulasi/skenario penggunaan lahan.

Skenario perubahan penggunaan lahan yang dirumuskan pada penelitian ini, dikaitkan dengan aspek perubahan penggunaan lahan yang terjadi dalam 10 tahun terakhir, yang diwakili oleh tahun 2004 hingga tahun 2010, yang mempresentasikan proses perkembangan wilayah perkotaan/permukiman kota Yogyakarta.

Skenario penggunaan lahan yang dirumuskan pada penelitian ini bertujuan guna menghasilkan suatu tata ruang arahan optimal yang mampu mempertahankan *runoff*-nya tetap (*zero delta Q*) bahkan sampai menghasilkan *zero runoff*.

Diagram alir penelitian yang merangkum semua langkah kerja penelitian dan tujuan akhir yang ingin dicapai pada penelitian disajikan pada Gambar 2.



....."I co det '40F ki tco 'brik 'r gpgkelp"
 ..

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data citra Landsat 7 ETM+ ini agar dapat dilakukan analisis interpretasi, dilakukan proses koreksi dengan cara *fill* dan *gap* data dikarenakan rusaknya citra yang terpotong-potong/bergaris-garis. Proses klasifikasi penutupan lahan berdasarkan klasifikasi tak-terselia (*unsupervise classification*)

dengan metode Isodata (*Iterative Self-Organizing Analysis Technique*), dengan sistem klasifikasi penutupan lahan berdasarkan Sistem Klasifikasi Penggunaan Lahan Multiguna (Danoedoro, 2004; 2012) pada Tabel 1. Hasil klasifikasi penutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 2.

Penutupan Lahan	2004		2008		2010	
	ha	%	ha	%	ha	%
Aspal dan Permukaan di semen	1.360,27	9,68	1.415,12	10,07	1.774,83	12,63
Daun lebar berkayu	3.045,44	21,67	2.029,31	14,44	1.975,53	14,06
Daun lebar tidak berkayu	1.400,13	9,96	2.808,02	19,98	2.350,78	16,73
Air keruh dan Permukaan basah	32,78	0,23	96,14	0,68	114,66	0,82
Permukaan lempung diperkeras	1.347,58	9,59	965,05	6,87	715,29	5,09
Tanah terbuka kering	4.924,67	35,04	4.557,51	32,43	5.633,82	40,09
Vegetasi terbakar, mati/kering	1.942,22	13,82	2.181,94	15,53	1.488,18	10,59
Jumlah	14.053,1	100,00	14.053,1	100,00	14.053,1	100,00

Tabel 2. Luas Tipe Penutupan lahan DAS Bedog tahun 2004, 2008 dan 2010
Sumber : Klasifikasi citra, 2013

Tabel 3. Penggunaan lahan tahun 2004, 2008 dan 2010

Penggunaan Lahan	2004		2008		2010	
	ha	%	ha	%	ha	%
Perairan Air Tawar	32,79	0,23	96,15	0,68	114,67	0,82
Pemukiman	2.707,86	19,27	2.380,17	16,94	2.490,13	17,72
Kebun	3.045,45	21,67	2.029,32	14,44	1.975,53	14,06
Campuran						

Tipe penutupan lahan yang merupakan parameter terjadinya perkembangan wilayah perkotaan untuk permukiman adalah penutupan lahan “aspal dan permukaan di semen” dan “permukaan lempung yang diperkeras”. Tipe penutupan lahan “Aspal dan permukaan di semen” mengalami peningkatan dari tahun 2004 hingga 2010, yang semula sebesar 8,72% meningkat menjadi 12,63% di tahun 2010 atau meningkat sebesar 3,91% dari tahun 2004, sedangkan tipe penutupan lahan “permukaan

lempung yang diperkeras” mengalami perubahan fluktuatif yang tidak signifikan.

Berdasarkan hasil klasifikasi penutupan lahan diatas (Tabel 2), dilakukan proses penggabungan kelas (*class merging*) terhadap kelas-kelas penutup lahan yang memiliki karakteristik objek yang sama, guna dihasilkan kelas penggunaan lahan (Tabel 3). Tabel 3 merupakan hasil penggunaan lahan di DAS Bedog tahun 2004, 2008 dan tahun 2010.

Tabel 3. Lanjutan

Penggunaan Lahan	2004		2008		2010	
	ha	%	ha	%	ha	%
Sawah	1.400,1 3	9,96	2.808,0 3	19,98	2.350,7 8	16,73
Lahan Kosong	4.924,6 7	35,04	4.557,5 1	32,43	5.633,8 2	40,09
Semak	1.942,2	13,82	2.181,9	15,53	1.488,1	10,59
Belukar	2		5		8	
Jumlah	1.4053, 1	100,0 0	1.4053, 1	100,0 0	1.4053, 1	100,0 0

Sumber : Klasifikasi citra, 2013

Proses perkembangan wilayah perkotaan yang terjadi di DAS Bedog ditandai dengan terjadinya peningkatan tipe penggunaan lahan "permukiman", yang semula sebesar 15,29% di tahun 2004 menjadi 16,94% tahun 2008 dan 17,72% pada tahun 2010 atau meningkat sebesar 2,43% dari tahun 2004.

