

# KAJIAN DISTRIBUSI SPASIAL DEBIT ALIRAN PERMUKAAN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) BERBASIS DATA SATELIT PENGINDERAAN JAUH

**Bambang Trisakti, Kuncoro Teguh, dan Susanto**

Peneliti Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN

e-mail : [btris01@yahoo.com](mailto:btris01@yahoo.com)

## ABSTRACT

The aim of this paper is to analyze the spatial distribution of the water discharge in the Ciliwung watershed based on the remote sensing satellite data. Digital elevation model (DEM) is processed to determine the watershed border using the steepest slope method and also used to calculate pixels area. The calculated pixels area are used to determine the watershed and landcover areas in 3 dimension perspective, the landcover of the Ciliwung watershed is mapped by using SPOT-4 image acquired in 2007. All generated information are used as the input to determine the spatial distribution of the water discharge using the run-off coefficient table produced by related institutions. In the next step, the total water discharge in some outlets (Katulampa, Depok and Muara Ciliwung) are compared and the relationship between the landcover condition and the water discharge is evaluated. The result shows that DEM can be used to determine the watershed border and calculate the watershed area, which the results are almost same with the real condition. The spatial distribution of the water discharge is useful to analyse the water discharge contribution of each part of watershed to the total water discharge in the Ciliwung watershed. It shows that the water discharge in Katulampa outlet contributes 44 % of the total water discharge in the Ciliwung watershed. Further, some landcover types are identified in the high water discharge area. This kind of information is very useful for the regional planning and flood management activities.

Keywords: *Remote sensing satellite data, Spatial distribution of water discharge, watershed*

## ABSTRAK

Paper ini bertujuan untuk mengkaji distribusi spasial debit aliran permukaan di DAS Ciliwung berbasis data satelit penginderaan jauh. Digital elevation model (DEM) digunakan untuk memetakan batas DAS dengan metode kemiringan tercuram, dan menghitung luas penampang piksel untuk menentukan luas DAS dan luas penutup lahan secara 3 dimensi. Penutup lahan DAS Ciliwung diturunkan menggunakan citra SPOT-4 tahun 2007. Informasi yang dihasilkan, menjadi masukan untuk menghitung distribusi spasial debit aliran permukaan DAS Ciliwung berdasarkan tabel koefisien aliran yang dikeluarkan instansi terkait. Selanjutnya dilakukan perbandingan besar debit total di beberapa pintu air (Katulampa, Depok dan Muara Ciliwung), serta analisis hubungan antara kondisi penutup lahan dengan tingkat debit aliran di DAS Ciliwung. Hasil kajian memperlihatkan bahwa DEM dapat dimanfaatkan untuk membuat batas DAS dan perhitungan luas tutupan lahan yang lebih mendekati kondisi topografi wilayah. Distribusi spasial debit aliran permukaan bermanfaat untuk menganalisis pengaruh setiap bagian DAS terhadap total debit DAS, dimana debit di pintu air Katulampa memberi sumbangan 44% dari total debit DAS, selain itu juga dapat mengidentifikasi jenis tutupan lahan pada area berdebit tinggi, sehingga menjadi informasi masukan untuk penataan ruang wilayah dan usaha pengendalian banjir.

Kata Kunci: *Data satelit penginderaan jauh, distribusi spasial debit aliran permukaan, DAS*

## 1 PENDAHULUAN

Secara umum, daerah aliran sungai (DAS) didefinisikan sebagai suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung (igir-igir) yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama (Asdak, 2007). Kelestarian DAS dan ekosistem di dalamnya mempunyai peranan yang sangat penting untuk menjaga keseimbangan alam, karena kerusakan DAS akan mengakibatkan hilangnya kemampuan DAS untuk menyimpan air, meningkatkan frekuensi banjir tahunan, menurunkan kuantitas dan kualitas air sepanjang tahun serta meningkatkan erosi tanah dan sedimentasi. Oleh karena itu, pengelolaan (pemantauan dan pemeliharaan) kelestarian DAS dan ekosistem di dalamnya sangat dibutuhkan untuk mengurangi resiko terjadinya bencana banjir.

Teknologi *remote sensing* (penginderaan Jauh) sebagai sarana penyedia data dan informasi spasial telah berkembang sangat pesat. Pemakaian citra satelit resolusi tinggi telah menggantikan cara-cara konvensional dalam hal inventarisasi sumberdaya alam, serta pemantauan lingkungan sebagai *input* untuk perencanaan pengambilan keputusan. Pesatnya perkembangan teknologi ini tentunya sangat menguntungkan, terutama dalam menyiapkan sistem informasi kerawanan bencana, khususnya banjir. Penelitian mengenai pengaruh perubahan karakteristik fisik DAS (tataguna lahan dan kondisi kemiringan wilayah) terhadap peningkatan aliran permukaan dan debit aliran sungai di berbagai DAS dengan memanfaatkan data penginderaan jauh telah dilakukan oleh banyak peneliti (Hardaningrum (2005), Suroso (2006), Pratisto (2008)). Berdasarkan beberapa penelitian tersebut diketahui bahwa penggunaan lahan merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap tinggi

rendahnya aliran permukaan yang berkaitan erat dengan kejadian banjir.

