

PENGGUNAAN CITRA LANDSAT 8 DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK ESTIMASI DEBIT PUNCAK DI DAERAH ALIRAN SUNGAI UNDA PROVINSI BALI

I Putu Sriartha
Jurusan Pendidikan Geografi, Universitas Pendidikan Ganesha
Singaraja, Indonesia

e-mail: psriartha@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai Unda Provinsi Bali dengan tujuan: (1) mengkaji kemampuan teknik penginderaan jauh dalam ekstraksi data karakteristik lingkungan fisik DAS untuk estimasi debit puncak; (2) memperkirakan besarnya perubahan debit puncak dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis. Data yang dikumpulkan melibatkan teknik penginderaan jauh untuk ekstraksi parameter-parameter fisik untuk menentukan tingkat pengaruh masing-masing parameter dalam perhitungan debit puncak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Citra Landsat 8 Onboard Operational Land Imagery komposit 563 memperoleh akurasi sebesar 85,7% dari interpretasi penutup lahan dan didukung data SRTM dapat digunakan untuk penentuan koefisien limpasan permukaan yang disusun dari *overlay* peta kemiringan lereng, peta penutup lahan, infiltrasi tanah dan timbunan air permukaan; (2) perhitungan debit puncak rerata dengan menggunakan metode rasional memberikan hasil sebesar 16,07 m³/detik, sedangkan perhitungan debit puncak dari hasil pengukuran lapangan menggunakan metode manning memberikan hasil sebesar 20,01 m³/detik. Mengacu pada hasil tersebut maka ketelitian yang diperoleh sebesar 80,31%.

Kata kunci: Citra Landsat 8 OLI, Sistem Informasi Geografis, dan Debit Puncak

Abstract

This research was conducted in Unda Watershed with the aim of: (1) assess the ability of remote sensing techniques in data extraction watershed characteristics of the physical environment for the estimated peak discharge; (2) estimating peak discharge changes in Unda Watershed based on rational methods using Geographic Information System. The spatial data analysis involving remote sensing techniques for extracting physical parameters watershe. The results showed that (1) Landsat 8 Onboard Operational Land Imagery composite 563 obtained an accuracy of 85.7% of the land cover interpretation and backed the SRTM data can be used to determine the surface runoff coefficient composed of a slope maps, land cover maps, soil of infiltration and surface water piles; (2) The calculation of the average peak discharge using the rational method provides result of 16.07 m³/sec, while the peak discharge calculation of the results of field measurements using methods manning provide results of 20.01 m³/sec. Refers to these results the accuracy obtained amounted to 80.31%.

Keywords: Landsat 8 Imagery, Geographic Information System, and peak discharge

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah daratan yang menjadi kesatuan antara sungai dan anak-anak sungainya yang dibatasi oleh pemisah topografis yang berfungsi menampung air dari curah hujan, menyimpan dan mengalirkannya ke danau atau ke laut secara alami (Kepmen Pengelolaan DAS Terpadu, 2012). Perubahan penggunaan lahan dapat menimbulkan dampak terhadap peningkatan debit puncak aliran sebagai akibat tingginya aliran permukaan (*run-off*). Debit puncak merupakan suatu kondisi yang menunjukkan titik nilai debit tertinggi (maksimum) pada bagian hilir DAS atau Sub-DAS sebagai akibat dari meningkatnya aliran permukaan. Informasi perubahan debit puncak diperlukan untuk perencanaan pengendalian banjir dan pembuatan bangunan sipil teknis untuk pengendalian erosi. Metode empiris yang mendasarkan pada faktor-faktor fisiografi DAS dikembangkan untuk memudahkan estimasi debit puncak dengan memperhitungkan faktor koefisien aliran permukaan (C), intensitas hujan (I) dan luas daerah aliran sungai (DAS) (Sudaryatno, 2002).

Peningkatan jumlah dan kecepatan aliran permukaan, selain akibat hujan ekstrim juga oleh perubahan penggunaan lahan seperti lahan terbuka dan pemadatan tanah. Keterbukaan lahan menyebabkan jumlah dan intensitas hujan yang sampai di permukaan tanah meningkat, sedangkan pemadatan tanah menyebabkan berkurangnya kapasitas infiltrasi tanah sehingga jumlah dan aliran permukaan meningkat (Halengkara, 2011). Debit puncak terjadi ketika seluruh aliran permukaan yang berada di daerah aliran sungai (DAS) mencapai titik *outlet* (bagian

hilir suatu DAS atau Sub-DAS sebagai tempat berkumpulnya seluruh aliran permukaan yang mengalir dari bagian hulu DAS). Faktor utama yang mempengaruhi besarnya debit puncak yaitu karakteristik hujan dan karakteristik DAS (Asdak, 2002).