Penyusunan kelompok hidrologi tanah (HSG) didasarkan pada peta satuan lahan (*land mapping unit*) yang dihasilkan dari tumpang-susun/ *intersect* antara

peta tanah semi detail dengan peta penggunaan lahan. Berdasarkan proses penyusunan peta satuan lahan tersebut dihasilkan 72 unit satuan lahan yang disederhanakan menjadi 25 unit satuan lahan berdasarkan tekstur tanahnya. Peta Kelompok Hidrologi Tanah (HSG) yang merupakan hasil *matching* dan analisis dari tekstur tanah dan laju infiltrasi disajikan pada Gambar 4.

Reklasifikasi penggunaan lahan berdasarkan USSCS yang telah disusun tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil reklasifikasi penggunaan lahan DAS Bedog

Penggunaan Lahan	Reklasifikasi Penggunaan Lahan USSCS	Luas (ha)	Persentase (%)
Air Tawar	a. Rawa slope I (<1%)	56,08	0,40
	b. Rawa slope II (1-5%)	31,79	0,23
Pemukiman	Pemukiman, dengan luas kapling 500 m ² /lebih kecil dan % kedap air 65%	2.476,12	17,81
Kebun	Hutan, kondisi hidrologis baik	1.954,82	14,06
Campuran Sawah	a. Padi-padian, menurut kontur dan kondisi hidrologi baik	564,10	4,06
	b. Padi-padian, berderet lurus dan kondisi hidrologi baik	1.766,08	12,70
Lahan Kosong	Padang rumput, kondisi hidrologi buruk	5.593,19	40,22
Semak	Hutan, kondisi hidrologi buruk	1.464,12	10,53
Belukar			

Sumber : Analisis GIS, 2013

Kondisi kelembaban awal/ *Antecedent Soil Moisture* (AMC) didapatkan dari perhitungan akumulasi 5 hari sebelum hujan (Anonym, 2004). Berdasarkan data curah hujan harian dari 4 stasiun hujan disekitar DAS Bedog, didapatkan bahwa rata-rata curah hujan di 4 stasiun hujan yaitu Kempot, Beran, Nyemengan dan Pajangan yaitu sebesar 110,2 mm di tahun 2004, sebesar 124,01 mm di tahun 2008 dan sebesar 145,43 mm pada tahun 2010. Berdasarkan nilai AMC diatas, maka DAS Bedog memiliki nilai AMC pada kelas III.

Nilai CN didapatkan dari hasil *intersect*/tumpangsusun antara

peta penggunaan lahan USSCS dan peta kelompok hidrologi tanah (HSG). Nilai CN merupakan fungsi dari karakteristik DAS yaitu tipe tanah, tanaman penutup, tataguna lahan, kelembaban awal, dan perlakuan (Arsyad, 2009; Triadmodjo, 2010). Bilangan CN berkisar antara 0 hingga 100, yang mengandung pengertian semakin mendekati 0 maka potensi *runoff* sangat kecil dan semakin mendekati 100 maka potensi *runoff* semakin besar.

Berdasarkan hasil klasifikasi penggunaan lahan USSCS dan penyusunan kelompok hidrologi tanah diatas, didapatkan nilai CN sebagaimana pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi penggunaan lahan USSCS dan Nilai CN pada masing-masing penggunaan lahan

Penggunaan Lahan	Klasifikasi Penggunaan Lahan USSCS	Perlakuan /tataguna lahan	Kondisi Hidrologis	Kelompok Hidrologi Tanah (HSG)	CN AMC II	CN AM C I	CN AMC III
Kebun campuran	Hutan	-	Baik	A	25	12	43
Kebun campuran	Hutan	-	Baik	B	55	35	74
Kebun campuran	Hutan	-	Baik	C	70	51	85
Kebun campuran	Hutan	-	Baik	D	77	59	89.5
Semak belukar	Hutan	-	Buruk	A	45	26	65
Semak belukar	Hutan	-	Buruk	B	66	46	82
Semak belukar	Hutan	-	Buruk	C	77	59	89.5
Semak belukar	Hutan	-	Buruk	D	83	67	92.5
Lahan kosong	Padang rumput	-	Buruk	A	39	21.5	59
Lahan kosong	Padang rumput	-	Buruk	B	61	41	78.5
Lahan kosong	Padang rumput	-	Buruk	C	74	55	88
Lahan kosong	Padang rumput	-	Buruk	D	80	63	91
Sawah	Padi-padian	Berderet	Baik	A	63	43	80

Sawah	Padi-padian	lurus Berderet lurus	Baik	B	75	56.5	88.5
Sawah	Padi-padian	Berderet lurus	Baik	C	83	67	92.5
Sawah	Padi-padian	Berderet lurus	Baik	D	87	73.5	94.5
Sawah	Padi-padian	Berkontur	Baik	A	61	41	78.5
Sawah	Padi-padian	Berkontur	Baik	B	73	54	87
Sawah	Padi-padian	Berkontur	Baik	C	81	64.5	91.5
Sawah	Padi-padian	Berkontur	Baik	D	84	68	93
Pemukiman	Permukiman	-	-	A	77	59	89.5
Pemukiman	Permukiman	-	-	B	85	70.5	94.5
Pemukiman	Permukiman	-	-	C	90	78	96
Pemukiman	Permukiman	-	-	D	92	81	97
Penggunaan Lahan	Klasifikasi Penggunaan Lahan USSCS	Perlakuan / tataguna lahan	Kondisi Hidrologis	Kelompok Hidrologi Tanah (HSG)	CN AMC II	CN AM C I	CN AMC III
Air tawar	Rawa (Slope I)	-	-	A	0	0	0
Air tawar	Rawa (Slope I)	-	-	B	0	0	0
Air tawar	Rawa (Slope I)	-	-	C	3	0.3	2.6
Air tawar	Rawa (Slope II)	-	-	A	0	0	0
Air tawar	Rawa (Slope II)	-	-	B	5	2	13
Air tawar	Rawa (Slope II)	-	-	B	8	3	15.5

