

## **PENENTUAN *HYDROLOGIC SOIL GROUP* UNTUK PERHITUNGAN DEBIT BANJIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI BRANTAS HULU**

### ***DETERMINATION OF HYDROLOGIC SOIL GROUP FOR THE CALCULATION OF FLOODS AT UPPER BRANTAS WATERSHED***

**Anri Noor Annisa Ramadan<sup>1)</sup> Wanny K. Adidarma<sup>2)</sup> Bambang Adi Riyanto<sup>2)</sup> Kamsiyah Windianita<sup>3)</sup>**

1) Mahasiswa Program Magister Jurusan Teknik Sipil, Pasca Sarjana Universitas Katolik Parahyangan

2) Dosen Jurusan Teknik Sipil, Pasca Sarjana Universitas Katolik Parahyangan

3) Kepala Bagian Infrastruktur SDA PJT 1

Email: anri.noor.annisa.r@gmail.com

#### **ABSTRAK**

*Bendungan direncanakan dibangun untuk dimanfaatkan dalam memenuhi kebutuhan di bidang sumber daya air. Disamping manfaat yang terkandung di dalamnya, akan terdapat bahaya besar bila ada ketidakmampuan struktur bendungan dalam menahan banjir yang masuk ke dalam waduk. Pemilihan metode yang tepat untuk memperkirakan besaran banjir rencana merupakan bagian dari keamanan bendungan. Permasalahan yang terjadi di Indonesia adalah pencatatan data pada pos duga air tidak tersedia. Salah satu metode perhitungan kehilangan air (losses) pada pemodelan banjir adalah NRCS-CN. Kelebihan metode ini dapat digunakan untuk wilayah yang tidak memiliki data hidrograf banjir maupun tinggi muka air waduk, tetapi tersedia data pencatatan hujan. Dalam penentuan nilai CN, Indonesia belum memiliki peta HSG (Hydrologic Soil Group) sehingga perlu dibuat peta tanah seperti HWSD. Penelitian dilakukan dengan penentuan CN menggunakan peta tanah (HWSD), tataguna lahan (BAPPEDA). Kehilangan air dilakukan dengan model HEC-HMS. Penelitian dilakukan di DAS Brantas Hulu dengan titik outlet Bendungan Sutami. Simulasi dilakukan dengan kalibrasi tinggi muka air. Kelompok HSG yang didapat dari peta HWSD pada DAS Brantas Hulu adalah D (lempung), B (tanah liat berlanau), dan A (pasir bertanah liat). Penentuan HSG dari peta tanah HWSD dengan metode kehilangan air NRCS-CN dan hidrograf satuan NRCS menghasilkan kalibrasi terbaik didapatkan dari RMSE dan beda tinggi pada AMC II dan  $\lambda=0,2$  untuk bulan Maret 2007 (RMSE=0.55) serta AMC II dan  $\lambda=0,05$  bulan Desember 2007 (RMSE=0.65).*

**Kata kunci:** *Hydrologic Soil Group, Curve Number, Harmonized World Soil Database, tinggi muka air*

#### **ABSTRACT**

*Dams are planned and built to be used for water resources activities. Besides the benefits, there were a great danger if the inability of the dam structure to holding the flood is available. The choice of the right method for the magnitude of the plan flood is part of the dam security. Problems that occurred in Indonesia former record data from AWLR is not available. One method of losses flood modeling is NRCS-CN. Moreover, this method can be used for areas without flood hydrograph or reservoir water level data, however rainfall record data is available. In CN's determination, Indonesia does not have a HSG (Hydrologic Soil Group) map that needs to be made from another soil map like HWSD. The research was conducted using CN method using land map (HWSD), land use (BAPPEDA). Losses were carried out with HEC-HMS model. The study was conducted in the Upper Brantas basin with Sutai Dam outlet. The simulation was done by calibrating the water level. HSG groups obtained from HWSD maps in Upper Brantas basin are A (loamy sand), B (loam), and D (clay). Determination of HSG from HWSD soil map with NRCS-CN loss method and NRCS UH resulted the best calibration of AMC II and  $\lambda = 0.2$  in March 2007 (RMSE = 0.55) and AMC II and  $\lambda = 0.05$  December 2007 (RMSE = 0.65).*

**Keywords:** *Hydrologic Soil Group, Curve Number, Harmonized World Soil Database, water level*

## PENDAHULUAN

Bendungan direncanakan dan dibangun untuk mendapatkan tampungan air, yang secara umum dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan dalam sumber daya air. Disamping manfaat yang diperoleh terkandung suatu bahaya besar apabila terjadi kegagalan struktur bendungan. Salah satu hal yang menjadi suatu ancaman pada bendungan adalah ketidakmampuan struktur bendungan dalam menahan banjir yang masuk. Pemilihan metode yang tepat untuk memperkirakan besaran banjir rencana merupakan bagian dari keamanan bendungan (Adidarma, 2013).

Pemodelan banjir rencana tidak lepas dari hubungan hujan-limpasan, salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Natural Resources Conservation Service Curve Number* (NRCS-CN). Kelebihan metode ini dapat digunakan untuk wilayah yang tidak memiliki data hidrograf banjir maupun tinggi muka air waduk, tetapi data pencatatan hujannya tersedia (Adidarma, 2013). Selain itu, pemilihan model ini juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : (1) prosedur dalam model ini akrab digunakan selama bertahun-tahun di seluruh dunia, (2) sangat efisien, (3) data input yang dibutuhkan umumnya tersedia, serta (4) model ini menghubungkan limpasan dengan jenis tanah, tataguna lahan, dan praktik pengendaliannya (Mishra, 2013). NRCS-CN memiliki beberapa elemen utama dalam proses hujan-limpasan, antara lain karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS), curah hujan, abstraksi hidrologi, dan limpasan (Mishra, 2003). Penentuan Curve Number (CN) untuk DAS yang tidak memiliki data hidrograf banjir maupun tinggi muka air waduk dapat dilihat dari karakteristik DAS, yaitu jenis tanah, penggunaan lahan, kondisi hidrologi, dan kondisi kelengasan tanah sebelumnya (AMC).

Penelitian ini dilakukan pada DAS Brantas Hulu dengan titik outlet di Bendungan Sutami. Waduk Sutami merupakan waduk interkoneksi antara Waduk Sengguruh dan Waduk Lahor. Debit inflow Waduk Sutami berasal dari Bendungan Sengguruh, *remaining basin* Bendungan Sutami dan Bendungan Lahor. Luas keseluruhan DAS Brantas Hulu sebesar 2052 Km<sup>2</sup>, meliputi : DAS Sengguruh sebesar 1659 Km<sup>2</sup> dan *remaining basin* Waduk Sutami sebesar 393 Km<sup>2</sup>, sedangkan luas DAS Lahor sebesar 160 Km<sup>2</sup> (Halik, 2013).

Adidarma (2013) menyatakan bahwa penentuan CN memerlukan ketersediaan peta *Hydrologic Soil Group* (HSG) yang pada kenyataannya harus dibuat melalui peta lain yang mengandung parameter yang dibutuhkan

oleh HSG. Di Indonesia NRCS-CN sendiri memiliki kekurangan karena belum memiliki peta *Hydrologic Soil Group* (HSG). Untuk itu dalam penelitian ini penentuan NRCS-CN diambil informasinya dari beberapa peta yang diperlukan seperti peta tataguna lahan, peta topografi, dan peta tanah yang tersedia seperti peta tanah dari *Harmonized World Soil Database* (HWSD).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengklasifikasi jenis tanah dari peta tanah HWSD, menentukan parameter HSG dari peta tanah HWSD, menentukan hasil simulasi terbaik dari peta tanah HWSD dengan menentukan kondisi kelengasan tanah sebelumnya (AMC) dan nilai  $\lambda$  yang sesuai pada DAS Brantas Hulu.

## KAJIAN PUSTAKA

### *Harmonized World Soil Database* (HWSD)

*Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) dan *International Institute for Applied Systems Analysis* (IIASA) membuat pembaruan mengenai informasi tanah di seluruh dunia dengan menggabungkan peta tanah regional maupun nasional yang sudah terkandung dalam peta tanah dunia digital FAOUNESCO skala 1:5.000.000 menjadi *Harmonized World Soil Database* (HWSD). Informasi peta tanah ini digunakan sebagai salah satu acuan jenis tanah dalam penentuan CN.

