

ESTIMASI LIMPASAN PERMUKAAN DARI DATA SATELIT UNTUK MENDUKUNG PERINGATAN DINI BAHAYA BANJIR DI WILAYAH JABODETABEK (SATELLITE BASED SURFACE RUNOFF ESTIMATION FOR SUPPORTING THE FLOOD EARLY WARNING SYSTEM IN JABODETABEK)

Parwati Sofan¹, Nur Febrianti, Indah Prasasti
Peneliti Bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana Alam, Lapan
¹e-mail: parwati@lapan.go.id
Diterima 1 April 2014; Disetujui 29 April 2014

ABSTRACT

The study about runoff estimation based on soil moisture conditions was conducted using remote sensing data i.e., Landsat and Tropical Rainfall Measurement Mission during flood period January – February 2013) in Jakarta and its surroundings area. The Landsat data used to analyze the landcover/landuse which one of the basin characteristics. In this study, the TRMM has ability for representing the regional rainfall as 62.5 %. The *Curve Number-Soil Conservation Service* (CN-SCS) method was used in this study to estimate the runoff. The results of runoff estimation was shown in hydrograph unit in order to know when the flood will occur. The antecedent soil moisture condition in wet condition showed the best hydrograph unit. It had the peak point in January 17th 2013 exactly same with the time when the flood occurred in Jakarta and the surroundings area. This model has a good potential to be used as a flood early warning system. Spatially, the overall accuracy of the flood identification in Jakarta region compared with the flood map produced by Disaster Management Berau was 43 % with the *producer's accuracy* 96 %, and *user's accuracy* 42 %.

Key Words: *Flood, TRMM, Landsat, CN-SCS, Runoff, Jabodetabek*

ABSTRAK

Estimasi limpasan permukaan berdasarkan kondisi kelembaban tanah di wilayah Jakarta dan sekitarnya pada periode kejadian banjir, bulan Januari – Februari 2013 telah dilakukan berdasarkan data satelit penginderaan jauh Landsat dan *Tropical Rainfall Measurement Mission*. Data Landsat digunakan untuk menggambarkan jenis penutup/penggunaan lahan yang merupakan salah satu karakteristik daerah aliran sungai. Pada studi ini, data TRMM mampu merepresentasikan kondisi curah hujan wilayah sebesar 62.5%. Metode *Curve Number-Soil Conservation Service* (CN-SCS) digunakan untuk mengestimasi limpasan permukaan. Hasil estimasi limpasan permukaan ditunjukkan dalam bentuk satuan hidrograf, sehingga dapat diketahui kapan terjadinya banjir. Kondisi kelembaban tanah yang basah memberikan hasil hidrograf yang paling baik dimana pada studi ini diketahui bahwa puncak hidrograf terjadi pada tanggal 17 Januari 2013 yang bertepatan dengan kejadian banjir di wilayah Jakarta dan sekitarnya. Model hidrograf limpasan permukaan pada kondisi kelembaban tanah basah sangat berpotensi digunakan sebagai alat peringatan dini bahaya banjir. Secara spasial, akurasi keseluruhan wilayah Jakarta yang diidentifikasi banjir terhadap peta banjir yang dirilis oleh Badan Penanggulangan Bencana Nasional adalah sebesar 43 %, dengan *producer's accuracy* sebesar 96 %, dan *user's accuracy* 42 %.

Kata Kunci: *Banjir, TRMM, Landsat, CN-SCS, Limpasan permukaan, Jabodetabek*

1 PENDAHULUAN

Sebagai bagian dari daur hidrologi, limpasan permukaan (*surface runoff*) merupakan komponen yang sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya debit sungai. Limpasan permukaan berasal dari bagian dari curah hujan yang tidak masuk ke dalam tanah sehingga mengalir di permukaan, atau dari bagian curah hujan yang masuk ke dalam tanah yang jenuh air sehingga air tersebut ke luar ke permukaan dan mengalir di permukaan menuju tempat yang lebih rendah (Chow 1964, Seyhan 1977). Oleh Asdak (2002) limpasan permukaan disebutkan sebagai bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Perlunya informasi mengenai kondisi limpasan permukaan Daerah Aliran Sungai (DAS) di wilayah Jakarta-Bogor-Depok-Tangerang-Bekasi (Jabodetabek) dari waktu ke waktu menjadi sangat penting diketahui mengingat semakin tingginya frekuensi dan cakupan wilayah yang terkena bencana banjir sebagai bencana hidrometeorologi terbesar di wilayah tersebut (Badan Nasional Penanggulangan Bencana/BNPB, 2013).

Besarnya limpasan permukaan dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu faktor cuaca terutama curah hujan dan faktor karakteristik DAS yaitu bentuk dan ukuran DAS, topografi, geologi, dan jenis penggunaan lahan. Metode perhitungan limpasan permukaan dapat dilakukan melalui cara pengukuran di lapangan atau menggunakan pendekatan persamaan empiris. Pada analisis spasial yang meliputi wilayah yang cukup luas dengan karakteristik fisik, biologis, dan iklim yang bervariasi, maka penggunaan metode empiris mudah dilakukan dan efisien dalam waktu. Ada dua metode empiris untuk menghitung limpasan permukaan yang umum digunakan yaitu metode rasional (*U.S. Soil Conservation Service*, 1973) untuk mengestimasi besarnya puncak limpasan permukaan dan metode *Curve*

Number-Soil Conservation Service (CN-SCS) untuk memprediksi volume limpasan (*Soil Conservation Service*, 1972). Menurut Asdak (2002) kelemahan metode rasional adalah tidak dapat menerangkan hubungan curah hujan terhadap limpasan permukaan. Sementara itu, metode *Curve Number-Soil Conservation Servis* (CN-SCS) secara empiris menghubungkan antara karakteristik DAS seperti tanah, vegetasi, jenis penggunaan lahan dengan bilangan kurva limpasan permukaan (*runoff curve number*) yang menunjukkan potensi limpasan permukaan pada curah hujan tertentu (Asdak, 2002).

Metode CN-SCS ini telah banyak diaplikasikan untuk menghitung limpasan permukaan di beberapa DAS di Pulau Jawa, misalnya DAS Citarum (Djuwansah, 2010), DAS di wilayah Jakarta (Ria, 2008), DAS Ciliwung (Susanto dan Suwargana 2010, Suwargana 2010), DAS Citatih (Asri, 2012). CN dalam metode SCS merupakan parameter masukan (*input*) dasar dalam konsep pengembangan model hidrologi pada suatu DAS. Pemanfaatan model SCS untuk prediksi limpasan permukaan selain sederhana juga relatif akurat cukup dengan hanya menggunakan data curah hujan dan karakteristik DAS. Selain itu, metode SCS dapat digunakan untuk memprediksi limpasan permukaan pada DAS kecil maupun DAS besar, yakni dari luasan 25.000 ha hingga 259.000 ha (Pakasi, 2006). Sejauh ini dalam penerapan metode empiris CN-SCS digunakan data curah hujan dari stasiun meteorologi. Di Indonesia, perolehan data curah hujan secara numerik, harian, dan dalam cakupan area yang luas dari stasiun meteorologi aksesnya masih sulit didapatkan dan berbayar. Oleh karena itu, pemanfaatan data curah hujan yang diekstraksi dari data satelit penginderaan jauh menjadi alternatif solusi yang baik.

Pada penelitian ini, data curah hujan dari satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) digunakan

untuk estimasi kondisi kelembaban tanah untuk perhitungan limpasan permukaan. Umumnya kondisi kelembaban tanah diasumsikan normal, sehingga kondisi kering dan basah tidak diperhitungkan dalam mengestimasi besarnya limpasan permukaan. Oleh sebab itu akan dilakukan analisis pengaruh kondisi kelembaban tanah (kering, normal, dan basah) terhadap besaran limpasan permukaan. Limpasan permukaan yang terjadi pada daerah perkotaan yang tertutup oleh bahan material bangunan dapat menimbulkan genangan yang akan berdampak pada terganggunya aktivitas manusia.

Data TRMM memberikan informasi curah hujan setiap 3 jam dengan sensor gabungan antara *Precipitation Radar* (PR) dan *TRMM Microwave Imager* (TMI). Penelitian Mahlida (2013) menyatakan bahwa data TRMM harian mampu merepresentasikan data stasiun pengamatan curah hujan di lapangan dengan baik dengan akurasi mencapai di atas 70 % di wilayah Gunung Mas dan Katulampa, serta peluang deteksi hujan mencapai 80%. Vernimmen *et al.* (2012), Suryantoro *et al.* (2008) juga menemukan korelasi yang baik ($r = 0.8$) antara curah hujan TRMM dengan curah hujan pengamatan di wilayah Jakarta, Bogor dan Bandung. Melalui penggunaan data satelit TRMM maka diharapkan variasi kelembaban tanah secara spasial dan waktu dapat direpresentasikan.

Kejadian banjir di sebagian wilayah Jabodetabek dari tahun 2002 hingga tahun 2014 menimbulkan kerugian ekonomi yang cukup besar dan terindikasi makin meningkat intensitasnya (BNPB, 2014). Oleh karena itu, lokasi penelitian yang dipilih adalah wilayah Jabodetabek. Ada 2 tujuan yang ingin diperoleh dalam penelitian ini, yaitu:

- estimasi limpasan permukaan berdasarkan metode CN-SCS dari data curah hujan TRMM di wilayah Jabodetabek. Hasil estimasi limpasan permukaan secara *timeseries* akan diplotkan

dalam bentuk hidrograf, dimana hidrograf satuan mendeskripsikan bagaimana hujan efektif tersebut ditransformasikan menjadi limpasan langsung pada pelepasan (*outlet*) sebuah DAS. Prinsip hidrograf satuan dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan perencanaan banjir, mengisi data banjir yang hilang, dan memperkirakan banjir jangka pendek yang didasarkan pada curah hujan yang tercatat (Agus dan Hardihardaja, 2011).