Sumber : GIS analisis, 2013

Abstraksi awal adalah fungsi penggunaan tanah, perlakuan dan kondisi hidrologi, serta kandungan air tanah sebelumnya. Abstraksi awal merupakan suatu volume air hujan pada awal permulaan hujan yang tidak akan menjadi *runoff*.

Nilai abstraksi awal dapat ditentukan sesuai dengan kondisi aktual DAS Bedog dengan pendekatan hidrograph, selain itu menurut Arsyad (2009), nilai abstraksi awal (I_a) dapat diduga dengan baik oleh persamaan :

$$I_a \geq 0,2 S$$

Sehingga persamaan dalam menghitung ketebalan *run-off* USSCS, menggunakan persamaan/rumus, yaitu :

$$Q = \frac{(P - 0,2 S)^2}{(P + 0,8 S)}$$

Dalam memperhitungkan ketebalan *runoff* menggunakan metode *Curve Number* (CN) USSCS, beberapa langkah yang dilakukan adalah : 1). Reklasifikasi penggunaan lahan berdasarkan USSCS tahun 2010; 2). Penyusunan Kelompok Hidrologi Tanah (HSG); 3). Penyusunan kelembaban awal (AMC) dari 4 stasiun di sekitar DAS Bedog; dan 4) Penyusunan nilai CN.

Tahapan-tahapan tersebut telah disebutkan diatas dalam penyusunannya. Adapun persentase ketebalan *runoff* tahun 2004, 2008 dan 2010, dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Persentase ketebalan *runoff* DAS Bedog tahun 2004, 2008 dan 2010

Periode	Luas DAS (ha)	Total Curah Hujan		Total <i>Runoff</i>		Persentase <i>Runoff</i> (%)
		Ketebalan (mm)	Volume (m ³)	Ketebalan (mm)	Volume (m ³)	
Jan 2004	13.906,3	2.048,7	284.898,1	1.292,3	188.147,582,1	63,1
Dec 2004						
Jan 2008	13.906,3	2.302,8	320.230,799,8	1.277,2	177.605,947,9	55,5
Dec 2008						
Jan 2010	13.906,3	2.669,0	284.898,368,1	1.536,4	213.650,501,8	57,6
Dec 2010						

Sumber : Hasil Perhitungan, 2013

Hasil dari perhitungan ketebalan *runoff* dengan metode CN USSCS dihasilkan ketebalan *runoff* DAS Bedog tahun 2004, 2008 dan 2010 sebesar 1.292,3 mm (63,1% dari total hujan/tahun), 1.277,2 mm (55,5% dari total hujan/tahun) dan sebesar 1.536,4 mm (57,6% dari total hujan/tahun). Hal tersebut dapat diartikan bahwa proses hidrologi yang terjadi di DAS Bedog tahun 2010 dikategorikan buruk.

Berdasarkan hasil klasifikasi penggunaan lahan dari citra Landsat 7 ETM+ tahun 2004, 2008 dan tahun 2010 dan pengecekan lapangan untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan di DAS Bedog dihasilkan perubahan penggunaan lahan sebagaimana Tabel 7.

Peningkatan pemukiman sebagai parameter terjadinya perluasan wilayah perkotaan/permukiman Kota Yogyakarta, selama periode tahun 2004 hingga 2010 terjadi peningkatan sebesar 0,4% pertahun, yaitu terjadi peningkatan sebesar 1,65% di tahun 2008 dan sebesar 2,43% di tahun 2012.

Dampak dari terjadinya perubahan penggunaan lahan yang fluktuatif, berdampak pada perhitungan ketebalan *runoff* menggunakan metode CN USSCS, Tabel 8 berikut ini merupakan perubahan pembobotan nilai CN yang berpengaruh pada perhitungan ketebalan *runoff* tahun 2004, 2008 dan 2010.

Tabel 7. Perubahan penggunaan lahan DAS Bedog tahun 2004-2010

Penggunaan lahan	Luas wilayah (ha)			Perubahan wilayah (ha)	
	2004	2008	2010	2004-2008	2008-2010
Perairan	18.39	96,15	114,67	77.76	18,53
Air Tawar					
Pemukiman	2,149.04	2.380,17	2.490,13	231.13	109,95
Kebun	3,330.33	2.029,32	1.975,53	-	-53,78
Campuran				1,301.01	
Sawah	3,495.41	2.808,03	2.350,78	-687.38	-457,24
Lahan Kosong	2,719.07	4.557,51	5.633,82	1,838.44	1.076,31
Semak	2,340.87	2.181,95	1.488,18	-158.92	-693,76
Belukar					
	1.4053,1	1.4053,1	1.4053,1		