### Kehilangan Air NRCS-CN

Model NRCS-CN memperkirakan kelebihan hujan sebagai fungsi dari hujan kumulatif, jenis tanah penutup, tata guna lahan dan kelengasan tanah sebelumnya. Dalam metode ini, ketebalan limpasan atau hujan efektif merupakan fungsi dari ketebalan hujan total dan parameter cerminan dari bilangan kurva limpasan disebut Curve Number atau CN (Puslitbang SDA, 2013). Nilai CN berkisar antara 1 dan 100 fungsi dari limpasan yang dihasilkan dari jenis tanah, penggunaan lahan, kondisi hidrologi, dan kondisi kelengasan tanah sebelumnya (Mishra, 2013). Bentuk persamaannya adalah :

$$P_e = \frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S} \quad (1)$$

$P_e$  adalah kelebihan hujan kumulatif pada waktu  $t$  (mm),  $P$  adalah ketebalan hujan kumulatif pada waktu  $t$  (mm),  $I_a$  adalah abstraksi awal (kehilangan awal), dan  $S$  adalah potensi retensi maksimum air oleh tanah, yang sebagian besar adalah karena infiltrasi (mm). Persamaan empiris dari  $I_a$  dan  $S$  dihubungkan secara linier

oleh lambda ,  $\lambda$ , yang sama dengan 0,2 (NEH,2004a). Adidarma (2013) menyatakan bahwa Woodward dkk (2001) menggunakan 307 DAS yang tersebar di Amerika dan masing-masing mempunyai lebih dari 20 kejadian banjir yang memenuhi persyaratan untuk dihitung  $\lambda$ , dengan hasil sebagai berikut : (1) setiap kejadian mempunyai nilai  $\lambda$  yang berbeda, (2) nilai  $\lambda=0,2$  menurut NRCS dianggap terlalu besar, (3) median dari  $\lambda$  mendekati 0,05 atau yang paling sering terjadi adalah  $\lambda=0,05$ .

$$I_a = \lambda S \tag{2}$$

Hujan lebih selama interval  $\Delta t$  dihitung sebagai selisih antara hujan lebih akumulatif di akhir dan awal periode. Retensi maksimum, S, dan karakteristik DAS dihubungkan dengan parameter antara, yaitu Curve Number (CN).

$$S = \frac{25400-254CN}{CN} \tag{3}$$

Untuk DAS dengan sub-DAS yang memiliki jenis tanah dan tutupan lahan yang berbeda, maka nilai komposit CN ditentukan berdasarkan :

$$CN_c = \frac{CN_1A_1 + CN_2A_2 + \dots + CN_nA_n}{\sum_{i=1}^n A_i} \tag{4}$$

Dimana  $CN_i$  adalah nilai CN pada sub-DAS i,  $A_i$  adalah luas pada sub-DAS i, dan n adalah jumlah sub-DAS. Nilai CN diambil dari tabel NRCS-CN, untuk DAS Brantas Hulu nilai CN dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Nilai CN pada setiap Tutupan Lahan

No	Tutupan Lahan	Hydrologic Soil Group			
		A	B	C	D
1	Air Tawar	98	98	98	98
2	Hutan	57	73	82	86
3	Kebun	57	73	82	86
4	Padang Rumput\Tanah Kosong	72	82	87	89
5	Pemukiman	61	75	83	87
6	Rawa	98	98	98	98
7	Sawah Irigasi	62	71	78	81
8	Sawah Tadah Hujan	72	81	88	91
9	Semak Belukar	48	67	77	83
10	Tanah Ladang	66	77	85	89

Sumber : Adidarma dan Tim, 2017

Untuk kondisi kering (AMC I) atau kondisi basah (AMC III), nilai CN ekuivalen dapat

dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Triatmodjo, 2008) :

$$CN(I) = \frac{4,2CN(II)}{10-0,058CN(II)} \tag{5}$$

dan

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10-0,13CN(II)} \tag{6}$$

### Validasi Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) digunakan untuk mengukur perbedaan nilai observasi dan simulasi. Nilai RMSE yang lebih tinggi mengindikasikan jeleknya kinerja model tersebut, dan sebaliknya. Nilai RMSE = 0 menunjukkan model sangat cocok (Desmukh dkk, 2013).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F - O)_i^2} \tag{7}$$

Dimana F merupakan hasil simulasi, O adalah data observasi, dan N adalah jumlah data.

## METODOLOGI

Simulasi dilakukan dengan perangkat lunak HEC-HMS 4.0 dengan terminal data HEC-DSS. Gambar 1 menunjukkan keseluruhan metodologi untuk perhitungan NRCS-CN. Model hujan-limpasan NRCS-CN menggunakan data curah hujan jam-jam an yang diambil dari delapan pos hujan antara lain Dampit, Poncokusuma, Pujon, Sengguruh, Sutami, Tunggorono, Wagir, dan Tangkil (lihat Gambar 2) dengan rentang data 21-25 Maret 2007 dan 26-28 Desember 2007. Selain itu perhitungan NRCS-CN dilakukan dengan menggunakan peta digital dan dihitung terpisah melalui perangkat GIS. Hasil yang didapat dimasukkan dalam model kehilangan NRCS (*losses*). Unit hidrograf yang digunakan juga metode NRCS serta penelusuran banjir menggunakan Muskingum Cunge.

Peta digital dalam bentuk *shapefile*, yaitu tataguna lahan dan jenis tanah dikombinasikan dalam GIS sebagai *database* awal dalam penentuan nilai CN. Penentuan nilai CN diawali dengan pengelompokan kelas HSG, yaitu :

- 1 Kel. A : tanah kelompok ini memiliki potensi limpasan rendah saat kondisi basah, serta laju infiltrasi tinggi;
- 2 Kel. B : tanah kelompok ini memiliki potensi limpasan cukup rendah saat kondisi basah, laju infiltrasi sedang;
- 3 Kel. C : tanah kelompok ini memiliki potensi limpasan cukup tinggi saat kondisi basah, laju infiltrasi lambat;

4 Kel. D : tanah kelompok ini memiliki potensi limpasan tinggi dan laju infiltrasi sangat lambat saat kondisi basah.

Secara teknik langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1 Informasi jenis tanah yang digunakan berasal dari HWSO. HWSO merupakan pembaruan mengenai informasi tanah di seluruh dunia dengan penggabungan peta tanah regional maupun nasional yang sudah terkandung dalam peta tanah dunia digital FAO/UNESCO skala 1:5.000.000 (FAO,2009). Tanah dominan dari HWSO diklasifikasikan berdasarkan tekstur tanah