- menganalisis pengaruh berbagai kondisi kelembaban tanah (kering, normal, basah) dari data curah hujan TRMM terhadap besaran limpasan permukaan yang dihasilkan terutama pada kasus kejadian banjir di DKI Jakarta.

2 METODOLOGI

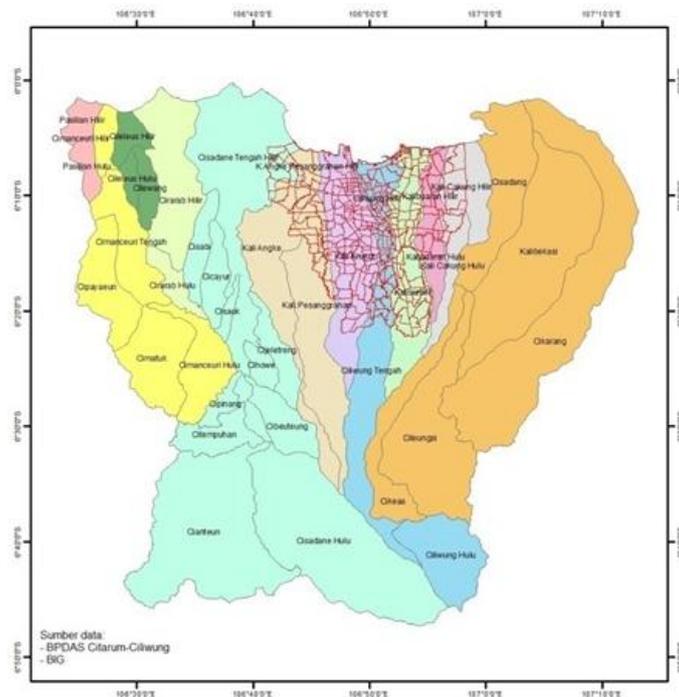
2.1 Data

Data satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah Landsat 7 ETM+ SLC *off* dari NASA dengan pertimbangan untuk mengetahui efektifitas pemanfaatan data SLC *off* yang dimosaik dengan data dari akuisisi yang lain untuk analisis penutup penggunaan lahan. Wilayah kajiannya adalah Jabodetabek yang dapat diakuisisi oleh satelit Landsat dengan 2 lintasan *path/row*, yaitu 122/064 dan 122/065. Untuk meminimalisir efek SLC *off* dan liputan awan pada data Landsat maka digunakan *software Frame and Fill* dari NASA Goddard Space Flight Center yang dapat diakses secara gratis dari website USGS *Global Visualization Viewer* (GLOVIS) web site (<http://glovis.usgs.gov/>).

Beberapa data landsat yang digunakan adalah (1) *path/row* 122/064 tanggal 27-07-2012, 30-07-2012, 31-08-2012, (2) *path/row* 122/065 tanggal 28-06-2012 dan 31-07-2012. Selanjutnya untuk mendapatkan citra wilayah Jabodetabek maka dilakukan proses mosaik citra. Contoh hasil citra Landsat 7 ETM+ dengan komposit RGB-542 sebelum dan sesudah proses *Frame and Fill* wilayah Jabodetabek dapat dilihat pada Gambar 2-1.



Gambar 2-1: Citra Komposit RGB-542 Landsat 7 ETM+ tahun 2012 sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) proses *Frame and Fill* di wilayah Jabodetabek



Gambar 2-2: Wilayah DAS di sekitar Jabodetabek

Selain data Landsat juga digunakan data satelit TRMM di wilayah Jabodetabek harian pada saat puncak musim hujan yang menyebabkan banjir besar di wilayah Jakarta yaitu pada periode bulan Januari-Februari tahun 2013. Jenis data TRMM yang digunakan adalah TRMM *Multisatellite Precipitation Analysis* (TMPA) Versi 7 3B42: *three-hourly combined microwave-1R estimates*. Data ini memuat parameter intensitas hujan dalam satuan mm/jam dengan resolusi temporal 3 jam. Data TRMM harian diperoleh dengan cara mengakumulasi data 3 jam. Data TRMM secara gratis dapat diunduh dari website

NASA. Data pendukung lainnya adalah data jenis tanah dari Peta Sistem Lahan skala 1:250.000 yang diperoleh dari BIG, batas DAS dari BPDAS Ciliwung-Citarum, serta nilai berdasarkan kelompok hidrologi tanah dan penutup penggunaan lahan di wilayah DAS Ciliwung juga dari BPDAS Ciliwung-Citarum. Wilayah studi pada penelitian ini meliputi 12 DAS di wilayah Jabodetabek, yaitu: Kali Bekasi, Kali Cakung, Kali Buaran, Kali Krukut, Kali Sunter, Cisadane, Ciliwung, Kali Angke Pesanggrahan, Cileuleus, Cirarab, Cimanceuri, dan Cipasilian (Gambar 2-2).

2.2 Metode Pengolahan

Pengolahan data dilakukan melalui beberapa tahapan yang meliputi: a. Pengolahan citra Landsat untuk pembaharuan penutup penggunaan lahan, b. Pengkelasan kelompok hidrologi tanah berdasarkan data jenis tanah dan tingkat infiltrasi tanahnya, c. Klasifikasi kelembaban tanah berdasarkan data curah hujan TRMM, perhitungan nilai sesuai kelompok hidrologi, kondisi kelembaban dan penutup penggunaan lahan, d. Perhitungan nilai limpasan permukaan, dan e. Uji statistik nilai limpasan permukaan berdasarkan kondisi kelembaban tanah. Secara rinci, masing-masing tahapan pengolahan data dijelaskan pada sub bab berikut.

a. Analisis Penutup Penggunaan Lahan

Pada analisis penutup penggunaan lahan dari data Landsat tahun 2012 digunakan teknik klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised*) dengan model ISODATA. Klasifikasi tidak terbimbing dengan metode ISODATA pada prinsipnya menghitung nilai rata-rata setiap kelas secara *iterative* dengan menggunakan teknik jarak minimum (*minimum distance*). Setiap iterasi melakukan perhitungan kembali nilai rata-rata dan mengklasifikasikannya kembali *pixel-pixel* dengan memperhatikan nilai rata-rata yang baru. Proses ini

terus berlanjut hingga jumlah *pixel* dalam setiap kelas berubah kurang dari batas perubahan *pixel* yang dipilih atau jumlah maksimum iterasi telah tercapai (Tou and Gonzales, 1974).

Pada awalnya kelas klasifikasi ditentukan sebanyak 100 kelas, selanjutnya dengan bantuan data citra resolusi tinggi yang diakses dari *Google Earth* setiap kelas diinterpretasikan jenis penutup penggunaan lahannya. Setelah itu dilakukan penggabungan hasil interpretasi masing-masing kelas menjadi 12 kelas penutup penggunaan lahan, yaitu: (1) Hutan, (2) Belukar, (3) Rumput, (4) Lahan Kosong, (5) Kebun Campuran, (6) Perkebunan, (7) Permukiman, (8) Industri, (9) Tegalan, (10) Sawah, (11) Pertambangan/Gunung Kapur, (12) Badan Air.

b. Pengkelasan Kelompok Hidrologi Tanah

Berdasarkan peta sistem lahan dari BIG, wilayah Jabodetabek memiliki jenis tanah *Distrandept*, *Vitrandept*, *Distropept*, *Eutropept*, *Hidraquent*, *Paleudult*, *Rendole*, *Tropaquept*, dan *Tropudalt*. Jenis-jenis tanah tersebut ditelaah lebih lanjut untuk melihat kelas tekstur tanahnya dan diasosiasikan tingkat infiltrasi tanahnya. Selanjutnya dilakukan pengkelompokkan kelas hidrologi tanah seperti Tabel 2-1.

Tabel 2-1: KELOMPOK HIDROLOGI TANAH (KHT) BERDASARKAN LAJU INFILTRASI TANAH (U.S. SCS, 1972 dalam Asdak, 2002)

Kelompok Tanah	Keterangan	Laju Infiltrasi (mm/jam)
A	Potensi limpasan permukaan paling kecil, termasuk tanah pasir dalam dengan unsur debu dan liat. Laju infiltrasi tinggi	8 - 12
B	Potensi limpasan permukaan kecil, tanah berpasir lebih dangkal dari A. Tekstur halus sampai sedang. Laju infiltrasi sedang.	4 - 8
C	Potensi limpasan permukaan sedang, tanah dangkal dan mengandung cukup liat. Tekstur sedang sampai halus. Laju infiltrasi rendah.	1 - 4
D	Potensi limpasan permukaan tinggi, dominasi tanah liat, dangkal dengan lapisan kedap air dekat. Infiltrasi paling rendah.	0 - 1

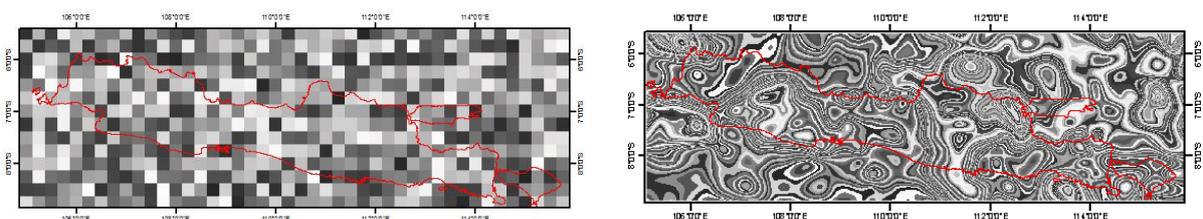
c. Klasifikasi Kelembaban Tanah Berdasarkan Data Curah Hujan TRMM

Pada pengolahan data TRMM dilakukan analisis penurunan skala (*downscaling*) dengan tujuan untuk menggambarkan variasi curah hujan wilayah dalam skala lokal. *Downscaling* resolusi spasial TRMM dari 27 km menjadi 1 km ini didasarkan oleh beberapa penelitian (Immerzeel *et al.* 2009, Jia *et al* 2011, Park 2013, Fang *et al* 2013, Chen *et al* 2014) yang menjelaskan bahwa data curah hujan TRMM yang telah ditingkatkan resolusi spasialnya menjadi 1 km mampu merepresentasikan karakteristik lingkungan di lapangan. Korelasi yang baik (0.6 – 0.8) didapatkan dengan menghubungkan hasil TRMM yang sudah ditingkatkan resolusi spasialnya dengan data curah hujan dari lapangan, kondisi DEM, dan tingkat kehijauan vegetasi.