Sumber : Analisis GIS, 2013

Tabel 8. Perubahan Nilai pembobotan CN dan ketebalan *runoff*

Tahun	Nilai pembobotan CN	Retensi potensial maksimum (S), dengan $I_a=0,2S$	Ketebalan <i>runoff</i> (mm)	Persentase (%)
2004	81,06	fluktuatif	1.353,0	
2008	72,86	fluktuatif	1.277,2	-1,2%
2010	80,44	fluktuatif	1.536,4	20,3%

Sumber : Hasil perhitungan, 2013

Berdasarkan Tabel 8, nilai pembobotan berbanding lurus dengan volume ketebalan *runoff* yang dihasilkan, semakin besar nilai pembobotan CN maka volume ketebalan *runoff* yang dihasilkan semakin besar. Retensi potensial maksimum tergantung dari nilai abstraksi aktual awal (I_a), yang diasumsikan dengan persamaan $I_a \geq 0,2S$, sehingga nilai S tergantung dari nilai CN pada kondisi AMC tertentu (berfluktuatif). Abstraksi awal (I_a) mempresentasikan fungsi infiltrasi berupa penggunaan tanah, perlakuan, kondisi hidrologi (intersepsi) dan kandungan air tanah sebelumnya (*depression stroge*) (Arsyad, 2009).

Berfluktuatif (naik-turunnya) ketebalan *runoff* pada periode tahun 2004 hingga 2010 ini disebabkan oleh berfluktuatifnya luasan penggunaan lahan pada tahun 2004 hingga 2010. Penggunaan lahan yang berkontribusi terhadap peningkatan/penurunan ketebalan *runoff* sebagaimana pada Gambar 5-12 adalah pemukiman, yang memiliki nilai *Curve Number* (CN) berkisar antara 77 hingga 92, diikuti oleh sawah dan lahan kosong, dengan nilai CN berkisar antara 39 hingga 84.

Kontribusi setiap penggunaan lahan periode tahun 2004 hingga 2010 pada ketebalan *runoff* 2004-2010 bergantung pada besaran nilai CN dan luasan setiap

penggunaan lahan terangkum pada Tabel 9 berikut ini.

Tabel 9. Perbandingan kontribusi setiap penggunaan lahan pada ketebalan *runoff* pada AMC II periode 2004-2010

Reklasifikasi Penggunaan Lahan USSCS	2004			2008			2010		
	Luas (ha)	(%)	Kontribusi (%)	Luas (ha)	(%)	Kontribusi (%)	Luas (ha)	(%)	Kontribusi (%)
a. Rawa slope I (<1%)	7.13	0.05	0,00002	50.21	0.36	0,01	56,08	0,40	0,01
b. Rawa slope II (1-5%)	4.39	0.03	0,002	24.71	0.18	0,02	31,79	0,23	0,02
Pemukiman, dengan luas kapling 500 m2/lebih kecil dan % kedap air 65%	3,313.04	23.82	17,00	2,361.15	16.98	14,92	2,476,12	17,81	23,62
Hutan, kondisi hidrologis baik	849.06	6.11	6,09	2,009.75	14.45	10,53	1,954,82	14,06	8,72
a. Padi-padian, menurut kontur dan kondisi hidrologi baik	2,616.65	18.82	21,83	705.84	5.08	10,13	564,10	4,06	4,07
b. Padi-padian, berderet lurus dan kondisi hidrologi baik	2,696.24	19.39	18,08	2,071.35	14.90	11,97	1,766,08	12,70	14,81
Padang rumput, kondisi hidrologi buruk	2,282.90	16.42	16,90	4,518.27	32.49	31,62	5,593,19	40,22	38,27
Hutan, kondisi hidrologi buruk	7.13	0.05	0,00002	2,164.97	15.57	20,80	1,464,12	10,53	10,47

Sumber : Hasil perhitungan, 2013

Pengujian/validasi terhadap keakuratan penerapan metode *Curve Number* USSCS dalam memprediksi/menghitung ketebalan *runoff* di DAS Bedog dilakukan dengan cara membandingkan nilai ketebalan *runoff* hasil prediksi/perhitungan dengan metode CN USSCS dengan nilai ketebalan *runoff* hasil pengamatan di Pos duga air-Guwosari. Untuk mendapatkan nilai ketebalan *runoff* hasil pengamatan di Pos duga air-

Guwosari yang diterbitkan oleh Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) Provinsi Yogyakarta, dilakukan dengan program ABSCAN 2.0 (*Automated Baseflow Separation for Canadian Datasets*) dengan metode pemisahan *Chapman*, dikarenakan kelembaban awal (AMC) DAS Bedog adalah AMC III. Perbandingan ketebalan *runoff* tahun 2004, 2008 dan 2010 disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan total ketebalan *runoff* tahun 2004-2010

Hasil <i>Runoff</i>	Ketebalan <i>runoff</i> per tahun/aktual (mm)		
	2004	2008	2010
Hasil perhitungan metode CN USSCS	1.292,3	1.277,2	1.536,4
Hasil pengamatan di Pos duga air-Guwosari	836,60	1.322,9	1.885,9

Sumber : Hasil perhitungan, 2013

Tabel 11. Hasil uji statistik T-test dan nilai koefien determinasi (R^2)

Parameter statistik	Tahun		
	2004	2008	2010
T-student (T-test)	0,00	0,00	0,092
T-tabel	1,67	1,68	1,71
R^2	0,578	0,563	0,959

Sumber : Hasil perhitungan, 2013

Berdasarkan Tabel 10 diatas, hasil akumulasi ketebalan *runoff* per tahun dari kedua perhitungan, dihasilkan data ketebalan *runoff* yang tidak berbeda secara signifikan. Pengujian secara statistik, dilakukan dengan uji T-test dengan program SPSS 19, sedangkan pengambilan data sampel dilakukan terhadap nilai curah hujan ekstrim/tinggi yang terjadi dalam satu tahun.