Ketersediaan data terkait parameter fisik DAS masih sangat terbatas sehingga perlu alternatif untuk memperoleh data tersebut. Teknologi penginderaan jauh merupakan teknik yang banyak digunakan untuk menyediakan data dan informasi geografis secara cepat dan akurat. Data tentang faktor-faktor fisiografi DAS dapat diekstraksi dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Lillesand, et al. (2004) menyatakan bahwa teknologi penginderaan jauh belum dimanfaatkan secara optimal terutama dalam kajian hidrologi (DAS), padahal penginderaan jauh mempunyai keunggulan untuk ekstraksi parameter-parameter lahan dengan mudah, cepat, mencakup daerah yang luas, serta mampu menyajikan data hidrologi secara keruangan (*spatial variability*).

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan pemantauan debit puncak secara cepat dengan memanfaatkan Citra Landsat 8 OLI perekaman April 2014 yang diintegrasikan dengan sistem informasi geografis. Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengkaji kemampuan teknik penginderaan jauh dalam ekstraksi data karakteristik lingkungan fisik DAS untuk estimasi debit puncak, dan memperkirakan besarnya perubahan debit puncak pada DAS Unda berdasarkan metode rasional dengan menggunakan sistem informasi geografis.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2014 di DAS Unda yang mencakup

sebagian wilayah Kabupaten Karangasem dan Kabupaten Klungkung Provinsi Bali, yang terletak pada $8^{\circ} 34' 02''$ LS - $8^{\circ} 17' 03''$ LS dan $115^{\circ} 23' 05''$ BT - $115^{\circ} 31' 01''$ BT dengan luas $215,6 \text{ km}^2$.

Data yang diperlukan untuk analisis debit puncak DAS Unda meliputi Peta Kemiringan Lereng dari Citra *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), Peta Penutup Lahan dari Citra Landsat 8 OLI (*Onboard Operational Land Imagery*) serta data pengukuran lapangan tentang infiltrasi tanah, timbunan air permukaan dan intensitas hujan harian puncak. Integrasi penginderaan jauh dan SIG dilakukan melalui *software* ENVI 4.5 (digunakan untuk klasifikasi multispektral) dan Arc GIS 10.1 dengan *extension spatial analyst* (untuk mengolah data) sehingga menghasilkan informasi spasial yang baru.

Perhitungan koefisien limpasan permukaan (nilai C) bertujuan untuk menentukan tingkat pengaruh keseluruhan parameter fisik DAS terhadap estimasi debit puncak. Semakin tinggi harkat setiap parameter fisik DAS serta luas satuan medan maka koefisien limpasan permukaan yang ditimbulkan akan semakin tinggi pula sehingga berpengaruh pada debit puncak yang semakin meningkat. Koefisien limpasan permukaan dapat dihitung berdasarkan karakteristik fisik DAS (relief/kemiringan lereng, tutupan lahan, infiltrasi tanah dan timbunan air permukaan) (Wibowo, 2008). Mengacu pada pendapat Wibowo tersebut, maka

parameter lingkungan fisik DAS yang digunakan untuk menentukan nilai C adalah kemiringan lereng, kerapatan aliran, infiltrasi tanah, dan vegetasi penutup. Kemiringan lereng dimodelkan melalui *digital elevation model* (DEM). Timbunan air permukaan didekati melalui variasi kerapatan aliran. Infiltrasi tanah dideteksi dari bentuklahan, tutupan lahan, dan tekstur tanah. Vegetasi penutup diperoleh melalui klasifikasi multispektral citra.

Nilai C merupakan hasil *overlay* dari keempat parameter, sedangkan untuk memperoleh nilai C total perlu melakukan perkalian antara harkat total hasil *overlay* dengan faktor pembobot setiap satuan medan. Pada dasarnya penyusunan model ini adalah simulasi nilai koefisien limpasan permukaan secara spasial dengan metode Cook. *Overlay* dilakukan dengan teknik penjumlahan harkat masing-masing parameter. Berikut ini merupakan formulasi untuk menentukan nilai dari C total.

$$C \text{ total} = \sum \text{ skor pada tiap satuan medan} \\ \text{(harkat total) x faktor} \\ \text{pembobot} \dots \dots \dots (1)$$

Formula tersebut memiliki ketentuan: (1) skor pada tiap satuan medan dihitung dengan penjumlahan harkat dari parameter-parameter: kerapatan aliran, kemiringan lereng, vegetasi penutup dan infiltrasi tanah. (2) Faktor pembobot adalah luas satuan medan dibagi dengan luas DAS keseluruhan.

Tabel 1. Klasifikasi Koefisien Limpasan Permukaan

Klasifikasi	Harkat Total
Kelas I (Rendah)	0-25
Kelas II (Normal)	25-50
Kelas III (Tinggi)	50-75
Kelas IV (Ekstrim)	>75

Sumber: Chow (1964) dalam Sudaryatno (2000)

Peta kemiringan lereng ditentukan berdasarkan data SRTM yang diinterpolasi menggunakan *tool slope* untuk mengidentifikasi *gradient* kemiringan lereng. Klasifikasi kemiringan lereng didasarkan pada kriteria Cook (Sudaryatno, 2000).