Teknik *downscaling* yang digunakan dalam penelitian ini adalah interpolasi dengan metode *Minimum Curvature*. Metode *Minimum Curvature* untuk interpolasi spasial pertama kali dibangun oleh Briggs (1974). Pada prinsipnya metode ini menginterpolasikan

titik-titik yang dianalogikan dalam bidang elastik sehingga hanya sedikit lekukan yang terjadi. Metode ini semaksimal mungkin membuat permukaan yang halus sehingga bukan merupakan interpolator yang eksak (Keckler, 1994). Contoh hasil interpolasi spasial TRMM dengan metode *Minimum Curvature* dapat dilihat pada Gambar 2-3.

Pada tahap selanjutnya dilakukan penentuan nilai *Antecedent Soil Moisture Condition* (AMC) berdasarkan curah hujan TRMM. AMC merupakan keadaan kelembaban awal tanah yang dihitung dengan menjumlahkan curah hujan selama 5 hari sebelumnya, dimana terbagi menjadi tiga kondisi, yaitu kering, normal, basah (McCuen, 1982). Kategori AMC dapat dilihat pada Tabel 2-2. Pada pengolahan data akumulasi 5 hari sebelumnya untuk setiap tanggal pada periode Januari–Februari 2013 dilakukan dengan contoh sebagai berikut: analisis data tanggal 1 Januari 2013 merupakan hasil akumulasi dari data tanggal 28 Desember 2012 hingga 1 Januari 2013, selanjutnya untuk tanggal 2 Januari 2014 merupakan hasil akumulasi data tanggal 29 Desember 2013 hingga 2 Januari 2014.



Gambar 2-3: Data TRMM wilayah P. Jawa dengan resolusi spasial 27 km (kiri), dan hasil interpolasi *Minimum Curvature* dengan resolusi spasial 1 km (kanan)

Tabel 2-2: KATEGORI AMC BERDASARKAN CURAH HUJAN (CH) 5 HARI SEBELUMNYA (McCuen, 1982)

Kelas AMC	Total CH 5 hari sebelumnya (mm)	Keterangan
I	< 35.6	Kering
II	35.6 – 53.3	Normal
III	• 53.3	Basah

Tabel 2-3: NILAI BERDASARKAN PENUTUP PENGGUNAAN LAHAN DAN KELOMPOK HIDROLOGI TANAH (KHT) PADA KONDISI (Sumber: BPDAS Citarum-Ciliwung, 2008)

Penutup Penggunaan Lahan	KHT			
	A	B	C	D
Hutan	25	55	70	77
Semak/Belukar	36	60	73	79
Rumput/Lahan Kosong	39	61	74	80
Tegalan/Ladang	49	69	79	84
Kebun/Perkebunan	45	66	77	83
Permukiman	74	83	89	91
Gedung	98	98	98	98
Sawah Irigasi/Tadah hujan	61	73	81	84
Air tawar	100	100	100	100

d. Perhitungan nilai CN

Metode SCS mengembangkan sebuah index yang dikenal sebagai bilangan kurva (*Curve Number/CN*), yang merepresentasikan kombinasi efek hidrologi tanah, penutup penggunaan lahan, perlakuan lahan pertanian, kondisi hidrologi, dan (McCuen 1982). *Curve Number* juga menunjukkan potensi terjadinya limpasan dan bernilai antara 0-100, dimana semakin tinggi nilainya semakin tinggi potensi terjadinya limpasan. Nilai di wilayah Ciliwung-Citarum pada kondisi (normal) dapat dilihat pada Tabel 2-3.

Persamaan untuk menyesuaikan nilai CN dengan kondisi AMC_I dan AMC_{II} (Chow *et al*, 1988) adalah sebagai berikut:

$$CN_I = \frac{4.2 CN_{II}}{10 - 0.058 CN_{II}} \quad (2-1)$$

$$CN_{III} = \frac{23 CN_{II}}{10 + 0.13 CN_{II}} \quad (2-2)$$

Keterangan: CN_I , CN_{II} , CN_{III} merupakan bilangan kurva pada kondisi AMC_I , AMC_{II} , AMC_{III} .

e. Perhitungan Nilai Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan menurut metode SCS dalam Asdak (2002) adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{(1 - 0.25)^2}{1 + 0.8 S} \quad (2-3)$$

Keterangan:

Q = limpasan permukaan (mm),

I = curah hujan (mm),

S = perbedaan antar curah hujan dan limpasan permukaan (mm).

S menunjukkan potensi maksimum retensi setelah dimulainya *runoff*.

Persamaan (2-3) menunjukkan bahwa besarnya limpasan permukaan berkurang dengan meningkatnya air infiltrasi atau S . Besaran S dihitung berdasarkan formulasi sebagai berikut:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2-4)$$

f. Uji Statistik

Uji statistik yang digunakan adalah Tes Tukey yang bertujuan untuk mengevaluasi apakah nilai CN dan Q yang dihasilkan pada kondisi AMC_I , AMC_{II} , AMC_{III} sama dengan Q yang dihasilkan pada kondisi AMC_N . Test Tukey digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan nilai rata-rata dari suatu populasi terhadap populasi yang lain. Persamaan untuk menguji nilai rata-rata dalam Tes Tukey adalah (Ott, 1992):

$$q_s = (Y_A - Y_B)/SE \quad (2-5)$$

dimana, Y_A adalah nilai rata-rata populasi yang lebih tinggi, Y_B adalah nilai rata-rata populasi lain yang lebih rendah. SE adalah *standard error* data.

$$q = \text{range}/s \quad (2-6)$$

dimana, $\text{range} = \max_i (y_i) - \min_i (y_i)$; y_i = nilai pengamatan semua data; s = standart deviasi dari data ke-2. Jika $q_s > q$ maka nilai rata-rata ke-2 populasi berbeda nyata

Hipotesis yang digunakan adalah:

$$H_0 : \mu_I, \mu_{II}, \mu_{III} = \mu_N$$

$$H_1 : \mu_I, \mu_{II}, \mu_{III} \neq \mu_N$$

Kriteria pengambilan keputusan: Tolak H_0 jika $q_s > q$

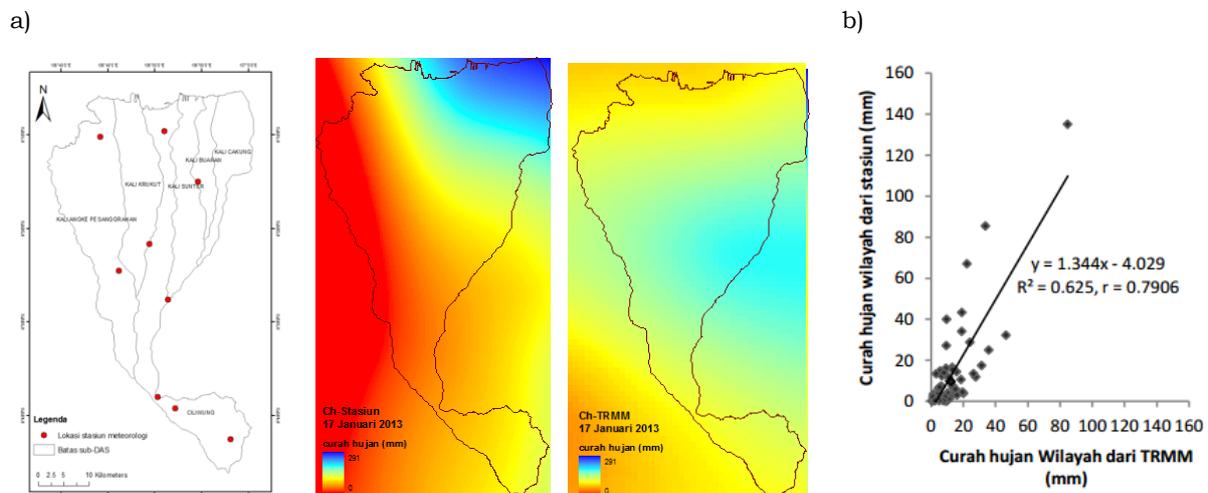
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hubungan Antara Curah Hujan Wilayah dari Data TRMM dan Observasi Lapangan

Untuk mengetahui korelasi curah hujan TRMM dengan curah hujan observasi dari data stasiun meteorologi maka dilakukan analisis regresi dan korelasi. Cakupan analisis data yang dianalisis adalah rata-rata wilayah dengan menggunakan metode aritmatika, yaitu dengan menjumlahkan nilai curah hujan untuk semua stasiun curah

hujan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun curah hujannya (Handoko, 1990). Pada penelitian ini untuk membandingkan data curah hujan TRMM digunakan data curah hujan dari 9 stasiun meteorologi yang berada di wilayah studi, yaitu stasiun Gadog, Gunung Mas, Katulampa, Cibinong, Universitas Indonesia, Sawangan, Cawang, Cengkareng, dan Kemayoran (Gambar 3-1a). Periode data yang digunakan adalah harian bulan Januari-Februari 2013. Analisis nilai rata-rata curah hujan TRMM cakupannya juga disesuaikan dengan cakupan wilayah stasiun meteorologi yang digunakan. Contoh hasil interpolasi spasial curah hujan dari data stasiun dan TRMM dapat dilihat pada Gambar 3-1a.