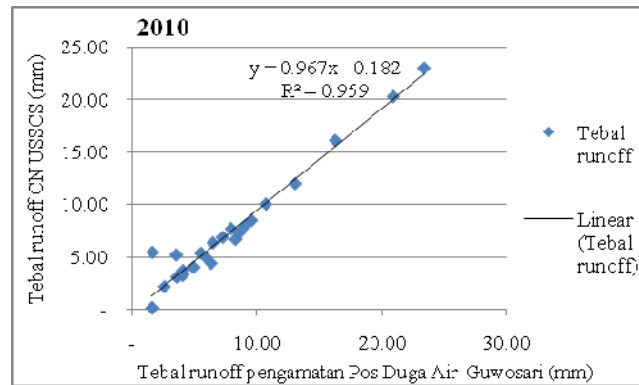
Hasil dari uji statistik T-test dengan SPSS 19an nilai R^2 disajikan pada Tabel 11.

Nilai uji statistik (T-test) tahun 2004, 2008 dan tahun 2010 memiliki nilai dibawah nilai T-tabel, yang mengandung arti bahwa perhitungan ketebalan *runoff* dengan metode CN

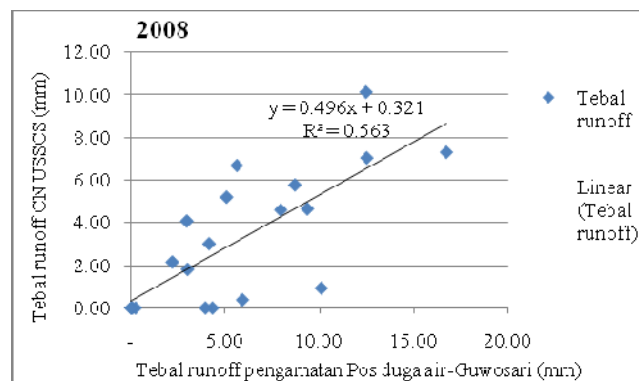
USSCS dapat diaplikasikan di DAS Bedog.

Nilai koefisien determinasi (R^2) memiliki nilai diatas $> 0,5$ yaitu 0,578 (tahun 2004), 0,563 (tahun 2008) dan 0,959 (tahun 2010), hal ini mengandung arti bahwa perhitungan ketebalan *runoff* dengan metode CN USSCS dapat diaplikasikan di DAS Bedog sebagaimana uji statistik (Moriassi et al., 2007; Prasena, 2012).

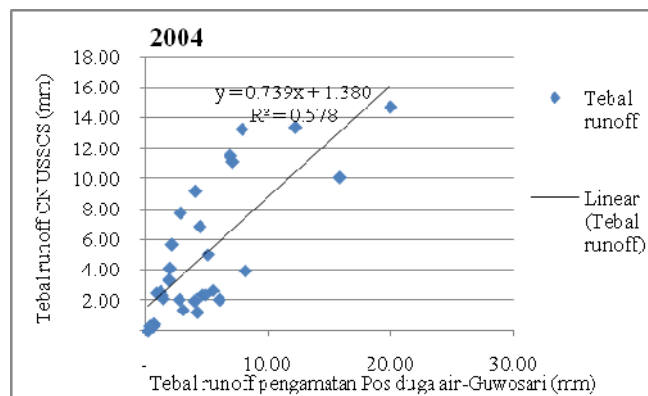
Skenario pertama ini merupakan prediksi perubahan penggunaan lahan 6 tahun ke depan (tahun 2016) didasarkan pada Tabel 7 mengenai perubahan penggunaan lahan dari tahun 2006 hingga tahun 2010. Pada Tabel 12 disajikan prediksi perubahan lahan skenario 1.



Gambar 3. Grafik koefisien determinasi (R^2) dari ketebalan *runoff* CN USSCS dan ketebalan *runoff* Pos duga air-Guwosari Tahun 2010



Gambar 4. Grafik koefisien determinasi (R^2) dari ketebalan *runoff* CN USSCS dan ketebalan *runoff* Pos duga air-Guwosari Tahun 2008



Gambar 5. Grafik koefisien determinasi (R^2) dari ketebalan *runoff* CN USSCS dan ketebalan *runoff* Pos duga air-Guwosari Tahun 2004