Penutup lahan ditentukan berdasarkan klasifikasi berbasis piksel menggunakan saluran multispektral pada Citra Landsat 8 komposit 563 (*false color*) dengan pertimbangan bahwa saluran tersebut mampu membedakan objek daratan yang lebih baik berdasarkan nilai spektral yang dipantulkan (Mather, 1987). Klasifikasi tutupan lahan menggunakan kriteria Meijerink (1970, dalam Sudaryatno, 2000).

Analisis timbunan air permukaan dilakukan dengan mengetahui kerapatan alirannya berdasarkan pada kerapatan aliran (Dd) dari Linsley (1959) disesuaikan dengan metode Cook (rumus 2).

$$Dd = \frac{L}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- Dd = kepadatan aliran (km/km²)
- L = jumlah panjang alur sungai (km)
- A = luas DAS (km²).

Klasifikasi kerapatan aliran terhadap timbunan air permukaan didasarkan pada penyesuaian kriteria Cook dan kriteria Linsley (Sudaryatno, 2000).

Perhitungan intensitas hujan harian puncak ini dilakukan untuk menghitung debit puncak dengan teknik penginderaan jauh menggunakan formula Monobone dalam Sosrodarsono(1983) yang dikutip dari Yulius (2014), yaitu:

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

- I = intensitas hujan (mm/jam)
- P=hujan harian (mm)
- t = periode hujan yang besarnya = waktu konsentrasi Tc (jam)

Metode untuk pengukuran debit puncak menggunakan metode rasional yang mempertimbangkan adanya hujan yang merata di seluruh DAS dan durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi (Tc), dirumuskan sebagai berikut:

$$Qp = 0,278 Cp . I . A \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

- Qp = debit puncak (m³/detik)
- Cp = koefisien limpasan permukaan (%) sasat kejadian hujan
- I = intensitas curah hujan (mm/jam) lamanya sama dengan waktu konsentrasi (Tc)
- A = luas DAS (km²)
- 0,278 = koefisien untuk penyesuaian dalam metrik

Sebagai pembanding hasil pengukuran metode rasional, maka dilakukan pengukuran dengan metode Manning, seperti pada rumus (5).

$$Qmaks = V.A \dots \dots \dots (5)$$

$$= 1/n.R^{2/3}.S^{1/2}.A$$

- Dimana R = A/P
- V = Q/A
- Tc = L/(60V)

Keterangan:

- Q = Debit aliran (m³/s)
- V = Kecepatanaliran (m/s)
- R = Jari-jarihidraulik (A/P) (m)
- A = Luaspenampangbasah (m²)

P = Keliling penampang basah (m)
 S = Kemiringan dasar saluran (m/m)
 $n = \text{koefisien manning} = n_0 + n_1 + n_2 + \dots + n_5$
 L = panjang pengaliran (m)
 Tc = waktu konsentrasi (menit)

HASIL DAN PEMBAHASAN

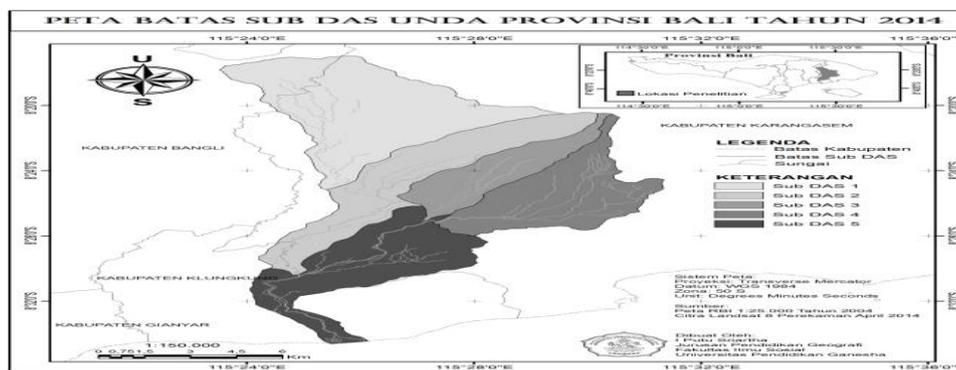
Untuk menjelaskan karakteristik lingkungan fisik DAS dan memudahkan proses perhitungan debit puncak, maka

daerah penelitian dibagi menjadi 5 sub-DAS utama berdasarkan batas fisik berupa igir yang nampak dari hasil interpretasi citra satelit, serta dengan melihat *shapefile* aliran sungai yang kemudian dideliniasi untuk mengelompokkan menjadi sub-DAS. Pembagian sub-DAS dapat dilihat pada Peta Batas sub-DAS Unda (Gambar 1), sementara luasnya pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas Masing-Masing sub-DAS

Sub-DAS	Luas (Km ²)	Persentase (%)
Sub-DAS 1	67	31,08
Sub-DAS 2	44,3	20,54
Sub-DAS 3	23	10,67
Sub-DAS 4	39	18,09
Sub-DAS 5	42,3	19,62
Total	215,6	100