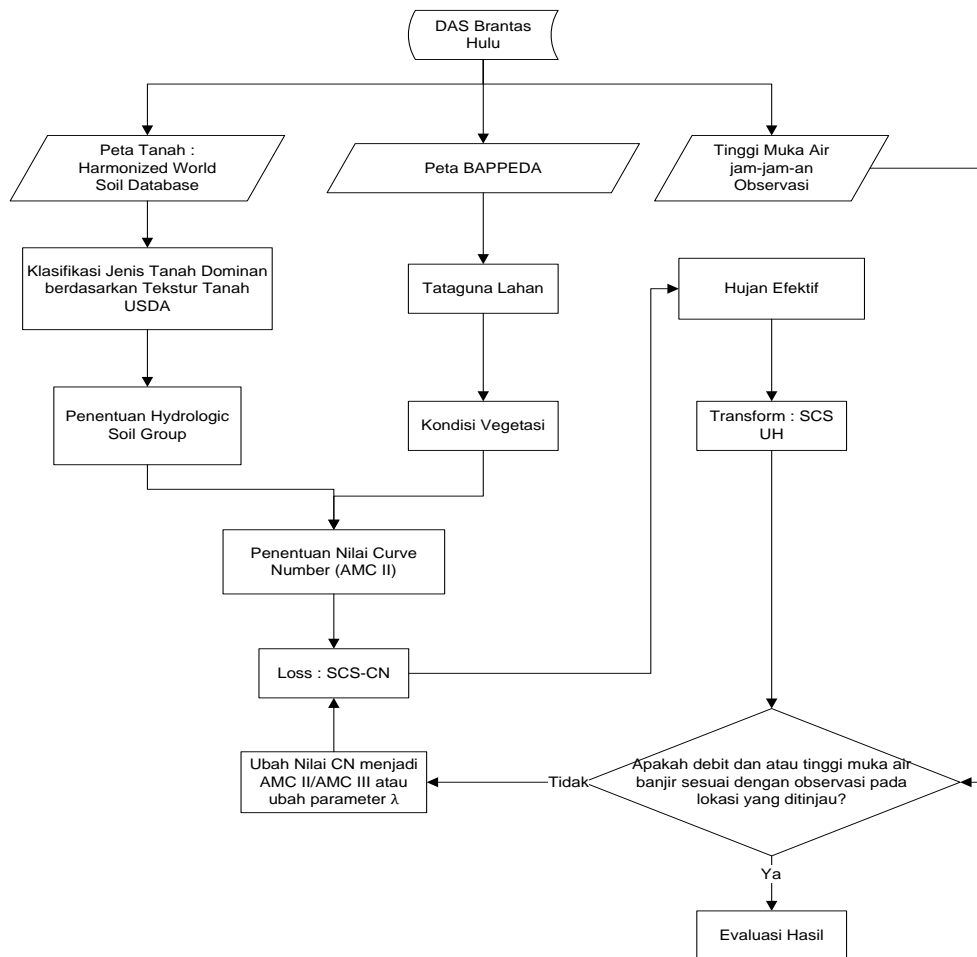
USDA (Shadeed, 2010) (lihat Tabel2) yang digunakan untuk klasifikasi kelas HSG;

- 2 Informasi tata guna lahan diambil dari BAPPEDA tahun 2006 sebagai penentu dalam penggunaan lahan DAS Brantas Hulu;
- 3 Nilai CN yang didapatkan diperhitungkan dalam model HEC-HMS dengan model kehilangan NRCS-CN selama 3-4 hari;
- 4 Transformasi limpasan pada sub DAS Brantas Hulu diperhitungkan dengan hidrograf satuan NRCS;
- 5 Kalibrasi hasil perhitungan hujan-limpasan dengan tinggi muka air Bendungan Sutami;
- 6 Validasi hasil simulasi dihitung berdasarkan nilai RMSE.

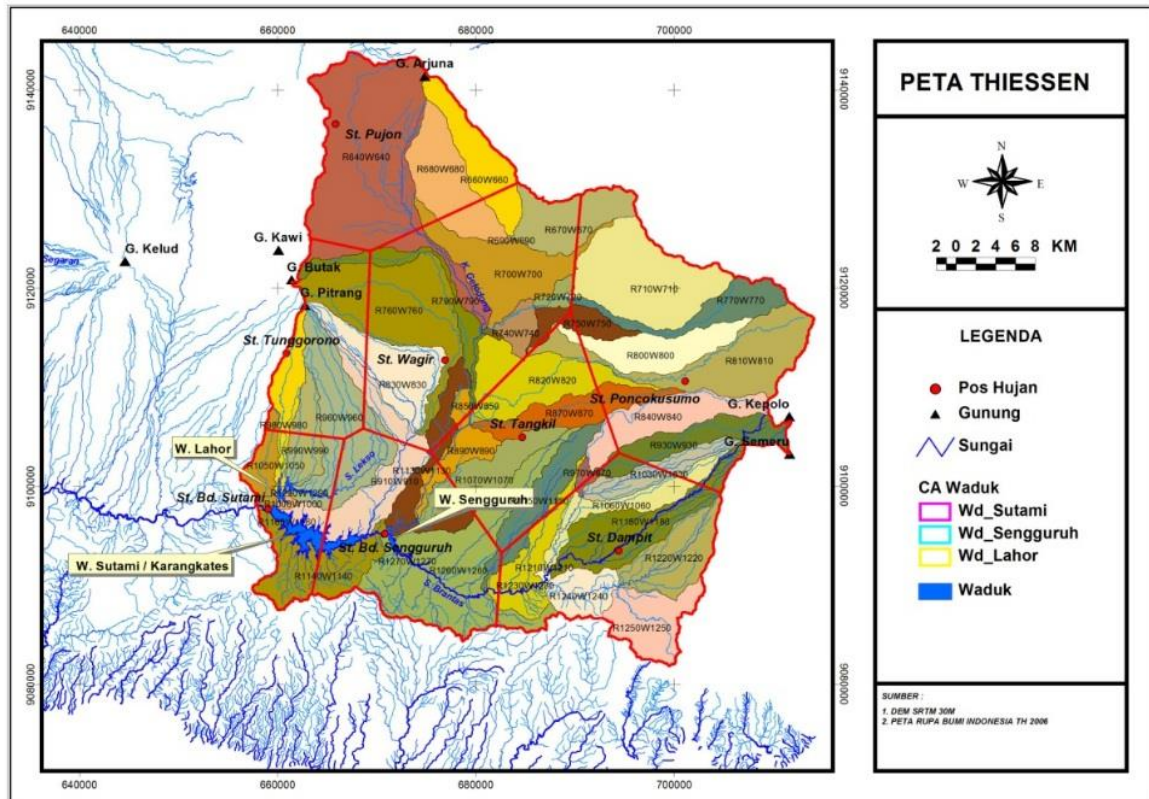
**Tabel 2** HSG untuk Kelas Tekstur Tanah USDA

HSG	Tekstur Tanah
A	Pasir, pasir bertanah liat, atau tanah liat berpasir
B	Tanah liat atau tanah liat berlanau
C	Campuran tanah liat dan lempung berpasir
D	Tanah liat berlempung, campuran tanah liat dan lempung berlanau, lempung berpasir, lempung berlanau, atau lempung