Tabel 12. Penggunaan lahan skenario 1

Penggunaan Lahan	Reklasifikasi Penggunaan Lahan USSCS	2010		Skenario 1	
		Luas (ha)	Persentase (%)	Luas (ha)	Persentase (%)
Air Tawar	a. Rawa slope I (<1%)	56,08	0,40	56.08	0.40
	b. Rawa slope II (1-5%)	31,79	0,23	31.79	0.23
Pemukiman	Pemukiman, dengan luas kapling 500 m2/lebih kecil dan % kedap air 65%	2.476,12	17,81	2,977.41	21.41
Kebun Campuran	Hutan, kondisi hidrologis baik	1.954,82	14,06	1,870.96	13.45
Sawah	a. Padi-padian, menurut kontur dan kondisi hidrologi baik	564,10	4,06	552.78	3.98
	b. Padi-padian, berderet lurus dan kondisi hidrologi baik	1.766,08	12,70	1,649.81	11.86
Lahan Kosong	Padang rumput, kondisi hidrologi buruk	5.593,19	40,22	5,371.30	38.62
Semak Belukar	Hutan, kondisi hidrologi buruk	1.464,12	10,53	1,396.17	10.04

Sumber : GIS Analisis, 2013

Tabel 13. Penggunaan lahan skenario 2

Penggunaan Lahan	Reklasifikasi Penggunaan Lahan USSCS	2010		Skenario 2	
		Luas (ha)	Persentase (%)	Luas (ha)	Persentase (%)
Air Tawar	c. Rawa slope I (<1%)	56,08	0,40	56.06	0.40
	d. Rawa slope II (1-5%)	31,79	0,23	31.79	0.23
Pemukiman	Pemukiman, dengan luas kapling 500 m ² /lebih kecil dan % kedap air 65%	2.476,12	17,81	3,733.71	26.85
	Hutan, kondisi hidrologis baik	1.954,82	14,06	1,832.71	13.18
Kebun Campuran	a. Padi-padian, menurut kontur dan kondisi hidrologi baik	564,10	4,06	544.55	3.92
	b. Padi-padian, berderet lurus dan kondisi hidrologi baik	1.766,08	12,70	1,534.30	11.03
Sawah	Padang rumput, kondisi hidrologi buruk	5.593,19	40,22	4,819.77	34.66
	Hutan, kondisi hidrologi buruk	1.464,12	10,53	1,353.40	9.73
Lahan Kosong					
Semak Belukar					

Sumber : GIS Analisis, 2013

Hasil dari perhitungan ketebalan *runoff* harian pada penggunaan lahan skenario 1 menghasilkan ketebalan *runoff* sebesar 1.596,9 mm atau meningkat 4% dari tebal *runoff* tahun 2010.

Peningkatan kebutuhan lahan untuk permukiman sebagai dampak dari perkembangan wilayah perkotaan menyebabkan terjadinya perubahan penggunaan lahan untuk permukiman. Berdasarkan laju pertumbuhan

penduduk di Kabupaten Bantul dan Kabupaten Sleman berkisar antara 1,55% hingga 1,92 % per tahun (Perda Kab. Bantul, 2011; Bappeda Kab. Sleman, 2013) serta peningkatan luasan pemukiman sebesar 2,95% dari tahun 2008 hingga tahun 2010 (Tabel 7), maka diperkirakan terjadi perubahan penggunaan lahan untuk 6 tahun kedepan sebesar 9 % dari luas pemukiman di tahun 2010. Tabel 13 menyajikan perubahan penggunaan lahan di DAS Bedog.

Ketebalan *runoff* harian pada penggunaan lahan skenario 2 menghasilkan ketebalan *runoff* sebesar 1.545,9 mm atau terjadi penurunan

sebesar 4,75% dari tebal *runoff* tahun 2010.

Perubahan penggunaan lahan untuk skenario 3 merubah penggunaan lahan “lahan kosong” (padang rumput dalam klasifikasi USSCS) menjadi hutan, dengan kondisi hidrologis buruk sebagaimana pada Tabel 14.

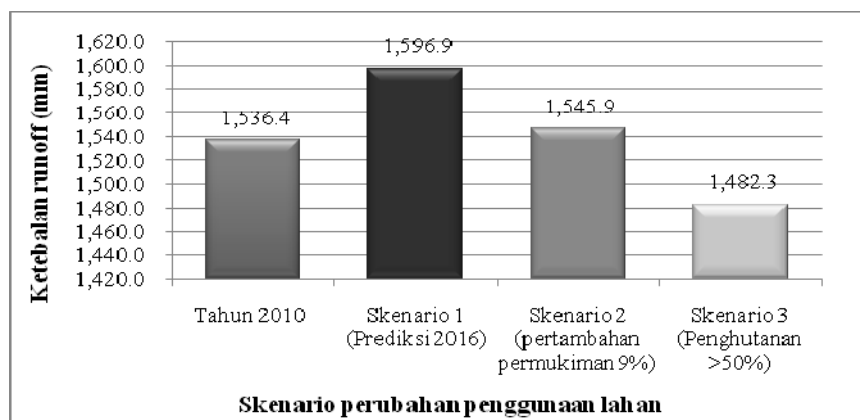
Ketebalan *runoff* skenario 3 sebagaimana pada Tabel 5-28, menghasilkan ketebalan *runoff* sebesar 1.482,3 mm atau terjadi penurunan ketebalan *runoff* dari tahun 2010 sebesar 3,5 % dari tebal *runoff* tahun 2010. Gambar 6 berikut ini disajikan peta perbandingan perubahan penggunaan lahan pada skenario 1, 2 dan 3.