Hasil analisis regresi dan korelasi antara curah hujan wilayah dari data stasiun meteorologi dan TRMM sebanyak 60 data dapat dilihat pada Gambar 3-1b, dimana diperoleh koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.625 yang berarti 62.5% data TRMM dapat mewakili kondisi curah hujan wilayah. Nilai korelasi (r) diantara keduanya cukup baik yaitu sebesar 0.79. Hal ini menjadi dasar bahwa TRMM dapat digunakan untuk merepresentasikan curah hujan wilayah.



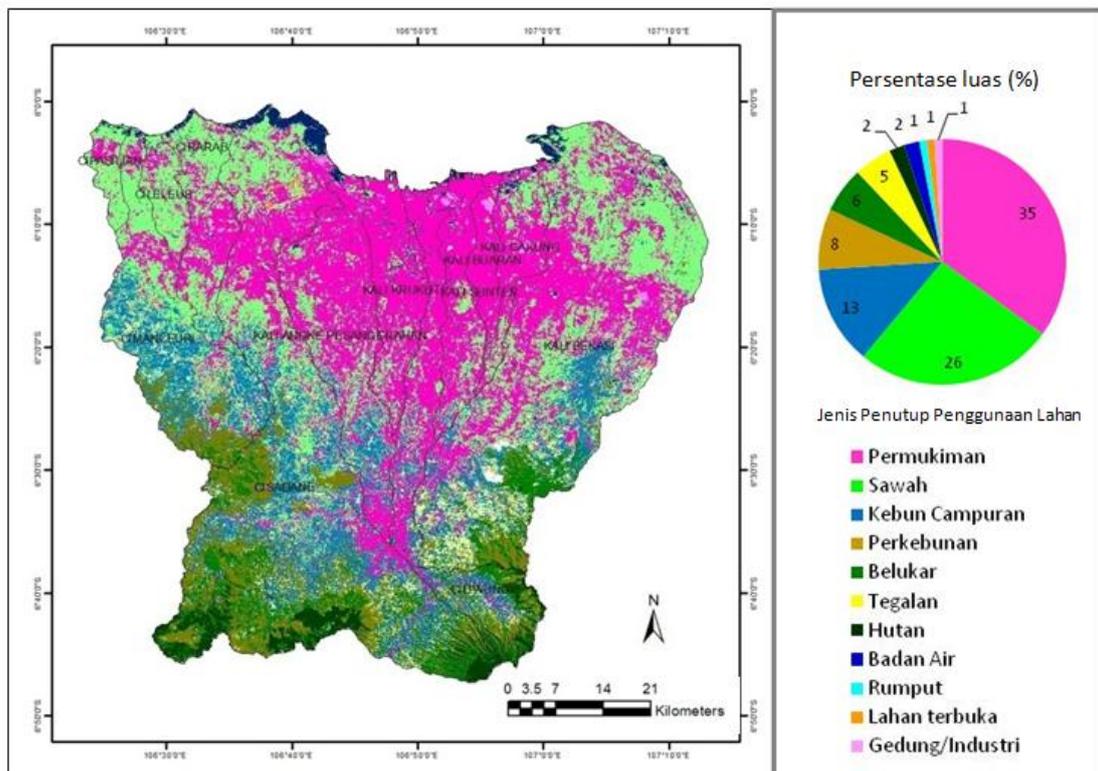
Gambar 3-1: (a) Sebaran lokasi stasiun meteorologi di wilayah studi serta contoh interpolasi spasial curah hujan stasiun dan TRMM, dan (b) diagram scatter plot antara curah hujan wilayah dari stasiun meteorologi dan dari TRMM periode Januari-Februari 2013

3.2 Penutup Penggunaan Lahan

Berdasarkan hasil analisis klasifikasi penutup penggunaan lahan dari data Landsat-7 ETM+ tahun 2012 di ke-12 wilayah DAS di Jabodetabek meliputi DAS Kali Bekasi, Kali Cakung, Kali Buaran, Kali Sunter, Kali Ciliwung, Kali Krukut, Angke Pesanggrahan, Cisadane, Cirarab, Cileleus, Cimanceuri, dan Cipasilian yang terlihat pada Gambar 3-2 dapat diketahui bahwa jenis penutup penggunaan lahan yang mendominasi wilayah tersebut adalah permukiman seluas 265320 ha (35 %), sawah 201132 ha (26 %), dan kebun campuran 101340 ha (13 %). Jenis penutup penggunaan lahan lain yang luasnya di bawah 10 % adalah perkebunan seluas 60963 ha (8 %), belukar 42445 ha (6 %), tegalan 40271 ha (5 %), hutan 19018 ha (2 %), badan air 17031 ha (2 %), dan rumput, lahan terbuka, industri masing-masing 1 % sekitar 4000 hingga 5000 ha. Berdasarkan hasil analisis akurasi dengan metode Congalton (1991) antara hasil klasifikasi penutup penggunaan

lahan dengan *training sample* yang dideliniasi dari data satelit resolusi tinggi dari Google Earth diketahui bahwa nilai akurasi (*overall accuracy*) hasil klasifikasi penutup penggunaan lahan adalah sebesar 68.8 %.

Hasil penutup penggunaan lahan di 12 DAS yang berada di wilayah Jabodetabek dapat dilihat pada Tabel 3-1. Jenis penutup penggunaan lahan permukiman umumnya masih mendominasi wilayah 6 DAS yaitu DAS Kali Cakung (64.9 %), Kali Buaran (89.7 %), Kali Sunter (74.7 %), Ciliwung (44.7 %), Kali Krukut (79.3 %), dan Kali Angke Pesanggrahan (64.5 %), dimana wilayah 6 DAS tersebut merupakan DAS yang berada di wilayah Ibukota DKI Jakarta. Sementara ke-6 DAS lainnya (Kali Bekasi, Cisadane, Cirarab, Cileleus, Cimanceuri, Cipasilian) yang berada di sekitar wilayah DKI Jakarta memiliki luas lahan tertinggi pada jenis lahan sawah. Wilayah DAS yang masih memiliki hutan adalah DAS Ciliwung dan Cisadane masing-masing sekitar 6-7 % dari luas DAS-nya.



Gambar 3-2: Hasil penutup penggunaan lahan dari data Landsat 7 ETM+ tahun 2012 di 12 DAS wilayah Jabodetabek

3.3 Hubungan Jenis Penutup Penggunaan Lahan dan Laju Infiltrasi Tanah

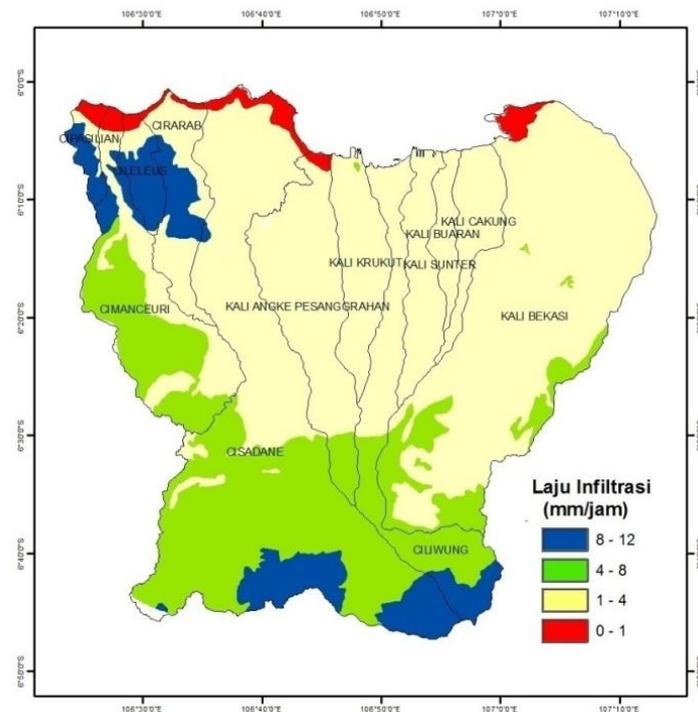
Berdasarkan data jenis tanah dari peta sistem lahan yang diperoleh dari BIG, dilakukan analisis pengelompokan hidrologi tanah serta laju infiltrasi tanahnya untuk menentukan potensi limpasan permukaan

(Gambar 3-3). Hasil analisis di 12 DAS wilayah Jabodetabek menunjukkan bahwa KHT tipe C dengan laju infiltrasi 1-4 mm/jam memiliki luasan tertinggi yaitu seluas 63.5 %, kemudian KHT tipe B (infiltrasi 4 – 8 mm/jam) seluas 26 %, dan tipe A (infiltrasi 8-12 mm/jam) seluas 8.4 %, KHT tipe D (infiltrasi 0-1 mm/jam) sebesar 2.1 %.