Sumber : SCS-USDA, 1986



**Gambar 1** Diagram Alir Metodologi



Sumber : Adidarma dan Tim, 2017

**Gambar 2** Peta Poligon Thiessen DAS Brantas Hulu

## HASIL DAN PEMBAHASAN

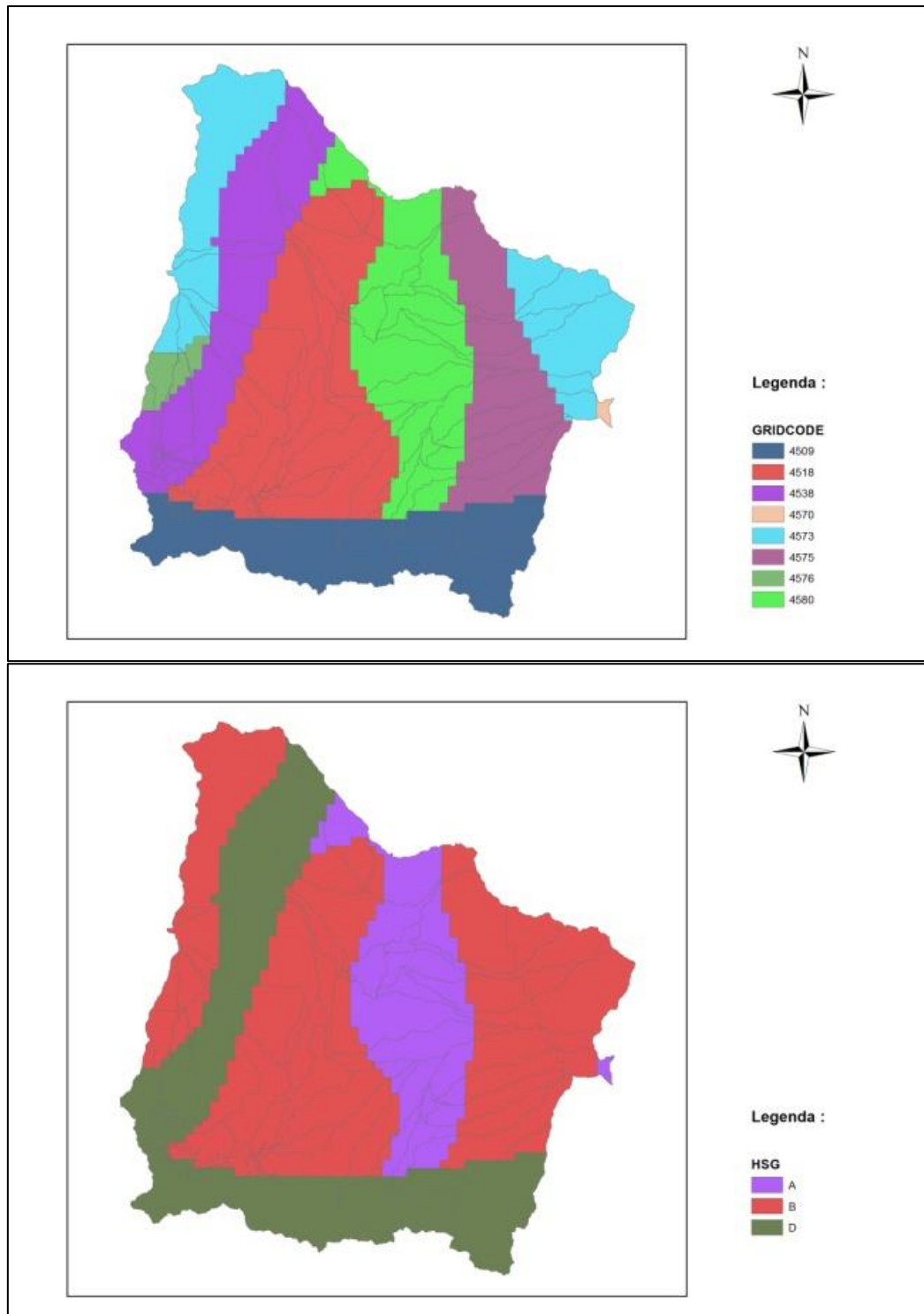
### Metode Kehilangan Air NRCS-CN

Metode ini digunakan pada DAS Brantas Hulu yang memiliki 45 sub DAS dengan titik outlet di Bendungan Sutami. Luas keseluruhan DAS Brantas Hulu sebesar 2052 Km<sup>2</sup>, meliputi: DAS Sengguruh (Waduk Sengguruh) sebesar 1659 Km<sup>2</sup> dan *remaining basin* Waduk Sutami sebesar 393 Km<sup>2</sup>, sedangkan luas DAS Lahor (Waduk Lahor) sebesar 160 Km<sup>2</sup>. Seiring dengan penambahan penduduk dan aktivitas manusia, banyak terjadi perubahan tata guna lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas terutama pada DAS Sengguruh, sehingga *inflow* dan *outflow* Waduk Sengguruh hampir sama (Pratama, 2010). Waduk Sutami memiliki interkoneksi dengan Waduk Lahor, namun debit yang masuk ke Waduk Sutami tidak besar yakni 17.64 m<sup>3</sup>/s sehingga pengaruh dari interkoneksi diabaikan. Peta tataguna lahan dan jenis tanah yang tersedia diolah dengan perangkat lunak berbasis GIS. Untuk menentukan kelas HSG perlu diketahui tekstur tanah sesuai dengan klasifikasi HSG USDA (lihat Tabel 2). Peta jenis tanah yang digunakan adalah HWSD sesuai dengan GRIDCODE terdapat jenis tanah dominan yang dapat diklasifikasikan langsung ke kelas HSG (lihat

Tabel 3 dan Gambar 3). Dari hasil tersebut dapat ditunjukkan bahwa pada DAS Brantas Hulu *Hydrologic Soil Group* (HSG) didominasi oleh kelas B dengan prosentasi mencapai 53,6% dari total luas DAS (lihat Tabel 4). Adapun hasil dari HSG yang dipublikasikan Windianita (2017) bahwa HSG dari litologi batuan didominasi juga oleh kelas B dengan prosentase lebih dari 50%, namun pola penyebaran HSG-nya berbeda dengan HSG yang didapatkan dari peta HWSD (lihat Gambar 3). Selain itu pengolahan peta HSG dari peta litologi batuan memiliki kekurangan yakni penentuan parameter secara kualitatif dan proses transfer peta litologi batuan yang panjang.

**Tabel 3** Klasifikasi Tanah DAS Brantas Hulu

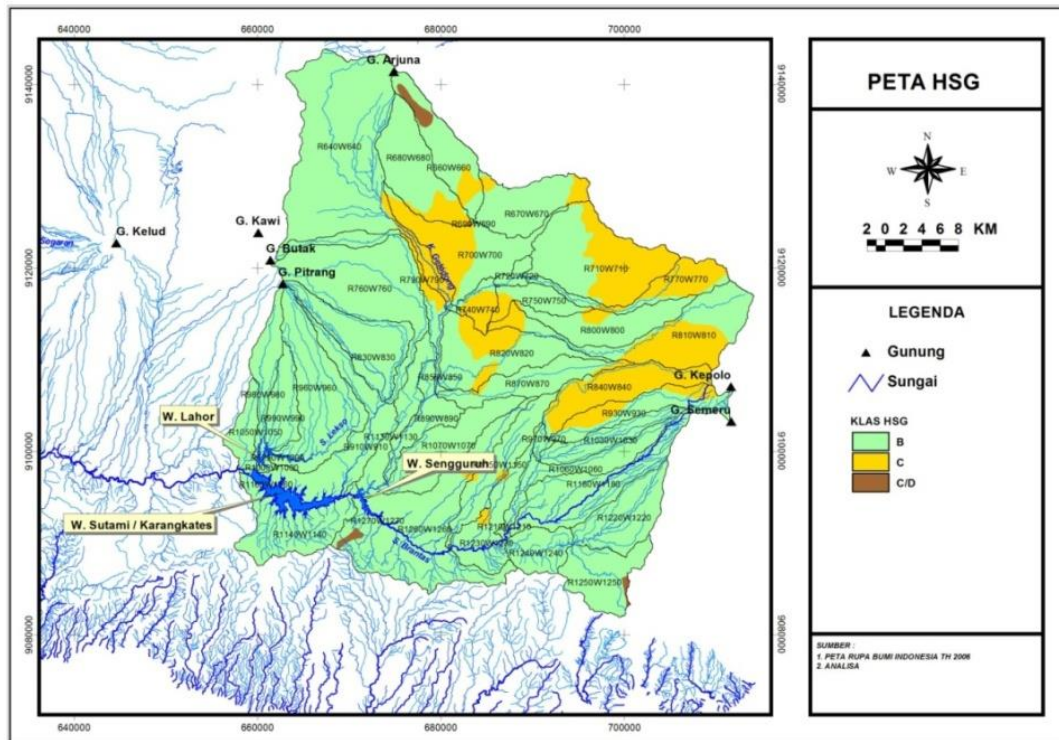
No.	Gridcode	Tanah Dominan	HSG
1	4509	lempung	D
2	4518	tanahliatberlanau	B
3	4538	lempung	D
4	4570	pasirbertanahliat	A
5	4573	tanahliatberlanau	B
6	4575	tanahliatberlanau	B
7	4576	tanahliatberlanau	B
8	4580	pasirbertanahliat	A



Sumber :Perhitungan denganPeta Tanah HWSD

**Gambar 3** Peta Jenis Tanah (atas) dan Peta HSG (bawah) DAS Brantas Hulu





Sumber : Windianita dkk, 2017

**Gambar 4** Peta HSG DAS Brantas Hulu dari Litologi Batuan

**Tabel 4** Presentase Kelompok HSG terhadap luas DAS Brantas Hulu

HSG	Prosentase Luas HSG dari DAS Brantas Hulu
A	16.7%
B	53.6%
D	29.7%

Kehilangan awal atau *initial abstraction* ( $I_a$ ) dalam penelitian digunakan dengan nilai  $\lambda$  yang bervariasi sesuai dengan kalibrasi pada tinggi muka air Bendungan Sutami hingga mendapatkan hasil yang terbaik. Nilai  $\lambda$  yang digunakan adalah 0,3; 0,2; 0,1; dan 0,05. Dalam pemodelan ini nilai CN tidak berubah dan kondisi kelengasan sebelumnya (AMC) menggunakan kondisi normal (AMC II) dan kondisi basah (AMC III), setelah itu hasil simulasi dibandingkan dengan nilai CN yang didapatkan dari peta litologi batuan.