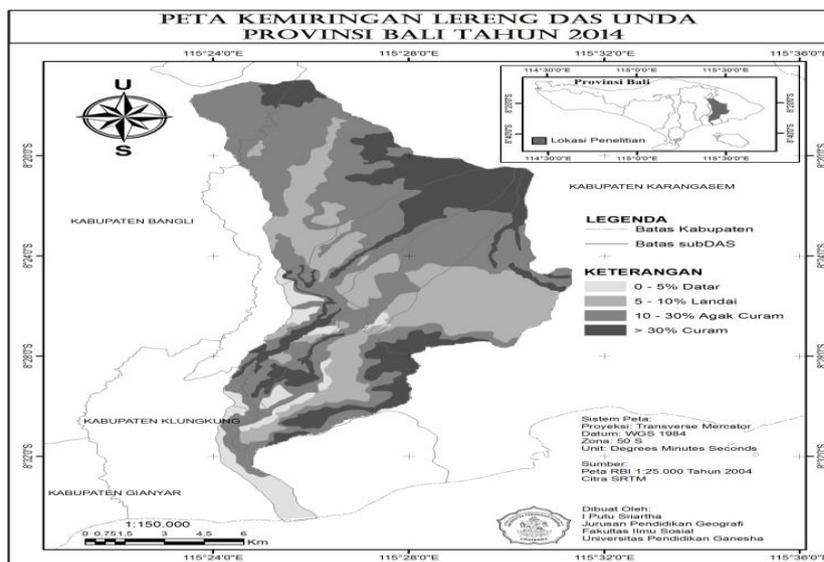
Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014



Gambar 1. Peta Batas sub-DAS Unda

Hasil analisis kemiringan lereng menunjukkan bahwa kemiringan lereng DAS Unda cukup bervariasi seperti terlihat pada Gambar 2. Kelas lereng III (agak curam) kemiringan lereng 10-30% mendominasi DAS Unda dengan luasan

mencapai 117,82 km² atau sebesar 54,79% dari luas DAS, sedangkan kelas lereng I (datar) kemiringan 0-5% merupakan luasan terkecil yaitu hanya 13,18 atau sebesar 6,13%.



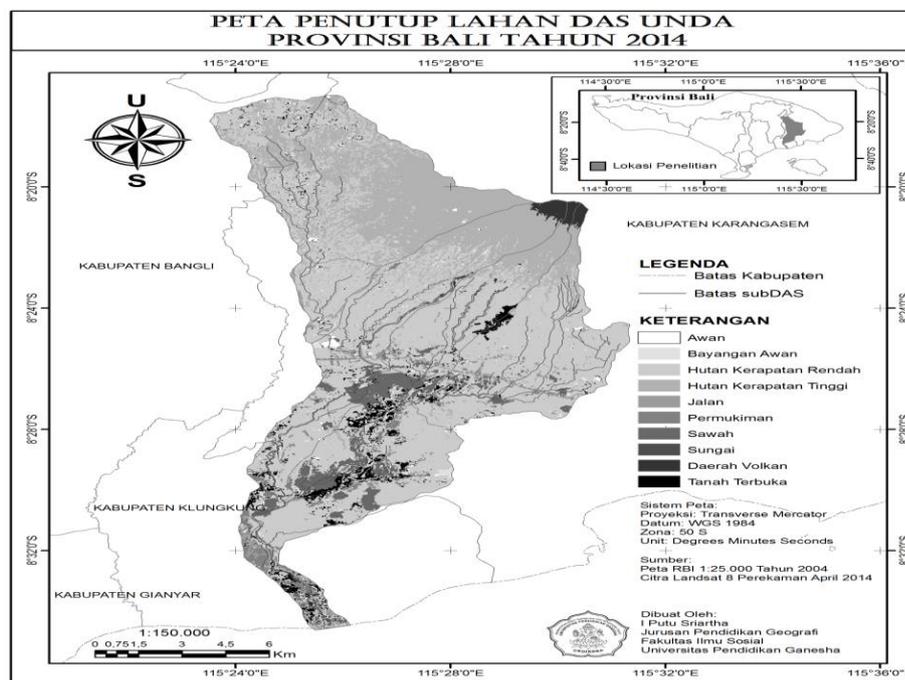
Gambar 2. Peta Kemiringan Lereng DAS Unda

Dengan demikian, secara keseluruhan DAS Unda memiliki karakteristik agak curam yaitu kelas lereng III dengan kemiringan 10-30% sehingga berpengaruh pada semakin meningkatnya koefisien limpasan permukaan.

Penutup lahan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya aliran permukaan. Perubahan penutup lahan menyebabkan adanya perubahan kondisi debit banjir DAS. Penutup lahan diklasifikasikan menjadi

beberapa objek, diantaranya adalah awan, bayangan awan, hutan kerapatan tinggi, hutan kerapatan rendah, jalan, permukiman, sawah, tubuh air (sungai), lahan terbuka dan tak terklasifikasi (daerah vulkan).