Tabel 3-1: HASIL PENUTUP PENGGUNAAN LAHAN TAHUN 2012 BERDASARKAN DATA LANDSAT 7 ETM+ di 12 DAS WILAYAH JABODETABEK

Jenis penutup penggunaan lahan	Persentase Luas (%) [*]											
	DAS 1	DAS 2	DAS 3	DAS 4	DAS 5	DAS 6	DAS 7	DAS 8	DAS 9	DAS 10	DAS 11	DAS 12
Hutan	0.1	0.0	0.0	0	6.2	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Belukar	4.8	0.0	0.0	0	9.5	0.0	0.0	11.6	0.0	0.0	1.7	0.0
Rumput	1.1	0.0	0.0	0.6	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	1.6	0.2
Lahan Terbuka	0.7	0.1	0.1	0.6	0.2	0.2	0.3	0.6	0.5	0.0	0.9	0.0
Kebun	11.5	0.0	0.0	1.9	13.0	0.6	8.9	18.1	3.5	1.1	31.3	1.4
Campuran	4.0	0.0	0.0	0	8.9	0.0	0.0	17.2	0.1	0.0	12.7	0.0
Perkebunan	32.0	64.9	89.7	74.7	44.7	79.3	64.5	17.4	40.2	23.8	11.8	19.9
Industri	0.8	2.4	3.5	1.3	0.9	0.8	0.4	0.4	1.4	0.3	0.3	0.0
Tegalan	7.3	0.2	0.0	1.2	5.8	0.7	2.2	6.1	1.5	2.5	7.7	2.7
Sawah	35.3	28.7	6.0	17.3	8.6	15.2	22.2	18.4	49.9	70.5	31.3	71.9
Tambang Kapur	0.4	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Badan Air	2.1	3.5	0.6	2.4	1.9	3.1	1.0	3.1	2.6	1.6	0.7	4.0

Keterangan *): DAS 1 = Kali Bekasi, DAS 2 = Kali Cakung, DAS 3 = Kali Buaran, DAS 4 = Kali Sunter, DAS 5 = Ciliwung, DAS 6 = Kali Krukut, DAS 7 = Angke Pesanggrahan, DAS 8 = Cisadane, DAS 9 = Cirarab, DAS 10 = Cileleus, DAS 11 = Cimanceuri, DAS 12 = Cipasilian



Gambar 3-3: Laju infiltrasi tanah berdasarkan jenis tanah

Tabel 3-2: PERSENTASE (%) LUAS WILAYAH BERDASARKAN LAJU INFILTRASI TANAH PADA JENIS PENUTUP PENGGUNAAN LAHAN DI 12 DAS WILAYAH JABODETABEK

Penutup Penggunaan lahan	Laju Infiltrasi			
	8 - 12 mm/jam (KHT A)	4-8 mm/jam (KHT B)	1-4 mm/jam (KHT C)	0-1 mm/jam (KHT D)
Hutan	63.4	36.0	0.5	0.1
Belukar	24.0	59.6	16.4	-
Rumput, Lahan terbuka	1.2	29.3	69.3	0.2
Kebun campuran, perkebunan	7.0	60.0	33.0	-
Permukiman	3.8	9.0	86.4	0.8
Industri	6.4	7.6	84.4	1.6
Tegalan	5.4	48.7	45.8	0.1
Sawah	8.8	9.9	78.0	3.3

Pada Tabel 3-2 dapat ditunjukkan bahwa pada KHT tipe C dengan laju infiltrasi 1-4 mm/jam didominasi oleh jenis penutup penggunaan lahan permukiman, industri, rumput/lahan terbuka, dan sawah lebih dari 70%. Oleh karenanya potensi limpasan aliran permukaan di 12 DAS wilayah Jabodetabek cukup tinggi pada jenis penutup penggunaan lahan permukiman, industri, rumput/lahan terbuka, dan sawah. Sementara hutan berada paling luas (63 %) pada jenis KHT A dengan laju infiltrasi 8-12 mm/jam dengan potensi limpasan permukaan yang sangat rendah. Begitu pula pada jenis penutup penggunaan lahan berupa semak belukar dan kebun/perkebunan yang dominan berada pada KHT tipe B (60 %) dengan laju infiltrasi 4-8 mm/jam dan potensi limpasan yang rendah.

3.4 Curva Number/ CN Berdasarkan Kondisi Kelembaban Tanah dan Jenis Penutup Penggunaan Lahan

Hasil ekstraksi nilai CN berdasarkan kondisi kelembaban tanah awal yang dianalisis dari akumulasi curah hujan selama 5 hari berturut-turut pada berbagai jenis penutup penggunaan lahan di 12 DAS wilayah Jabodetabek dapat dilihat pada Tabel 3-3. Secara statistik hasil uji Tukey dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha=0.05$) terhadap nilai CN untuk setiap

jenis penutup penggunaan lahan menunjukkan nilai CN yang berbeda nyata pada setiap kondisi kelembaban tanah awal (kering, normal, basah). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi kelembaban tanah awal sangat penting diperhitungkan dalam kalkulasi nilai CN , dimana biasanya pada perhitungan nilai CN dengan data penginderaan jauh, kelembaban tanah awal diasumsikan dalam kondisi normal dan terdistribusi merata di wilayah kajian (Trisakti *et al.* 2008; Susanto dan Nana, 2010; Suwargana, 2010).

Selain itu, pada Tabel 3-3 juga dapat ditunjukkan bahwa pada kondisi kelembaban tanah normal, potensi limpasan air permukaan terendah terdapat pada jenis penutup penggunaan lahan hutan (berkisar 38), sedangkan potensi limpasan air tertinggi terdapat pada penggunaan lahan industri (CN_{II} berkisar CN_{II} 91) dan permukiman dengan nilai CN_{II} berkisar 86. Hal ini berkaitan dengan tingkat infiltrasi yang tinggi pada jenis penutup penggunaan lahan hutan sehingga limpasan permukaan yang dihasilkan menjadi rendah, dan sebaliknya pada wilayah gedung, industri dan permukiman yang mempunyai tingkat infiltrasi rendah sehingga air yang dilimpaskan ke permukaan menjadi tinggi. Berdasarkan Tabel 3-2 diperoleh bahwa urutan jenis penutup penggunaan lahan yang mempunyai potensi limpasan

permukaan dari yang terendah hingga tertinggi adalah hutan, belukar, kebun/perkebunan, rumput/lahan terbuka, tegalan, tegalan, sawah, permukiman, industri.

Berdasarkan kondisi kelembaban tanahnya dapat dilihat bahwa semakin tinggi tingkat kelembabannya (basah), maka nilai *CN* yang dihasilkan semakin tinggi pula. Hal ini menunjukkan potensi limpasan permukaan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya kelembaban tanah. Sebagai contoh, pada Tabel 3-3 ditunjukkan bahwa nilai *CN* untuk jenis penutup penggunaan lahan permukiman pada kondisi kelembaban tanah kering berkisar 72, *CN* pada kelembaban tanah normal 85, dan kelembaban tanah basah adalah 92. Jenis penutup penggunaan lahan gedung, industri, atau permukiman masih mempunyai potensi limpasan yang tinggi pada kondisi kelembaban tanah kering dibandingkan dengan jenis penutup penggunaan lahan lainnya, namun dengan semakin tingginya tingkat kelembaban tanah akan meningkatkan potensi limpasan permukaannya.

Jika dilihat dari nilai standar deviasi yang dihasilkan, terlihat bahwa variasi nilai *CN* pada jenis penutup penggunaan lahan hutan, belukar, dan kebun/perkebunan masih mempunyai standar deviasi yang tinggi (> 10). Hal ini dapat disebabkan oleh adanya

kondisi hidrologi tanah yang berbeda pada jenis penutup penggunaan lahan yang sama. Sebagai contoh pada Tabel 3-3 ditunjukkan bahwa jenis penutup penggunaan lahan kebun/perkebunan memiliki variasi nilai yang tinggi baik pada kondisi kelembaban tanah kering, normal, maupun basah. Berdasarkan hasil analisis spasial, diketahui bahwa jenis penutup penggunaan lahan kebun/perkebunan di wilayah 12 DAS Jabodetabek tersebar pada Kelompok Hidrologi Tanah (KHT) tipe A, B, dan C. Pada Tabel 3-2 dapat dilihat bahwa persentase luas kebun/perkebunan pada wilayah KHT B adalah 60 %, sedangkan pada tipe KHT A dan C relatif jauh berbeda yaitu 7 % dan 33 %. Sementara pada jenis penutup penggunaan lahan permukiman yang relatif mempunyai standar deviasi yang rendah (< 4) pada tingkat kelembaban tanah yang berbeda ternyata berada umumnya berada pada jenis KHT C yaitu sebesar 86%, sedangkan pada jenis KHT A dan B relatif tidak jauh berbeda yaitu 4 % dan 9 %. Oleh karenanya selain kondisi kelembaban tanah awal yang ditentukan oleh akumulasi curah hujan 5 hari sebelumnya, pengaruh spasial distribusi lokasi jenis penutup penggunaan lahan terhadap laju infiltrasi tanah juga turut menentukan besarnya variasi nilai *CN*.