Tabel 14. Hasil reklasifikasi penggunaan lahan skenario 3

Penggunaan Lahan	Reklasifikasi Penggunaan Lahan USSCS	2010		Skenario 3	
		Luas (ha)	Persentase (%)	Luas (ha)	Persentase (%)
Air Tawar	a. Rawa slope I (<1%)	56,08	0,40	56,08	0,40
	b. Rawa slope II (1-5%)	31,79	0,23	31,79	0,23
Pemukiman	Pemukiman, dengan luas kapling 500 m ² /lebih kecil dan % kedap air 65%	2.476,12	17,81	2.476,12	17,81
Kebun Campuran	Hutan, kondisi hidrologis baik	1.954,82	14,06	1.954,82	14,06
Sawah	a. Padi-padian, menurut kontur dan kondisi hidrologi baik	564,10	4,06	564,10	4,06
	b. Padi-padian, berderet lurus dan kondisi	1.766,08	12,70	1.766,08	12,70

Lahan Kosong	hidrologi baik Padang rumput, kondisi hidrologi baik	5.593,19	40,22	-	-
Semak Belukar	hidrologi buruk Hutan, kondisi hidrologi buruk	1.464,12	10,53	13.906,30	50,75

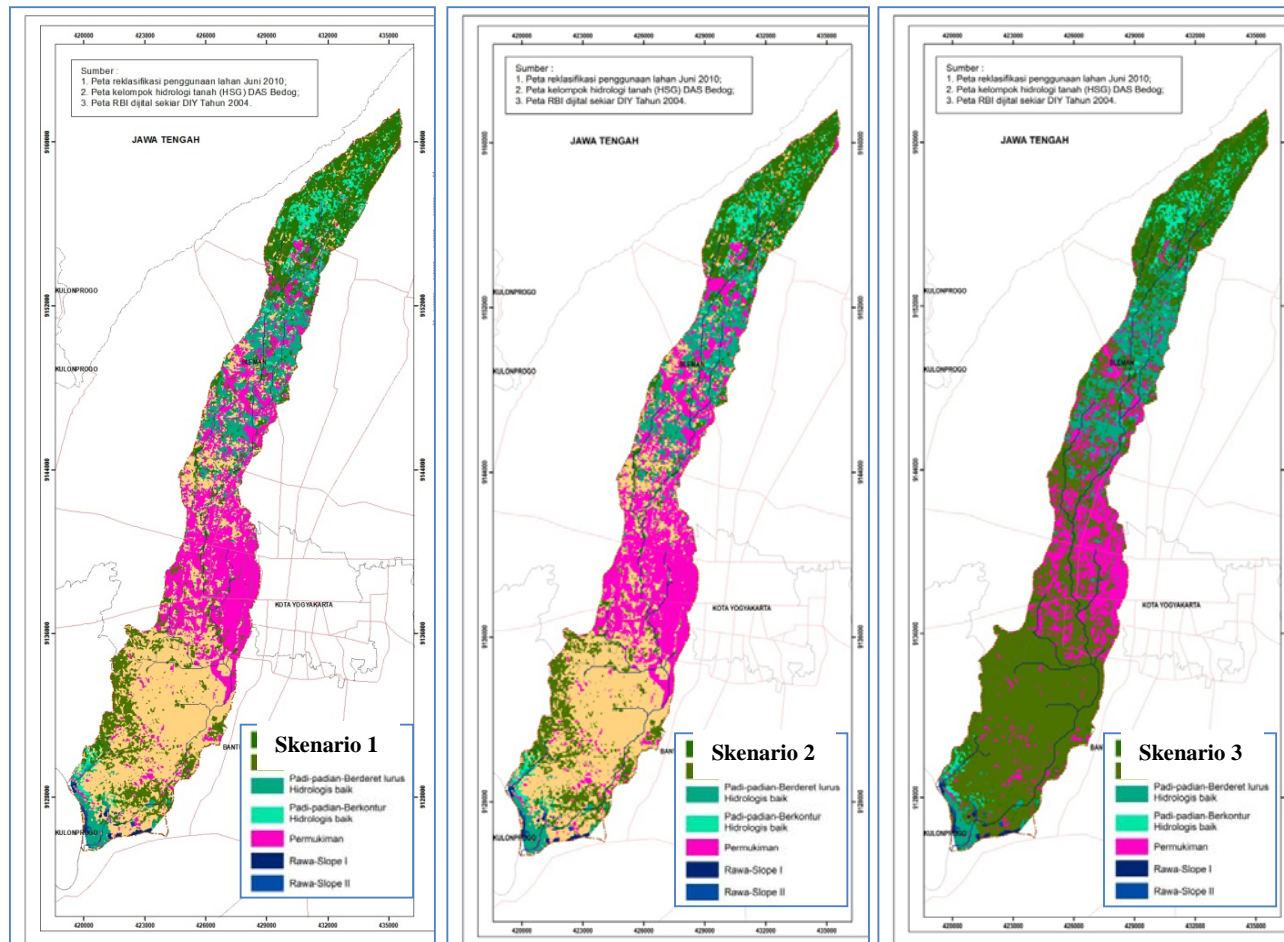
Sumber : GIS Analisis, 2013



Gambar 7. Perbandingan ketebalan *runoff* tiga skenario penggunaan lahan

Skenario perubahan lahan yang telah dirumuskan diatas merupakan prediksi perubahan lahan di masa yang akan datang dalam rangka memprediksi dampak perubahan penggunaan lahan

terhadap perubahan ketebalan *runoff* di DAS Bedog. Gambar 7 berikut ini mempresentasikan gambaran perubahan penggunaan lahan dan dampaknya terhadap perubahan ketebalan *runoff*.