#### Hasil Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan pada dua kejadian banjir, yaitu : (1) tanggal 21-25 Maret 2007, dan (2) tanggal 25-28 Desember 2007. Simulasi dilakukan dengan penentuan kelas HSG dari

konversi peta HWSO dan peta litologi batuan. Hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut :

Hasil kalibrasi yang dilakukan dengan penentuan kelas HSG dari peta HWSO pada bulan maret 2007 dengan elevasi awal 268,8 m, kondisi normal (AMC II) dengan nilai  $\lambda$  yang bervariasi dari 0,3 hingga 0,05 didapatkan nilai terbaik *Root Mean Square Error* (RMSE) = 0,55 dan beda tinggi 40% dengan nilai  $\lambda=0,2$  (lihat Tabel 6 dan Gambar 5), debit puncak yang didapatkan adalah 1139 m<sup>3</sup>/s (lihat Gambar 6). Adapun hasil kalibrasi yang paling tidak sesuai pada kondisi basah (AMC III) didapatkan dari nilai  $\lambda=0,2$  dengan hasil RMSE=2,35 dan beda tinggi mencapai 163% (lihat Tabel 7 dan Gambar 5), debit puncak mencapai 2121,9 m<sup>3</sup>/s lebih besar hingga seratus persen dari kondisi AMC II (lihat Gambar 6). Sedangkan hasil simulasi terbaik dengan penentuan kelas HSG dari peta litologi batuan (lihat Tabel 5; Gambar 9; dan Gambar 10) didapatkan pada kondisi kering (AMC I) nilai  $\lambda=0,1$  (RMSE=0,74 dan beda tinggi 64%), debit puncak 1367,9 m<sup>3</sup>/s.

Pada bulan desember 2007 dengan elevasi awal 263 m, hasil kalibrasi yang dilakukan dengan penentuan kelas HSG dari peta HWSO nilai terbaik RMSE = 0,65 dan beda tinggi 22% dengan nilai  $\lambda = 0,05$  pada kondisi AMC II (lihat Tabel 6 dan Gambar 7), dengan debit puncak

2161 m<sup>3</sup>/s (lihat Gambar 8), sedangkan pada kondisi AMC III hasil kalibrasi lebih besar dari kondisi AMC II, yaitu RMSE = 1,38 dan beda tinggi 40% (lihat Tabel 7 dan Gambar 7) dengan debit puncak 2649,2 m<sup>3</sup>/s (lihat Gambar 8). Sedangkan hasil simulasi terbaik dengan penentuan kelas HSG dari peta litologi batuan (lihat Tabel 5; Gambar 11; dan Gambar 12) didapatkan pada kondisi kering (AMC I) nilai  $\lambda=0,1$  (RMSE=1,45 dan beda tinggi 30%), debit puncak 2119,3 m<sup>3</sup>/s. Hasil RMSE secara keseluruhan dapat dilihat di Gambar 13, nilai RMSE yang mendekati nol yaitu  $\lambda = 0,2$  pada kondisi AMC II (Maret 2007) dan  $\lambda = 0,05$  pada kondisi AMC II (Desember 2007).

Hasil analisa dengan adanya Waduk Lahor dan Waduk Sengguruh pada model kalibrasi Waduk Sutami, metode NRCS-CN masih dapat digunakan. Hal ini dikarenakan *inflow* dan *outflow* Waduk Sengguruh sama, serta debit yg masuk lewat interkoneksi Waduk Lahor dan Sutami (17.64 m<sup>3</sup>/s) tidak sebanding dengan debit banjir maks 1139m<sup>3</sup>/s (Maret 2007) dan 2161m<sup>3</sup>/s (Desember 2007). Dari hasil kalibrasi yang didapatkan yaitu kondisi AMC II dengan lambda = 0,2 dengan elevasi awal 272,5 m dilakukan analisis hujan rencana 100 tahun. Sebagai contoh, dengan berbagai asumsi distribusi temporal menggunakan PSA 007 dan ARF 0,69 maka debit banjir yang diperoleh yaitu 1678,4 m<sup>3</sup>/s dan tinggi muka air 274 m.

**Tabel 5** Hasil Simulasi Bulan Maret 2007 dan Desember 2007 dengan Peta Litologi Batuan kondisi AMC I

Bulan	$\lambda$	TMA Maks (m)	Debit BanjirMaks (m <sup>3</sup> /s)	RMSE	Beda Tinggi
Maret 2007	0.1	272.24	1367.90	0.74	64%
Desember 2007	0.1	273.27	2119.30	1.45	30%

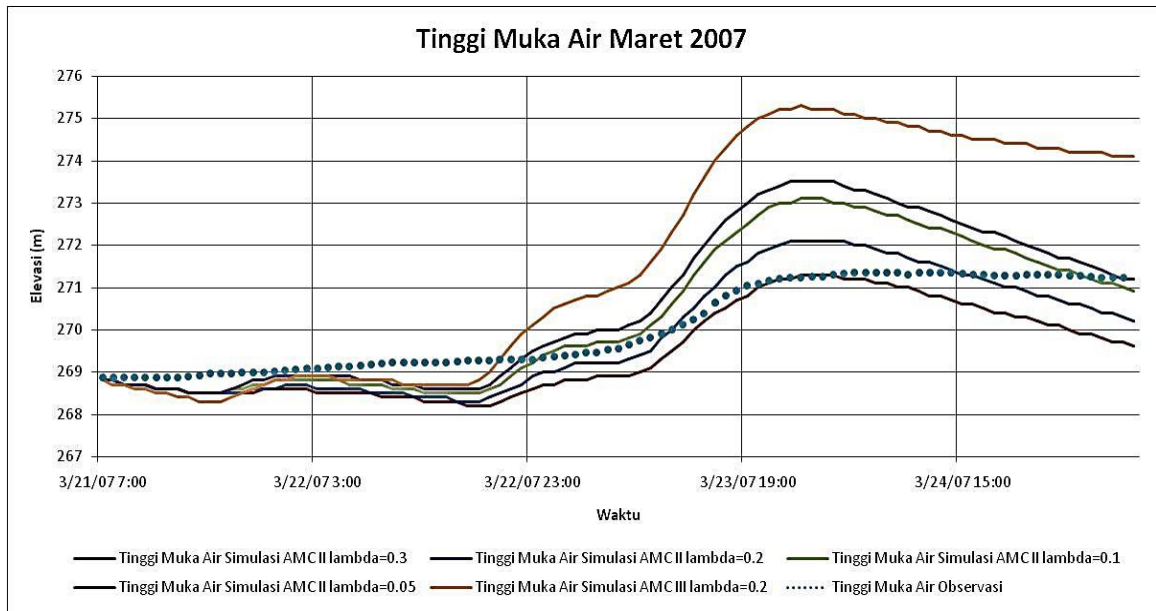
**Tabel 6** Hasil Simulasi Bulan Maret 2007 dan Desember 2007 dengan Peta Tanah HWSD kondisi AMC II

Bulan	$\lambda$	TMA Maks (m)	Debit BanjirMaks (m <sup>3</sup> /s)	RMSE	Beda Tinggi
Maret 2007	0.3	271.3	931.9	0.71	64%
	0.2	272.1	1139	0.55	40%
	0.1	273.1	1392.6	0.84	75%
	0.05	273.5	1533.6	1.05	91%
Desember 2007	0.3	270.8	1350.3	2.66	63%
	0.2	272.3	1743.8	0.91	30%
	0.1	272.8	2014.8	0.71	25%
	0.05	273.1	2161	0.65	22%