Tabel 3-3: HASIL PERHITUNGAN *CN* BERDASARKAN FORMULASI SCS PERIODE JANUARI-FEBRUARI 2013 DI 12 DAS WILAYAH JABODETABEK

Jenis Penutup Penggunaan lahan	Rata-rata (<i>mean</i> *)			Standar deviasi*)		
	<i>CN_I</i>	<i>CN_{II}</i>	<i>CN_{III}</i>	<i>CN_I</i>	<i>CN_{II}</i>	<i>CN_{III}</i>
Hutan	25.03 ^a	37.75 ^b	53.77 ^c	8.83	11.53	4.21
Belukar	38.45 ^a	59.74 ^b	71.56 ^c	5.00	10.16	8.35
Kebun Campuran, Perkebunan	57.45 ^a	66.47 ^b	71.97 ^c	11.03	10.88	15.71
Rumput, Lahan terbuka	52.01 ^a	72.10 ^b	83.84 ^c	5.07	2.82	2.90
Tegalan	54.24 ^a	72.12 ^b	83.67 ^c	8.02	4.75	3.81
Sawah	62.41 ^a	78.72 ^b	88.51 ^c	5.59	3.85	5.64
Permukiman	72.28 ^a	85.86 ^b	92.72 ^c	4.23	3.11	2.17
Industri	84.23 ^a	91.54 ^b	94.77 ^c	5.07	3.29	4.93

Keterangan *): *CN_I*, *CN_{II}*, *CN_{III}* merupakan bilangan curva number pada kondisi *AMC_I* (kering), *AMC_{II}* (normal), *AMC_{III}* (basah). Tanda huruf yang berbeda (a, b, c) pada nilai rata-rata menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara *CN_I*, *CN_{II}*, *CN_{III}* pada uji Tukey dengan tingkat kepercayaan $\alpha < 0.05$

3.5 Limpasan Permukaan (Q) Berdasarkan Kondisi Kelembaban Tanah dan Jenis Penutup Penggunaan Lahan

Secara statistik dilakukan uji Tukey dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha=0.05$) untuk menganalisis apakah ada perbedaan antara limpasan permukaan yang diestimasi berdasarkan kondisi AMC (AMC_I , AMC_{II} , AMC_{III}) dengan limpasan permukaan yang diestimasi AMC pada kondisi normal (AMC_N). Tabel 3-4 merupakan hasil uji Tukey terhadap nilai rata-rata Q yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata antara hasil estimasi Q_I , Q_{II} , Q_N pada selang kepercayaan 95 %. Pada Tabel 3-4 hasil tersebut ditunjukkan oleh abjad huruf kecil yang sama di atas nilai rata-rata Q , yaitu huruf *a*. Sementara itu, nilai Q_{III} secara signifikan terbukti berbeda nyata terhadap Q_I , Q_{II} , Q_N yang ditunjukkan dengan huruf abjad kecil berbeda di atas nilai rata-ratanya, yaitu huruf *abc*.

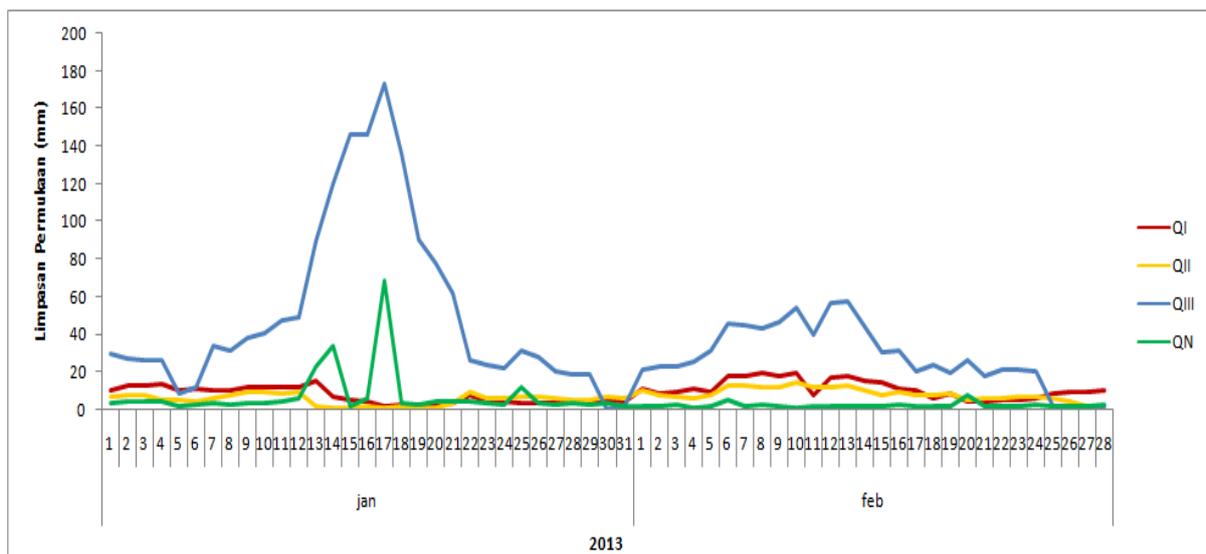
Secara *time series* pada Gambar 3-4 ditunjukkan grafik nilai Q harian periode bulan Januari – Februari 2013 berdasarkan berbagai kondisi AMC yang diekstrak di 12 wilayah DAS. Berdasarkan profil grafik dapat ditunjukkan bahwa hasil estimasi Q_{III} mempunyai profil yang paling baik untuk dapat mengidentifikasi adanya puncak

limpasan permukaan yang berpotensi menimbulkan banjir pada tanggal 17 Januari 2013. Sedangkan profil Q lainnya terutama Q_N masih kurang dapat menunjukkan adanya potensi banjir karena fluktuasi nilai Q lebih dinamis, sehingga peningkatan nilai Q hingga membentuk pola unimodal (1 puncak) tidak tergambarkan dengan baik dibandingkan dengan profil Q_{III} yang memberikan profil Q terbaik untuk analisis kejadian banjir.

Tabel 3-4: HASIL UJI TUKEY TERHADAP NILAI Q PADA BERBAGAI KONDISI AMC_I , AMC_{II} , AMC_{III} dan Q PADA KONDISI AMC NORMAL (AMC_N) PADA SELANG KEPERCAYAAN 95 %.

Q	Nilai rata-rata*)
Q_I	8.7 ^a
Q_{II}	6.4 ^a
Q_{III}	40.6 ^{b,c,d}
Q_N	5.1 ^a

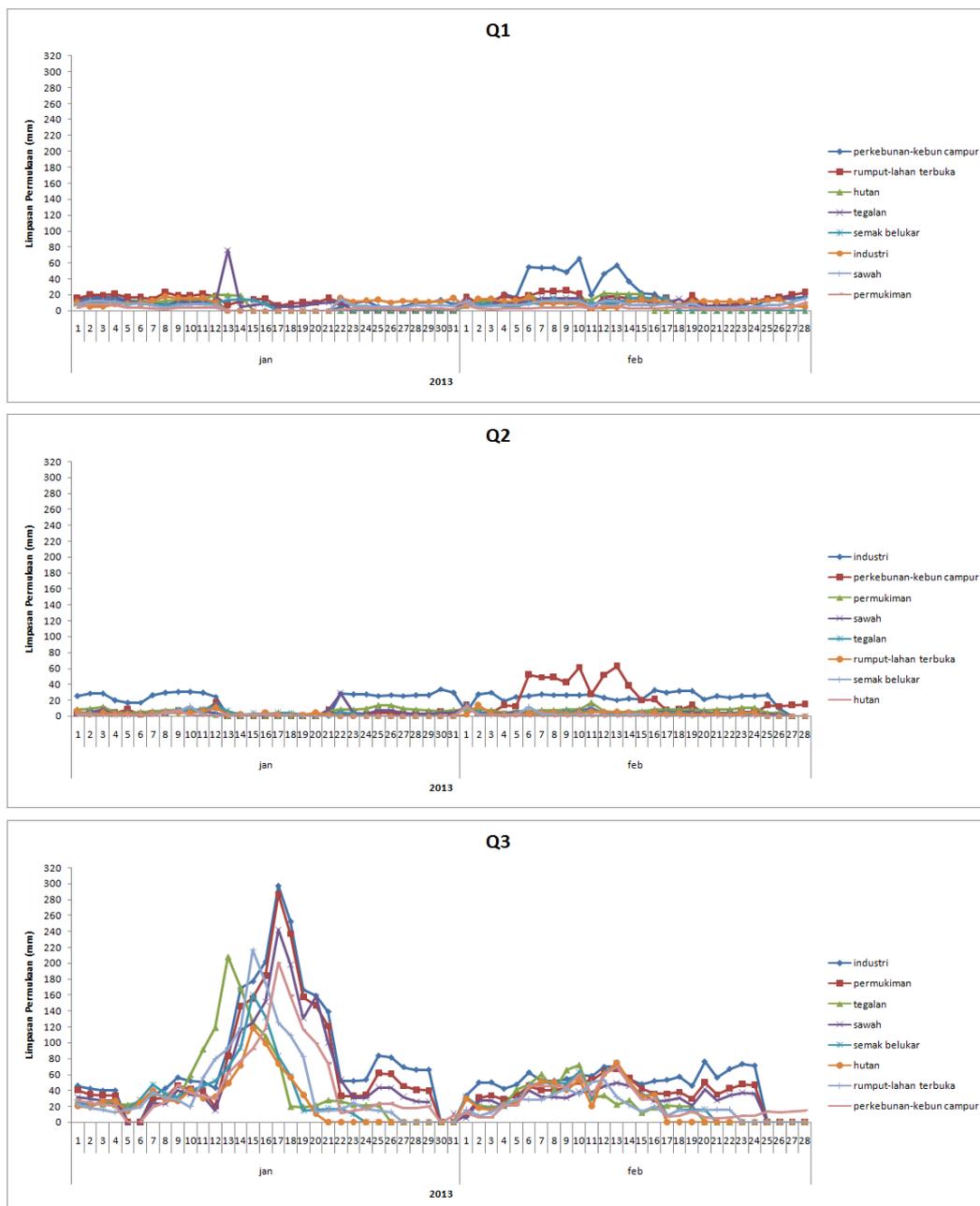
Keterangan *): Q_I , Q_{II} , Q_{III} merupakan bilangan curva number pada kondisi AMC_I (kering), AMC_{II} (normal), AMC_{III} (basah). Tanda huruf yang berbeda (b, c, d) pada nilai rata-rata menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara Q_{III} dengan Q_I , Q_{II} , Q_N pada uji Tukey dengan tingkat kepercayaan $\alpha < 0.05$.