Berdasarkan hasil interpretasi Citra Landsat 8 diperoleh akurasi sebesar 85,7% sehingga dapat dijadikan sumber data untuk analisis selanjutnya. Variasi spasial penutup lahan DAS Unda dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Peta Penutup Lahan DAS Unda

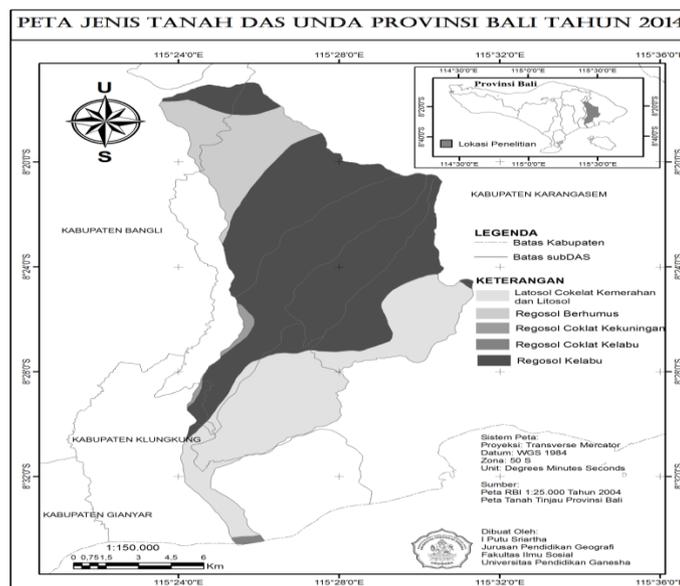
Berdasarkan Gambar 3 dapat dikemukakan bahwa penutup lahan DAS Unda didominasi dengan hutan kerapatan tinggi dan hutan kerapatan rendah. Hal tersebut sesuai dengan karakteristik kemiringan lereng DAS yang terkategori agak curam sehingga daerah tersebut menjadi kawasan konservasi hutan. Karakteristik untuk masing-masing sub-DAS, yaitu pada sub-DAS 1 didominasi oleh hutan kerapatan tinggi dengan luas mencapai 33,5 km². Penutup lahan sub-DAS 2 didominasi oleh hutan kerapatan rendah dengan luas mencapai 20,4 km². Sub-DAS 3 memiliki penutup lahan hutan kerapatan rendah yaitu 12,7 km², dan paling sedikit dijumpai adalah permukiman hanya 0,2 km², sedangkan pada sub-DAS 4 memiliki penutup lahan paling kecil adalah lahan terbuka dengan luas 0,4 km², namun hutan kerapatan rendah masih

mendominasi pada sub-DAS ini, yaitu dengan luas mencapai 27,7 km². Tidak jauh berbeda dengan sub-DAS sebelumnya, penutup lahan pada sub-DAS 5 didominasi oleh hutan kerapatan rendah yaitu 20,1 km², namun keberadaan hutan kerapatan tinggi sudah hampir tidak dijumpai yaitu hanya 0,1 km². Justru keberadaan sawah yang semakin meningkat luasannya yaitu 15,8 km², hal ini mengindikasikan bahwa dengan kemiringan lereng datar hingga landai dimanfaatkan oleh masyarakat untuk mengembangkan usaha pertanian khususnya sawah sekaligus sebagai tempat bermukim.

Infiltrasi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah infiltrasi vertikal, yaitu proses masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Faktor infiltrasi tanah di dekati dengan menggunakan data dan informasi jenis tanah yang ada pada

DAS Unda, dengan dasar pemahaman bahwa setiap jenis tanah memiliki karakteristik tersendiri terhadap kemampuan infiltrasi airnya. Berdasarkan

jenis tanah dan teksturnya maka dapat ditentukan tingkat infiltrasi pada masing-masing Sub-DAS berdasarkan klasifikasi dari metode Cook.



Gambar 4. Peta Jenis Tanah DAS Unda

Hasil penelitian tentang jenis tanah yang terdapat di DAS Unda secara visual dapat dilihat pada Peta Jenis Tanah DAS Unda (Gambar 4). Berdasarkan Gambar 4 dapat dikemukakan bahwa jenis tanah regosol kelabu dengan tekstur pasir bergeluh terdapat diseluruh bagian DAS Unda dengan luas mencapai 111,113 Km² atau mencakup 45,8% luasan DAS.

Jenis tanah regosol berhumus dengan tekstur pasir bergeluh dapat ditemui pada sub DAS I dan II, mencakup luasan 66,113 Km² atau 27,50% dari seluruh DAS Unda. Sementara jenis tanah latosol coklat kemerahan dan litosol dengan tekstur lempungan dan tingkat infiltrasi lambat, mencakup sub DAS II, IV dan V seluas 61,82 Km² atau 25,52% dari luasan DAS

Unda. Sementara jenis tanah lainnya adalah regosol coklat kekuningan dan regosol coklat kelabu dengan luasan tidak lebih dari 3 Km².