Gambar 6. Perbandingan skenario perubahan penggunaan lahan 1, 2 dan 3

Berdasarkan perbandingan ketebalan *runoff* pada Gambar 6 dan 7 menyajikan skenario penggunaan lahan optimal yang dapat menurunkan ketebalan *runoff* sebagai dampak dari adanya perkembangan wilayah perkotaan di Yogyakarta ialah dengan cara penambahan luasan hutan sebesar > 50% dari luas DAS Bedog, dan dilakukan di daerah Bantul, yang saat ini didominasi oleh tipe penggunaan lahan “lahan kosong”.

KESIMPULAN

Hasil dari interpretasi citra Landsat 7 ETM+ tahun 2004, 2008 dan 2010 dengan klasifikasi citra tak-terselia (*unsupervised classification*) dengan metode klasifikasi Isodata (*Iterative Self-Organizing Analysis Technique*) terhadap perubahan penggunaan lahan, yaitu tipe penggunaan lahan “permukiman” mengalami peningkatan, yang semula sebesar 15,29% di tahun 2004 menjadi 16,94% tahun 2008 dan 17,72% pada tahun 2010 atau meningkat sebesar 2,43% dari tahun 2004 (meningkat 0,4% per tahun).

Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap perubahan ketebalan *runoff* menggunakan metode *Curve Number* (CN) USSCS dihasilkan ketebalan *runoff* harian per tahun sebesar 63,1% (2004); 55,5% (2008) dan 57,6% (2012) dari total curah hujan di DAS Bedog.

Hasil rumusan skenario penggunaan lahan di DAS Bedog bahwa perubahan penggunaan lahan untuk 6 tahun ke depan (tahun 2016) mengalami perubahan ketebalan *runoff* sebesar 4% dari tahun 2010 (skenario 1).

Penurunan ketebalan *runoff* di DAS Bedog dapat dilakukan dengan peningkatan luasan hutan berupa kebun campuran dan tumbuhan perdu (semak belukar) di daerah Bantul sebesar > 50% dari luas DAS Bedog, sesuai dengan skenario 3 yang merupakan

arahannya penggunaan lahan optimal dalam rangka manajemen penggunaan lahan untuk menurunkan ketebalan *runoff*.

REKOMENDASI

Penurunan ketebalan *runoff* di DAS Bedog, dapat dilakukan dengan melakukan penanaman pohon/penghijauan di daerah Bantul sebesar > 50%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonym. 2004. *The Curve Number Method*, pp. 121-144 www.content.alterra.wur.nl/Interne/webdocs/ilri-publicaties/publicaties/Pub162/pub162-h4.1.pdf. diakses pada 28 Agustus 2012
- Arsyad, Sinatala. 2009. *Konservasi Tanah dan Air Edisi Kedua*. IPB Press. Bogor.
- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- BAPPEDA of Yogyakarta Province. 2007. *Agglomeration of Yogyakarta*. Project Report.
- BP DAS SOP. 2008. *Identification on Characteristic of Progo Watershed*. Project Report.
- Danoedoro, Projo. 2004. *Sains Informasi Geografis : Dari Perolehandan Analisis Citra hingga Pemetaan dan Pemodelan Spasial*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- . 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Penerbit Andi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Kerle, N., Janssen, L.F., and Huurneman. 2006. *Principles of Remote Sensing. : An Introductory Textbook*. Enschede : International

- Institute for Geoinformation Science and Earth Observation.
- Kotter, Theo. 2003. *Prevention of Environmental Disasters by Spatial Planning and Land Management*. Paper presentation in 2nd FIG Regional Conference.
- Lilesand, T and R.W. Kiefer. 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Pemerintah Kabupaten Bantul. 2011. Peraturan Daerah Kabupaten bantul No.01 Tahun 2011 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kabupaten Bantul Tahun 2011-2015, dari http://jdih.depdagri.go.id/files/KAB_BANTUL_1_2011. PDF, diakses 10 Januari 2013.
- Prasena, Aris, 2012. *Assessing the effects of land use change on runoff - Case study of bedog sub watershed in yogyakarta province, Indonesia.* Msc Thesis UGM-ITC, Yogyakarta.
- Rahayu, S., Rudy H.W. dan Meine van Noordwijk, dkk. 2009. *Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai*, dari <http://www.workdagroforestry.org/downloads/publications/PDFs/B16396.PDF>, diakses 10 Januari 2013.
- Short, N. M. 1982. *Landsat Tutorial Workbook.- Basic satellite Remote Sensing*. Washington DC: NASA.
- Sri Harto Br.1993. *Analisis Hidrologi (Hydrology Analysis)*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Triadmodjo, Bambang. 2010. *Hidrologi Terapan edisi kedua*. Penerbit Beta Offset. Yogyakarta.
- Umam, Idam. 2010. *Assessment on Hydrograph Model Gamma Synthetic Unit 1 and Natural Hydrograph in the watershed of Bedog*. Thesis UGM. Faculty of Geography Gadjah Mada University. Yogyakarta.
- Widayati, C.N. 2011. *Application of US-SCS Curve Number method and GIS for determining suitable land cover of small watershed*. Msc Thesis UGM-ITC, Yogyakarta.