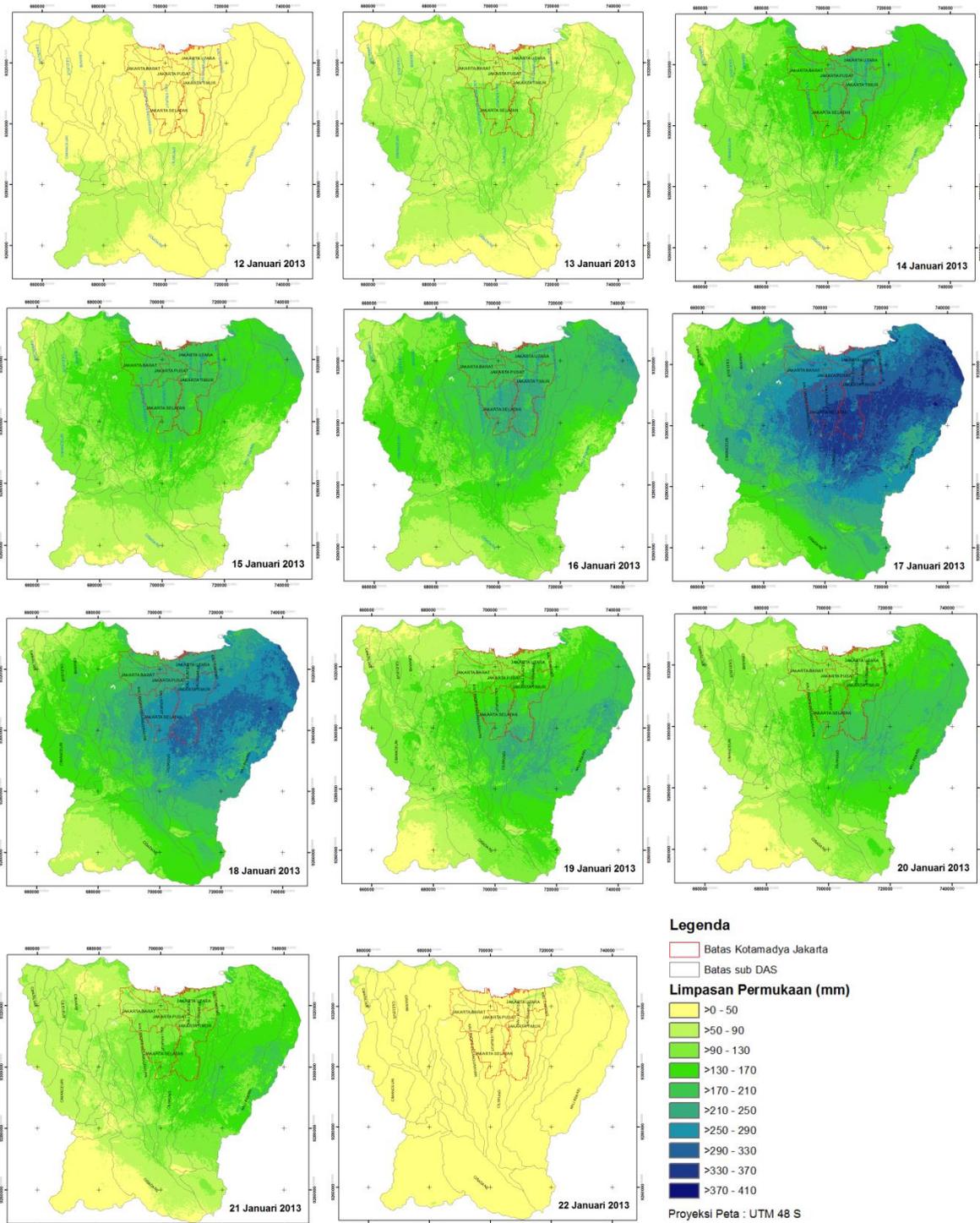
Gambar 3-4: Grafik hidrograf limpasan permukaan time series harian periode Januari – Februari 2013 dari nilai rata-rata di wilayah studi (12 DAS) pada berbagai kondisi AMC

Hasil ekstraksi harian limpasan permukaan periode bulan Januari – Februari 2013 pada setiap jenis penutup penggunaan lahan yang ditunjukkan pada Gambar 3-5 terlihat bahwa limpasan permukaan yang tinggi terjadi pada kondisi AMC basah (Q_{III}), dimana secara *time series* terdapat peningkatan limpasan permukaan mulai tanggal 13 Januari 2013 hingga mencapai puncaknya pada tanggal 17 Januari 2013, selanjutnya menurun hingga tanggal 22 Januari 2013. Pada periode

tanggal 13 - 22 Januari 2013 umumnya nilai Q_I dan Q_{II} berada dalam nilai minimum bahkan mencapai nol, yang berarti bahwa kondisi AMC pada periode tersebut adalah dominan basah. Berdasarkan hasil analisis fluktuasi grafik *time series* Q_{III} dapat dijelaskan bahwa banjir sangat berpotensi terjadi pada saat limpasan permukaan meningkat hingga berada pada posisi nilai puncak yaitu pada tanggal 17 Januari 2013.



Gambar 3-5: Grafik hidrograf limpasan permukaan harian pada saat AMC kering (Q_I), normal (Q_{II}), dan basah (Q_{III}) pada setiap jenis penutup penggunaan lahan di wilayah studi (12 DAS) periode Januari – Februari 2013



Gambar 3-6: Hasil estimasi limpasan permukaan secara spasial di wilayah studi pada periode tanggal 12 – 22 Januari 2013

Secara spasial hasil estimasi Q harian di wilayah studi dapat dilihat pada Gambar 3-6, terutama pada saat sebelum Q meningkat (12 Januari 2013), Q mulai meningkat (13 Januari 2013), Q mencapai nilai puncak (17 Januari 2013), hingga Q menurun pada 22 Januari 2013. Pada Gambar 3-4 dapat dilihat bahwa pada tanggal 17 Januari

2013, wilayah yang mempunyai nilai Q tinggi (warna biru) terdapat di wilayah hilir DAS Kali Bekasi, DAS Cakung, DAS Buaran, DAS Kali Sunter, DAS Ciliwung, DAS Kali Krukut, dan Kali Angke Pesanggrahan. Estimasi nilai Q maksimum terlihat berada di wilayah DKI Jakarta (batas garis merah) dan sekitarnya. Pada tanggal 17 Januari

2013, nilai rata-rata di setiap jenis penutup penggunaan lahan adalah sekitar 298 mm (wilayah industri), 287 mm (permukiman), sawah (242 mm), 200 mm (kebun campuran/perkebunan), 125 mm (rumpun, lahan terbuka), 83 mm (semak belukar), 81 mm (tegalan), dan 74 mm (hutan).

3.6 Akurasi Model Limpasan Permukaan

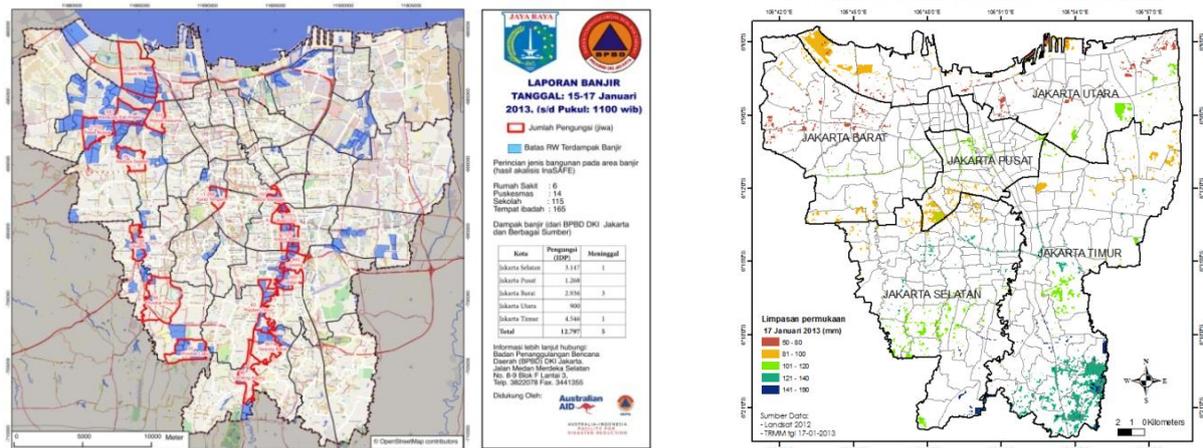
Dalam rangka mengetahui akurasi hasil estimasi limpasan permukaan, maka dilakukan analisis akurasi berdasarkan metode Congalton (1991), dimana hasil spasial limpasan permukaan dibandingkan dengan informasi wilayah yang terkena banjir yang dihasilkan oleh BNPB, terutama pada kejadian banjir tanggal 17 Januari 2013. Hasil estimasi limpasan permukaan pada tanggal 17 Januari 2013 diolah menjadi bentuk kontur sehingga dihasilkan wilayah-wilayah yang terkonsentrasi dengan nilai limpasan permukaan antara 50-80 mm, 81-100 mm, 101-120 mm, 121-140 mm, dan 141-190 mm. Wilayah-wilayah tersebut diasumsikan berpotensi mengalami banjir pada tanggal 17 Januari 2013. Sementara itu, pemetaan daerah banjir oleh BNPB adalah berdasarkan batas administrasi wilayah RW, sehingga lokasi terjadinya bencana banjir di lapangan masih relatif global (Gambar 3-7). Perbandingan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan tumpang susun antara poligon daerah banjir/ bukan banjir pada peta banjir BNPB

sebagai peta referensi dengan daerah banjir hasil model CN-SCS. Hasil tumpang susun untuk analisis akurasi pemodelan daerah banjir dapat dilihat pada Tabel 3-5.