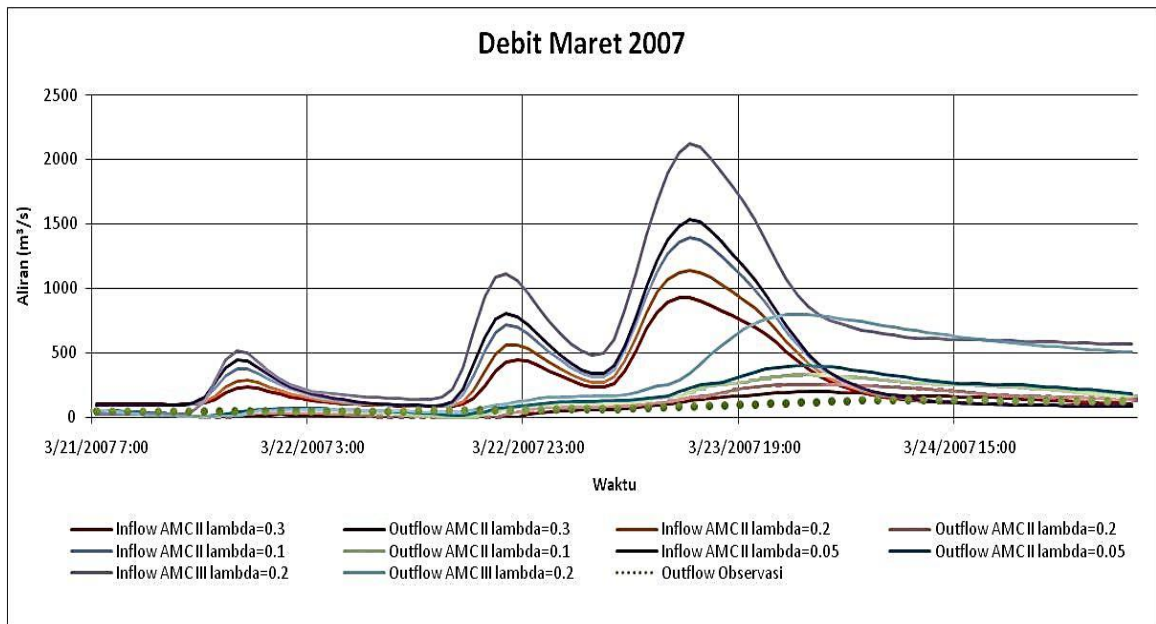
**Tabel 7** Hasil Simulasi Bulan Maret 2007 dan Desember 2007 dengan Peta Tanah HWSD kondisi AMC III

Bulan	$\lambda$	TMA Maks (m)	Debit BanjirMaks (m <sup>3</sup> /s)	RMSE	Beda Tinggi
Maret 2007	0.2	275.30	2121.90	2.35	163%
Desember 2007	0.2	273.40	2649.20	1.38	40%

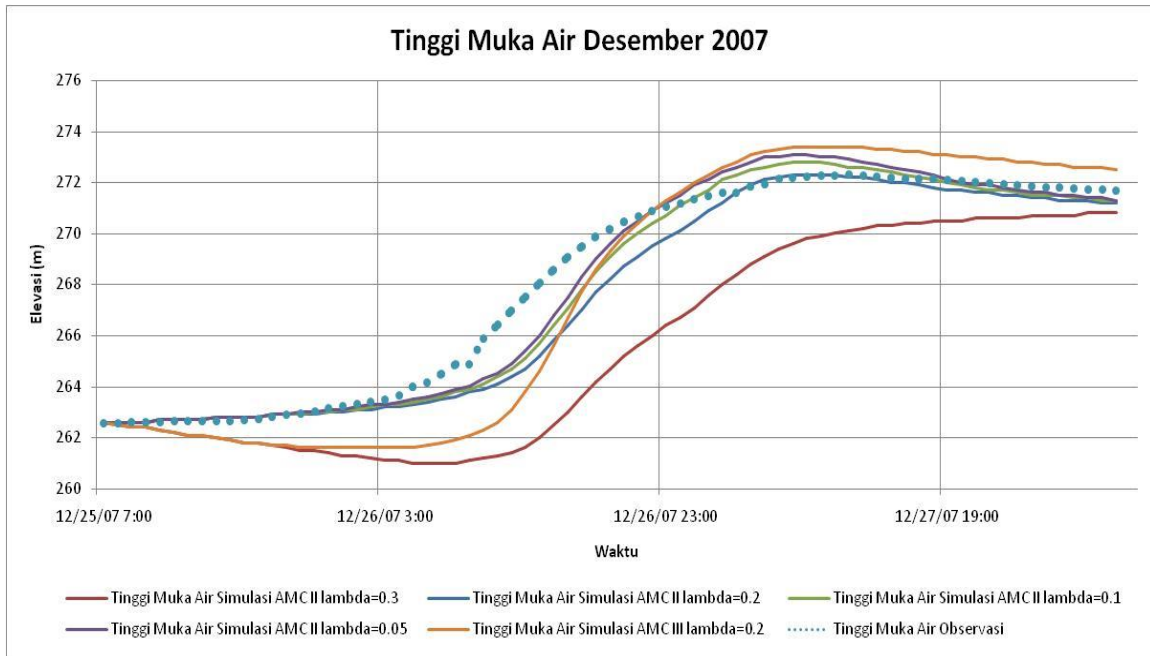




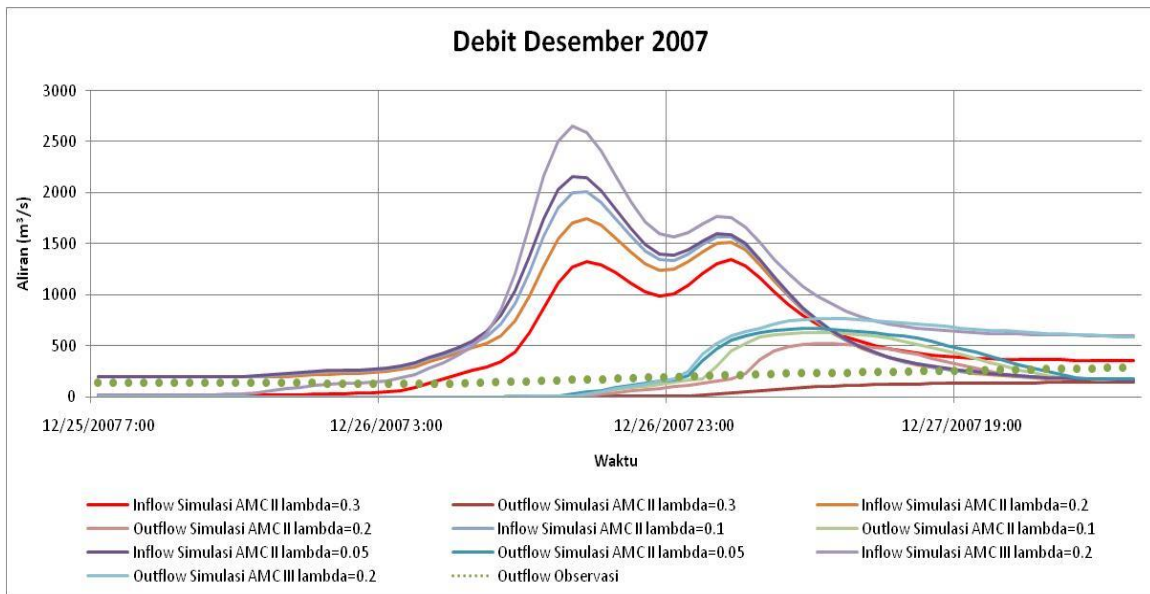
**Gambar 5** Tinggi Muka Air Bulan Maret 2007 dengan Penentuan Kelas HSG dari Peta HWSD