Informasi mengenai kerapatan aliran diperlukan untuk mengetahui timbunan air permukaan. Klasifikasi kerapatan aliran (Dd) digunakan untuk melakukan analisis tumbunan air permukaan. Berdasarkan hasil pengolahan data, dapat dikemukakan bahwa Sub-DAS 1 diperoleh perhitungan luas area sebesar 67 km², panjang sungai 251.4 km, dan didapatkan kerapatan aliran sebesar 3.8 km/ km². Sub-DAS 2 memiliki luas area sebesar 44 km², panjang sungai 163.2 km, kerapatan alirannya adalah 3.7 km/km². Sub-DAS 3 luas areanya sebesar 23 km² dan panjang alur sungainya adalah

87.8 km, kerapatan alirannya adalah 3.9 km/km². Sub-DAS 4 memiliki luas area sebesar 39 km², dan panjang aliran sungainya adalah 124.9 km, kerapatan

alirannya adalah 3.2 km/km². Kerapatan aliran setiap sub-DAS dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Kerapatan Aliran Masing-Masing Sub-DAS

Sub-DAS 1	Sub-DAS 2	Sub-DAS 3	Sub-DAS 4	Sub-DAS 5
3,7527	3,7097	3,8145	3,2017	3,4180

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014

Koefisien Limpasan Permukaan

Paramater yang digunakan dalam lingkungan fisik DAS untuk menentukan nilai C adalah kemiringan lereng, kerapatan aliran, infiltrasi tanah, dan vegetasi penutup. Nilai C total merupakan hasil *overlay* dari keempat parameter yang dikalikan dengan faktor pembobot. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada formulasi berikut ini.

$$C \text{ total} = \sum \text{ skor pada tiap satuan medan} \times \text{ faktor pembobot}$$

Formula yang digunakan tersebut memiliki ketentuan sebagai berikut:

1. Skor pada tiap satuan medan dihitung dengan penjumlahan harkat dari parameter-parameter: kerapatan aliran, kemiringan lereng, vegetasi penutup dan infiltrasi tanah.
2. Faktor pembobot adalah luas satuan medan dibagi dengan luas DAS keseluruhan.

Tabel 4. Hasil Perhitungan C Total Pada Salah Satu Satuan Lahan

Parameter	Nama kelas/nilai	Skor	Luas Sub-DAS (km ²)	Luas Satuan medan (km ²)
Penutup vegetasi	Hutan kerapatan tinggi	5	43.4967	0.0009
Jenis tanah	Latosol coklat kemerahan dan litosol	15	43.4967	0.0009
Kerapatan aliran	3.42	15	43.4967	0.0009
Kemiringan lereng	>30	40	43.4967	0.0009
	Skor total	75	Faktor Pembobot	48828.8889
	C	0.000 01551 843		

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014

Tabel 5. Hasil analisis curah hujan maksimum rata-rata setiap sub-DAS

sub-DAS	h1-h2	L(meter)	R 24	tc menit	I(mm/jam)
sub-DAS 1	1475	14000	39.47048	0.11030	59.49491
sub-DAS 2	2550	20500	34.25389	0.09706	56.22637
sub-DAS 3	2138	13500	35.55634	0.08059	66.06776
sub-DAS 4	2137	12800	30.81158	0.07738	58.82371

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014

Dari hasil perbandingan curah hujan harian daerah di DAS Unda yang dibagi per sub-DAS diperoleh bahwa curah hujan harian paling tinggi terdapat pada sub-DAS 1 sebesar 39.47048 (mm/hari) dengan waktu konsentrasi selama 0.11030 sehingga menghasilkan intensitas curah hujan sebesar 59.49491 (mm/jam) dan paling rendah berada pada sub-DAS 4

sebesar 30.81158 (mm/hari) dengan waktu konsentrasi selama 0.07738 sehingga menghasilkan intensitas curah hujan sebesar 58.82371 (mm/jam)

Debit Puncak DAS Unda

Perhitungan debit puncak pada DAS Unda dengan metode rasional disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 6. Perhitungan Debit Puncak dengan Metode Rasional

Nama Sub-DAS	C	I	A	Koefisien	Qp
Sub-DAS 1	0.58519	0.6071	66.87	0.278	6.60505041
Sub-DAS 2	0.63331	0.3059	43.57	0.278	2.34679486
Sub-DAS 3	0.66655	0.4576	22.60	0.278	1.91729125
Sub-DAS 4	0.61452	0.4131	39.09	0.278	2.75985879
Sub-DAS 5	0.70647	0.2902	43.49	0.278	2.4792266

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Hasil perhitungan debit puncak di Sub-DAS 1 didapatkan nilai Q_p sebesar $6.60505041 \text{ m}^3/\text{detik}$. Besarnya nilai Q_p di sub-DAS 1 dipengaruhi oleh luas area yang besar sehingga daya tampung air hujan akan besar pula. Penutup lahan didominasi hutan kerapatan rendah hingga tinggi ($58,2 \text{ km}^2$) sehingga nilai koefisien limpasan lebih kecil. Pada Sub-DAS 2 penutup lahan bervegetasi tegakan mulai berkurang, terdapat lahan pertanian (sawah) sehingga saat terjadi hujan laju air hujan (limpasan permukaan) menjadi lebih besar. Selain itu intensitas hujan termasuk kecil sehingga didapatkan nilai Q_p sebesar $2.34679486 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Sub-DAS 3 mempunyai luas area terkecil di DAS Unda. Penutup lahan bervegetasi tegakan (hutan kerapatan tinggi dan hutan kerapatan rendah) mulai berkurang, terdapat sawah dan lahan terbuka. Air hujan yang jatuh menjadi *run-off* karena beberapa faktor di atas. Banyaknya limpasan permukaan yang terjadi maka nilai Q_p sebesar $1.91729125 \text{ m}^3/\text{detik}$, nilai ini lebih kecil dari 2 Sub-DAS sebelumnya. Namun, nilai intensitas hujan sedikit lebih besar dari Sub-DAS 2 dengan selisih sebesar $0.151745215 \text{ mm/hari}$.