Deskripsi statistik sederhana untuk menghitung nilai akurasi adalah dengan membagi jumlah data yang benar (jumlah data pada diagonal utama) dengan total data keseluruhan, hasil nilainya disebut dengan akurasi keseluruhan (*overall accuracy*). Akurasi untuk mengukur probabilitas sebuah data referensi yang dapat diklasifikasikan secara benar/tepat oleh model disebut dengan *produser's accuracy*. Sedangkan akurasi untuk menghitung probabilitas suatu data yang terklasifikasi oleh model yang merepresentasikan kondisi di lapangan disebut *user's accuracy/reliability* (Story dan Congalton, 1986; Congalton 1991). Berdasarkan Tabel 3-5 dapat ditunjukkan bahwa akurasi keseluruhan adalah sebesar 43%. Namun demikian untuk mengetahui seberapa besar kemampuan model SCS mengidentifikasi banjir, maka dilakukan analisis *produser's accuracy* dan *user's accuracy*. Nilai *produser's accuracy* untuk identifikasi banjir adalah 96 %, sedangkan *user's accuracy* untuk kategori banjir adalah 42 %. Sehingga dapat dikatakan bahwa meskipun 96 % dari wilayah banjir dapat diidentifikasi secara benar, namun hanya 42 % dari wilayah yang diidentifikasi banjir benar-benar terjadi banjir di lapangan.

Tabel 3-5: AKURASI SPASIAL WILAYAH YANG TERKENA BANJIR DARI MODEL SCS TERHADAP PETA BANJIR BNPB TANGGAL 17 JANUARI 2013

<i>Confussion matrix</i>		Peta Referensi			<i>User's Accuracy/Reliability</i>
		Tidak Banjir	Banjir	Total	
Model spasial SCS	Tidak Banjir	5	3	8	0.63
	Banjir	102	73	175	0.42
Total		107	76	183	
<i>Produser's Accuracy</i>		0.05	0.96		overall accuracy = 0.43



Gambar 3-7: Informasi daerah terdampak banjir tanggal 17 Januari 2013 di Jakarta oleh BNPB (kanan), dan hasil estimasi limpasan permukaan dari metode CN-SCS menggunakan data TRMM dan Landsat (kiri)

4 KESIMPULAN

Penerapan metode CN-SCS untuk estimasi limpasan permukaan menggunakan data penginderaan jauh (TRMM dan Landsat) mempunyai potensi yang sangat baik untuk dikembangkan sebagai sistem peringatan dini bahaya banjir, terutama dalam memprediksi kapan terjadinya banjir yang dapat ditentukan dari hidrograf limpasan permukaan.

Kondisi kelembaban pada AMC basah paling baik digunakan dalam estimasi limpasan permukaan dan dapat merepresentasikan besaran limpasan permukaan pada saat banjir, sehingga sangat potensial digunakan sebagai alat peringatan dini bahaya banjir.

5 SARAN

Penggunaan data Landsat 8 atau yang memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi (SPOT4/5/6) dapat meningkatkan akurasi estimasi limpasan permukaan, terutama dalam mengklasifikasikan jenis penutup/penggunaan lahan secara lebih detil. Pada analisis akurasi spasial wilayah yang diidentifikasi banjir perlu penambahan periode data analisis maupun data lapangan, sehingga dapat merepresentasikan lebih baik terhadap tingkat akurasi model yang dihasilkan.

DAFTAR RUJUKAN

- Agus, I. dan I. K. Hadihardaja, 2011. *Perbandingan Hidrograf Satuan Teoritis Terhadap Hidrograf Satuan Observasi DAS Ciliwung Hulu*, Jurnal Teknik Sipil 18 (1), p: 55 – 69.
- Asdak, C, 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Yogyakarta (ID): UGM Pr.
- Asdak, C, 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Yogyakarta (ID): UGM Pr.
- Asri, F., 2012. *Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Limpasan Permukaan di Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus: DAS Cicatih-Cimandiri, Kabupaten Sukabumi)*, Skripsi. IPB.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), 2013. *Data dan Informasi Bencana Indonesia*. <http://dibi.bnpb.go.id>, [Diunduh 18 Mei 2013].
- Briggs, I.C., 1974. *Machine Contouring using Minimum Curvature*, Geophysics 39:39-48.
- Chen, F; Liu, Y; Liu, Q; and X. Li, 2014. *Spatial Downscaling of TRMM 3B43 Precipitation Considering Spatial Heterogeneity*. International Journal of Remote Sensing. Vol 35. Issue 9.

- Chow, V.T.; Maidment, D.; and L.W. Mays, 1988. *Applied Hydrology*, McGraw Hill.
- Chow, V.T., 1964. *Handbook of Applied Hydrology: a Compendium of Water-Resources Technology*, New York: McGraw-Hill Companies.
- Congalton, R. G., 1991. *A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data*, Remote Sens. Environ. 37: 35 – 46.
- Djuwansah, M.R., 2010. *Simulasi Ketersediaan Air Bulanan dengan Basis Data Spasial Faktor-faktor Sumber daya Air: Kasus Sub-DAS Hulu Citarum*, Jurnal Teknologi Indonesia 33 (1): 1-11, LIPI.
- Fang, J; Du, J; Xu, W; Shi, P; Li, M; and X. Ming, 2013. *Spatial Downscaling of TRMM Precipitation Data Based on the Orographical Effect and Meteorological Conditions in a Mountainous Area*, Journal of Advances in Water Resources. Vol 61: 42-50.
- Immerzeel, W.W., Ruten, M.M., Droogers, P, 2009. *Spatial Downscaling of TRMM Precipitation using Vegetative Response on the Iberian Peninsula*, Journal of Remote Sensing of Environment (113) : 362-370.
- Jia, S; Zhu, W; Lu, A; and T. Yan, 2011. *A Statistical Spatial Downscaling Algorithm of TRMM Precipitation Based on NDVI and DEM in the Qaidam Basin of China*, Journal of Remote Sensing of Environment, 115(12):3069-3079.
- Keckler, D., 1994. *Surfer for Windows*, User Guide, Golden Software, inc. Colorado.
- McCuen, R. H., 1982. *A Guide to Hydrologic: Analysis Using SCS Methods*, New York: Prince Hall.
- NASA Goddard Space Flight Center USGS Global Visualization Viewer (GLOVIS) web site ([http:// glovis.usgs.gov/](http://glovis.usgs.gov/)) [Diunduh 13 Februari 2013].
- Ott, L., 1992. *An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis*, (4thed.), Belmont, California' Duxbury Press. 1051 pp.
- Park, N.W, 2013. *Spatial Downscaling of TRMM Precipitation using Geostatistics and Fine Scale Environmental Variables*, Journal of Advances in Meteorology, Vol 2013, Article ID 237126, 9 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/237126>, Hindawi Publishing Corporation.
- Ria, J., 2008. *Identifikasi Aliran Permukaan di Setiap Kecamatan DKI Jakarta Menggunakan Metode SCS [skripsi]*, Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Seyhan, E., 1977. *Dasar-dasar Hidrologi*, Gadjah Mada University Press.
- Soil Conservation Service, Hydrology, 1972. Sec. 4 of National Engineering Handbook, Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.
- Story, M., and Congalton, R., 1986. *Accuracy Assessment: a user's Perspective*, Photogramm, Eng. Remote Sens. 52(3):397-399.
- Suryantoro, A; Halimurrahman; dan T. Harjana, 2008. *Aplikasi Satelit Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) untuk Prediksi Curah Hujan di Wilayah Indonesia*, [Paper Akhir Penelitian]. Bandung (ID): Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- Susanto dan Suwargana, 2010. *Model Penentuan Debit Aliran/Sungai untuk Pengelolaan Sistem DAS Menggunakan Data Penginderaan Jauh (Studi Kasus DAS Ciliwung)*, Prosiding Seminar Nasional Limnologi V; 2010; Bandung, Indonesia. Bandung (ID) Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, hlm 626-639.
- Suwargana, N., 2010. *Model Kajian Sebaran Run-off untuk Mendukung Pengelolaan Sistem DAS*

- Menggunakan Data Penginderaan Jauh (Studi kasus DAS Ciliwung)*, Prosiding Seminar Nasional Limnologi V; 2010; Bandung, Indonesia. Bandung (ID) Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. hlm 640-654.
- Tou, J. T; and R. C. Gonzalez, 1974. *Pattern Recognition Principles*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts.
- U. S. Soil Conservation Service, 1973. *Computer Program for Project Formulation Hydrology*, Technical Release No. 20, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.
- Vernimmen, REE; Hooijer, A; Mamenun, A.E; AIJM. Dijk, 2012. *Evaluation and Bias Correction of Satellite Rainfall Data for Drought Monitoring in Indonesia*, J of Hidrol. Earth Syst. Sci. 16:133-146.