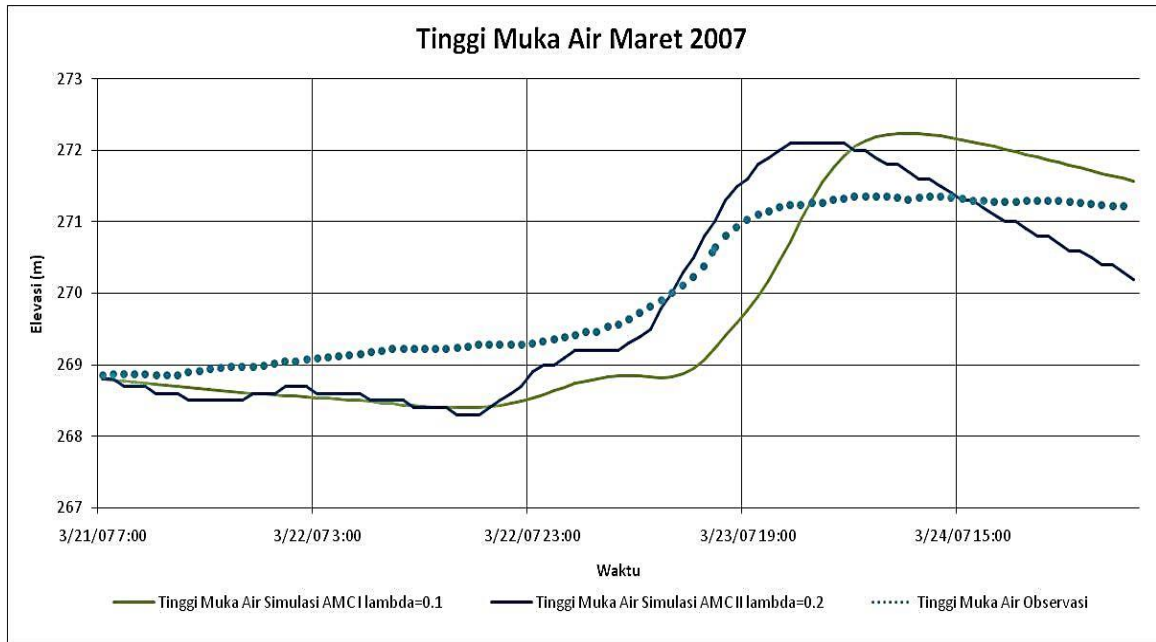
**Gambar 6** Debit Inflow dan Outflow Bulan Maret 2007 dengan Penentuan Kelas HSG dari Peta HWSD



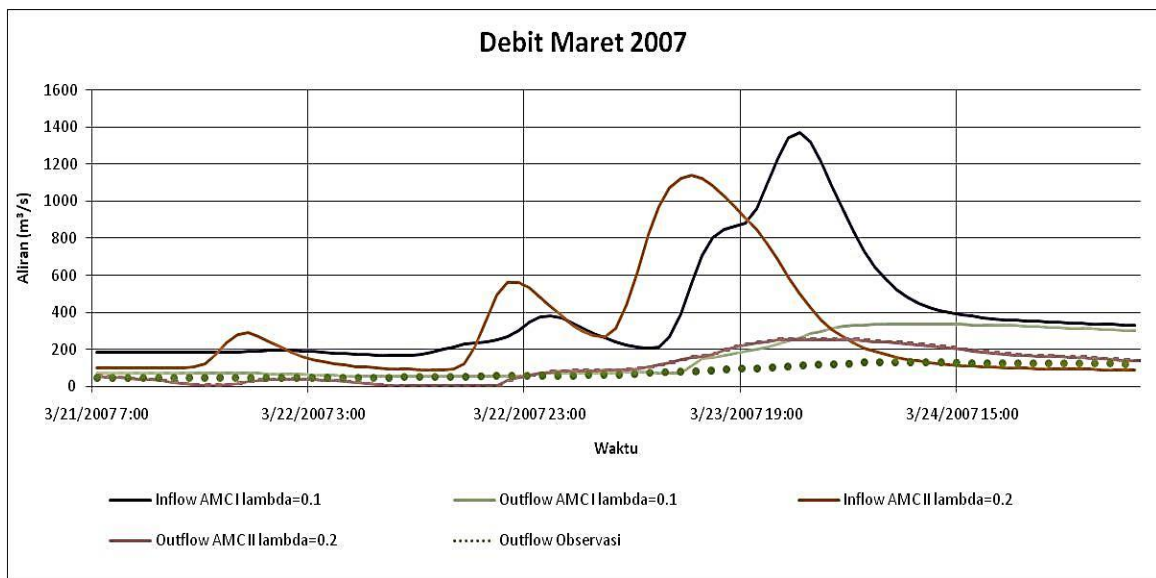
**Gambar 7** Tinggi Muka Air Bulan Desember 2007 dengan Penentuan Kelas HSG dari Peta HWSD



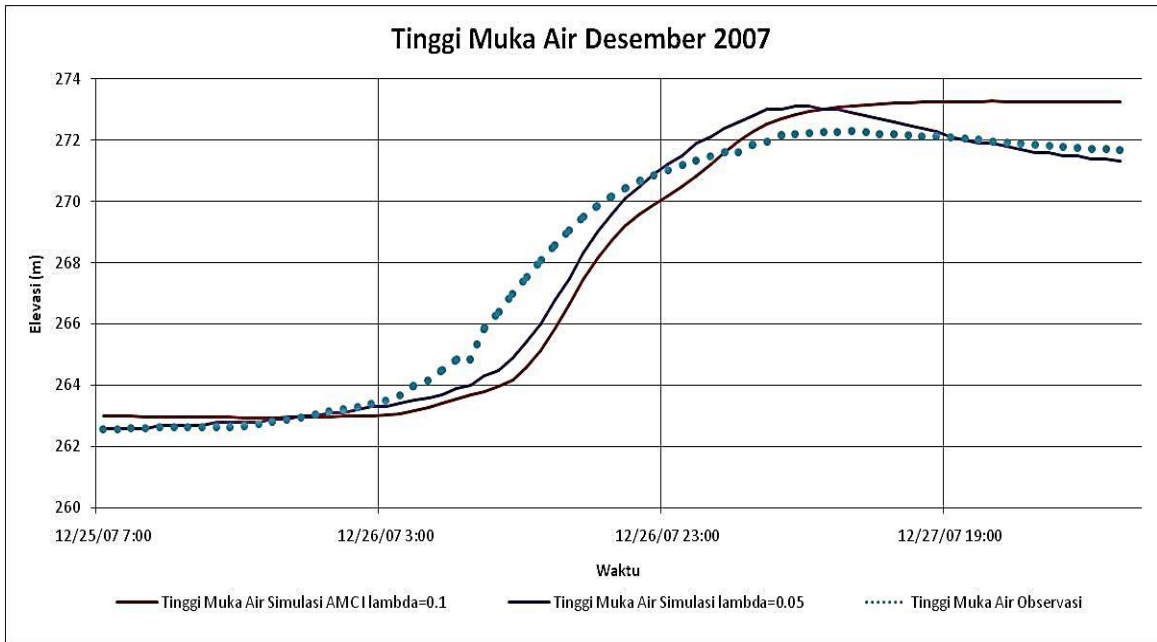
**Gambar 8** Debit Inflow dan Outflow Bulan Desember 2007 dengan Penentuan Kelas HSG dari Peta HWSD



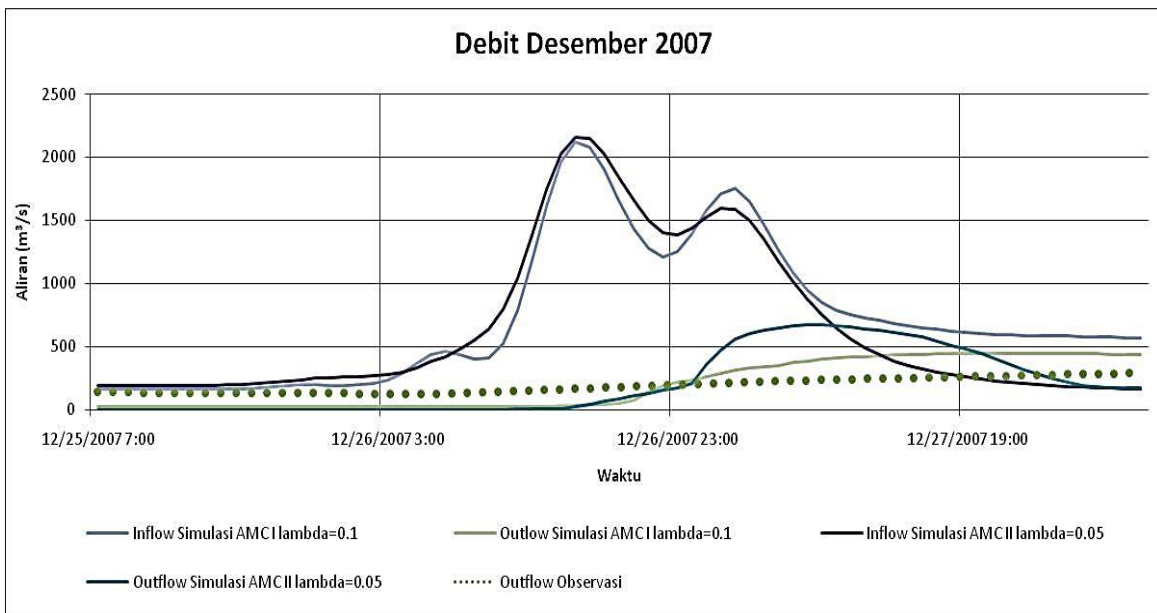
**Gambar 9** Tinggi Muka Air Bulan Maret 2007 dengan Penentuan Kelas HSG dari Peta HWSD dan Peta Litologi Batuan