Nilai Q_p Sub-DAS 4 terkecil kedua setelah nilai Q_p Sub-DAS 1, Sub-DAS 4 penutup lahan hutan kerapatan tinggi sedikit berkurang namun hutan kerapatan rendah lebih banyak ($28,7 \text{ km}^2$), selain itu terdapat permukiman dan sawah ($4,8 \text{ km}^2$) sehingga limpasan permukaan saat terjadi hujan tidak terlalu besar karena terdapat vegetasi, maka dari hasil perhitungan didapatkan nilai Q_p sebesar $2.75985879 \text{ m}^3/\text{detik}$. Pada Sub-DAS 5 nilai koefisien limpasan permukaan merupakan nilai terbesar, karena penutup lahan hutan kerapatan rendah hingga tinggi lebih sedikit ($9,2 \text{ km}^2$), penutup lahan permukiman dan sawah meningkat ($17,3 \text{ km}^2$), saat hujan terjadi air permukaan yang mengalir cenderung lebih besar. Hal ini selanjutnya akan menyebabkan nilai Q_p sebesar $2.4792266 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Untuk mengetahui tingkat akurasi metode rasional, maka dilakukan juga pengukuran debit puncak di lapangan dengan metode Manning. Pengukuran dilaksanakan pada 4 (empat) titik lokasi yang merupakan *outlet* masing-masing sub-DAS. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Perbandingan nilai hasil perhitungan debit puncak dengan metode rasional dan metode manning dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Perhitungan Debit Puncak Dengan Metode Manning

Sub DAS	Nilai Kekasaran Manning (n)	Slope (m/m)	Luas Penampang (m^2)	Jari Hidraulik (A/P)	Kecepatan (V) (m/dtk)	Debit Puncak (Q_p) (m^3/dtk)
Sub DAS 1	0,043	0,077	1,7400	0,371	3,325	5,785
Sub DAS 2	0,033	0,086	1,5500	0,299	3,969	6,153
Sub DAS 3	0,03	0,069	1,5000	0,396	1,709	3,772
Sub DAS 4	0,025	0,0874	1,3600	0,661	3,199	4,515

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Tabel 8. Perbandingan Nilai Debit Puncak & Akurasi Perhitungan

Nama Sub-DAS	Qp Metode Rasional (m ³ /dtk)	Qp Metode Manning(m ³ /dtk)	Akurasi Hasil Estimasi (%)	Keterangan
Sub-DAS 1	6,605	5,785	114,17%	Over 14%
Sub-DAS 2	2,346	6,153	38,1%	
Sub-DAS 3	1,917	3,772	50,6%	
Sub-DAS 4	2,759	4,515	60,9%	
Sub-DAS 5	2,479			
Rata-Rata Persentase Akurasi			80,31%	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Berdasarkan Tabel 8 dapat dikemukakan bahwa pada Sub-DAS I dengan luas 66,8 km² hasil perhitungan dengan metode rasional menghasilkan nilai debit puncak sebesar 6,605 m³/detik, sedangkan hasil pengukuran di lapangan diperoleh estimasi debit puncak sebesar 5,785 m³/detik. Artinya akurasi perhitungan dengan menggunakan metode rasional menghasilkan nilai yang melebihi nilai hasil pengukuran lapangan sebesar 14%. Sub-DAS II dengan luas 43,5 km² hasil perhitungan dengan metode rasional menghasilkan nilai debit puncak sebesar 2,346 m³/detik, sedangkan hasil pengukuran di lapangan diperoleh estimasi debit puncak sebesar 6,153 m³/detik. Pada sub-DAS II ini tingkat akurasi hasil perhitungan debit puncak metode rasional hanya 38,1%.

Pada Sub-DAS III dengan luas 22,6km² hasil perhitungan dengan metode rasional menghasilkan nilai debit puncak sebesar 1,917 m³/detik, sedangkan hasil pengukuran di lapangan diperoleh estimasi debit puncak sebesar 3,772 m³/detik sehingga akurasi metode rasional dibandingkan dengan hasil pengukuran di lapangan sebesar 50,6%. Sub-DAS IV dengan luas 39km² hasil perhitungan

metode rasional menghasilkan nilai debit puncak sebesar 2,759 m³/detik, sedangkan hasil pengukuran di lapangan diperoleh estimasi debit puncak sebesar 4,515 m³/detik, maka akurasi perhitungan metode rasional sebesar 60,9%