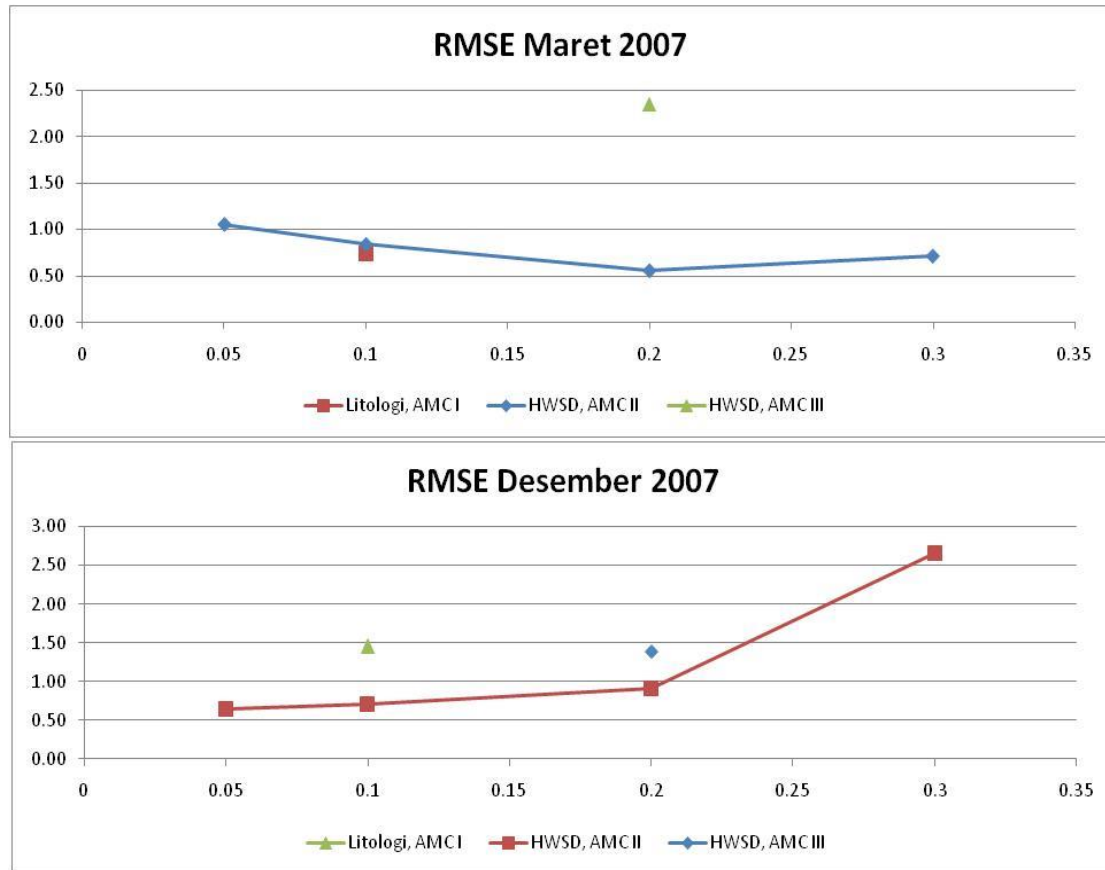
**Gambar 10** Debit Inflow dan Outflow Bulan Maret 2007 dengan Penentuan Kelas HSG dari Peta HWSD dan Peta Litologi Batuan



**Gambar 11** Tinggi Muka Air Bulan Desember 2007 dengan Penentuan Kelas HSG dari Peta HWSD dan Peta Litologi Batuan



**Gambar 12** Debit Inflow dan Outflow Bulan Desember 2007 dengan Penentuan Kelas HSG dari Peta HWSD dan Peta Litologi Batuan



**Gambar 13** Statistik RMSE Bulan Maret 2007 dan Desember 2007

## KESIMPULAN

Dari peta tanah HWS didapati jenis tanah lempung, tanah liat berlanau, dan pasir bertanah liat. Dari klasifikasi tekstur tanah USDA, kelompok HSG yang ada di DAS Brantas Hulu adalah kelompok D, B, dan A. Hasil kalibrasi terbaik dengan HSG dari peta HWS tanggal 21-25 Maret 2007 didapatkan dari kondisi normal (AMC II) dan  $\lambda=0,2$  dengan nilai RMSE = 0,55 dan beda tinggi 40%. Hasil kalibrasi terbaik tanggal 25-28 Desember 2007 didapatkan dari kondisi normal (AMC II) dan  $\lambda=0,05$  dengan nilai RMSE = 0,65 dan beda tinggi 40%. Peta jenis tanah dari HWS dapat digunakan sebagai peta dasar dalam pengelompokan HSG.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak terutama Ibu Wanny K. Adidarma beserta dosen TSDA Universitas Katolik Parahyangan dan PJT-I yang telah membantu sampai selesainya tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adidarma, W. K. 2013. Teknik Perhitungan Banjir Desain untuk Bendungan Menggunakan Metode NRCS. *Jurnal Teknik Hidraulik* November 2013, Balai Hidrologi dan Tata Air Puslitbang SDA.
- Adidarma, W. K., dan Tim. 2017. *Review Hidrologi Bendungan Sutami dan Lahor*. Malang: Perusahaan Umum Jasa Tirta I.
- Desmukh, D. S., U. C. Chaube, A. E. Hailu, D. A. Gudeta, M. T. Kassa. 2013. *Estimation and comparison of curve numbers based on dynamic land use land cover change, observed rainfall-runoff data and land slope*. *Journal of Hydrology* 492 (2013) 89–101.
- FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC, 2009. *Harmonized World Soil Database (version 1.1)*. FAO, Rome, Italy and IIASA, Laxenburg, Austria.
- Halik, Gusfan, N. Anwar, B. Santosa, Edijatno. 2013. Model Ketersediaan Air di Waduk Sutami Akibat Perubahan Iklim (052a). *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7) Universitas Sebelas Maret (UNS) - Surakarta, 24-26 Oktober 2013*.

- Mishra, S. K., S. Gajbhiye, A. Pandey. 2013. Estimation of design runoff curve numbers for Narmada watersheds (India). Department of Water Resource Development & Management, IIT Roorkee, Roorkee 247 667, India.
- Mishra, S. K., V. P. Singh. 2003. *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*. Springer Science+Business Media Dordrecht [DOI 10.1007/978-94-017-0147-1]
- Natural Resources Conservation Service. 2009. *National Engineering Handbook, Chapter 7, Hydrologic Soil Group*. National Engineering Handbook. Engineering Division, US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Pratama, S. Y. 2010. Studi Optimasi Operasional Waduk Sengguruh untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Shadeed, S., M. Almasri. 2010. *Application of GIS-based SCS-CN method in West Bank catchments, Palestine*. Water Science and Engineering, 2010, 3(1): 1-13[doi:10.3882/j.issn.1674-2370.2010.01.001].
- Soil Conservation Service, United States Department of Agriculture (SCS-USDA). 1986. *Urban Hydrology for Small Watersheds*. Washington, D. C.: U. S. Government Printing Office.
- Triatmodjo, B. 2008. Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Windianita, K., W. K., Adidarma, D. Ardianto, Djuhariyono, T. Winari. 2017. Pemodelan Banjir Waduk Sutami Menggunakan HEC-HMS. Pertemuan Ilmiah Tahunan PIT XXXIV HATHI – Jayapura Papua, 8- 10 September 2017.
- Woodward, Donald E., Richard H. Hawkins, Ruiyun Jiang, Allen T. Hjelmfelt, Jr., Joseph A. Van Mullen, Quan D. Quan. 2001. *Runoff Curve Number Method: Examination of The Initial Abstraction Ratio*. USDA, Natural Resources Conservation Services, Tucson AZ.