Mengacu pada pembahasan sebelumnya mengenai penentuan karakteristik fisik DAS diperoleh ketelitian khususnya interpretasi penutup lahan dengan akurasi 85,7%. Selain itu, didukung data dari SRTM dan hasil pengukuran lapangan untuk analisis karakteristik lingkungan fisik DAS mempengaruhi tingkat akurasi estimasi debit puncak. Berdasarkan hasil analisis perbandingan nilai debit puncak dan akurasi perhitungannya yang sudah diuraikan di atas, dapat dikemukakan bahwa perhitungan debit puncak rerata dengan menggunakan metode rasional memberikan hasil sebesar 16,07 m³/detik, sedangkan perhitungan debit puncak dari hasil pengukuran lapangan menggunakan metode manning memberikan hasil sebesar 20,01 m³/detik. Mengacu pada hasil tersebut maka ketelitian yang diperoleh adalah sebesar 80,31%.

Penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Gunawan (1991) berlokasi di DAS Bengawan Solo Hulu, yaitu menduga

debit puncak dengan pendekatan karakteristik DAS menggunakan foto udara pankromatik hitam putih skala 1:10.000 tahun 1983 dan skala 1:50.000 tahun 1981 serta foto udara inframerah berwarna skala 1:30.000 tahun 1981. Hasil ketelitian yang diperoleh adalah sebesar 80%. Kemudian Sudaryatno (2002) melakukan penelitian sejenis namun menggunakan data Landsat TM dengan membandingkan estimasi debit puncak menggunakan metode rasional dan hasil analisis hidrograf diperoleh ketelitian sebesar 95,05%. Berdasarkan hal tersebut dapat dikemukakan bahwa pemanfaatan data yang tepat serta pemilihan metode yang baik akan menentukan tingkat ketelitian estimasi debit puncak. Walaupun demikian, metode dan data penginderaan jauh tetap harus disesuaikan dengan karakteristik daerah penelitian.

PENUTUP

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan, bahwa (1) citra Landsat 8 OLI komposit 563 (*false Color*) memperoleh akurasi sebesar 85,7% dari interpretasi penutup lahan, dan didukung data SRTM secara efektif dapat dimanfaatkan untuk ekstraksi data parameter karakteristik fisik DAS yang diperlukan untuk estimasi debit puncak. (2) perhitungan debit puncak rerata dengan menggunakan metode rasional memberikan hasil sebesar 16,07 m³/detik, sedangkan perhitungan debit puncak dari hasil pengukuran lapangan menggunakan metode manning memberikan hasil sebesar 20,01 m³/detik. Mengacu pada hasil tersebut maka ketelitian yang diperoleh adalah sebesar 80,31%.

Saran yang dapat disampaikan adalah : (1) Citra satelit penginderaan jauh yang digunakan hendaknya memiliki

kualitas yang baik dan disesuaikan dengan karakteristik daerah penelitian karena akan mempengaruhi hasil ekstraksi parameter yang diperlukan. (2) Diperlukan data curah hujan yang detail yaitu data intensitas curah hujan harian agar dapat melakukan analisis dengan baik dan tepat sehingga berpengaruh pada hasil estimasi debit puncak yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Gunawan T. 1991. Penerapan Teknik Penginderaan Jauh Untuk Menduga Debit Puncak Menggunakan Karakteristik Lingkungan Fisik DAS (Studi Kasus Di Daerah Aliran Sungai Bangawan Solo Hulu, Jawa Tengah). *Disertasi*. Bogor : IPB.
- Halengkara, Listumbinang. 2011. *Analisis Kerusakan Lahan Untuk Pengelolaan DAS Melalui Integrasi Teknik Penginderaan Jauh Dan SIG (Kasus di DAS Blukar, Kab. Kendal Provinsi Jawa Tengah)*. Tesis. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Kementerian Kehutanan RI, Ditjen Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial, BPDAS Serayu Opak Progo. 2013. *Pengertian Seputar DAS*. Tersedia dalam <http://bpdasserayuopakprogo.dephut.go.id/>
- Liliesand, T.M., W. Kiefer., Chipman, J.W. 2004. *Remote Sensing And Image Interpretation (Fifth Edition)*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Mather, P.M. 1987. *Computer Processing Of Remote Sensed Data*. London: Jhon Willey & Sons.

- Sudaryatno. 2000. Penerapan Teknik Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Estimasi Debit Puncak Di Daerah Aliran Sungai Garang, Semarang, Jawa Tengah. Tesis. Yogyakarta : Pasca Sarjana UGM.
- _____. 2002. *Estimasi Debit Puncak di Daerah Aliran Sungai Garang Semarang dengan menggunakan Teknologi Inderaja dan Sistem Informasi Geografis*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Wibowo, Hendro. 2008. *Transformasi NDVI Untuk Estimasi Nilai Koefisien Aliran (Kasus Aplikasi Citra Landsat ETM+ di DAS Citarum Hulu)*. Tesis. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Yulius, Elma. 2014. *Analisa Curah Hujan dalam Membuat Kurva Intensity Duration Frequency (IDF) pada Das Bekasi*. Bekasi: Universitas Islam 45.