Tetapi penelitian-penelitian tersebut di atas umumnya hanya menghitung besarnya perubahan debit di *outlet* atau pintu air tanpa memperhatikan sebaran spasial debit aliran di seluruh DAS. Selain itu perhitungan luas area dilakukan tanpa mempertimbangkan kondisi topografi wilayah. Oleh karena itu, kegiatan ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik DAS dan distribusi spasial debit aliran permukaan di seluruh wilayah DAS Ciliwung berbasis data satelit penginderaan jauh. Data yang digunakan adalah *Digital Elevation Model* (DEM) dari *Space Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) dan citra satelit SPOT-4. DEM SRTM digunakan untuk menentukan batas DAS dan luas penampang piksel, Sedangkan citra satelit SPOT-4 digunakan untuk memetakan kondisi penutup lahan wilayah DAS. Semua informasi yang dihasilkan akan menjadi masukan untuk menghitung distribusi spasial debit aliran permukaan di DAS Ciliwung.

## 2 METODOLOGI

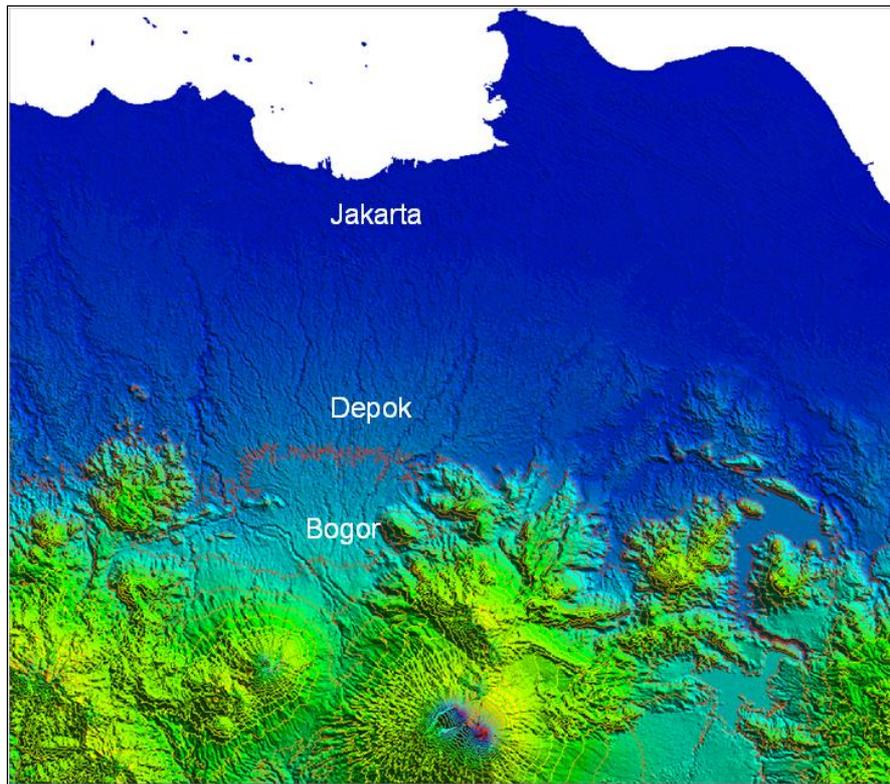
### 2.1 Data yang digunakan

Data-data yang digunakan dalam kegiatan ini adalah sebagai berikut:

- Data *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) untuk wilayah Jabotabek dengan resolusi spasial 90 m untuk perekaman 2000.
- Data SPOT-4 untuk wilayah Jabotabek dan sekitarnya dengan resolusi spasial 20 m untuk perekaman tahun 2007.
- Data jenis tanah dan titik lokasi pintu air Depok dan Katulampa, Bogor.

### 2.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah DAS Ciliwung yang mencakup wilayah Jakarta, Depok dan Bogor seperti diperlihatkan pada Gambar 2-1:



Gambar 2-1: Tampilan 3 dimensi untuk wilayah Jakarta, Depok, dan Bogor

Pemilihan lokasi dilakukan dengan mempertimbangkan:

- DAS Ciliwung menjadi fokus kegiatan mitigasi bencana banjir karena hampir setiap tahun terjadi bencana banjir di DAS tersebut.
- Kondisi topografi DAS dan tutupan lahan yang bervariasi.
- Ketersediaan data utama dan data pendukung.

### 2.3 Tahapan Kegiatan

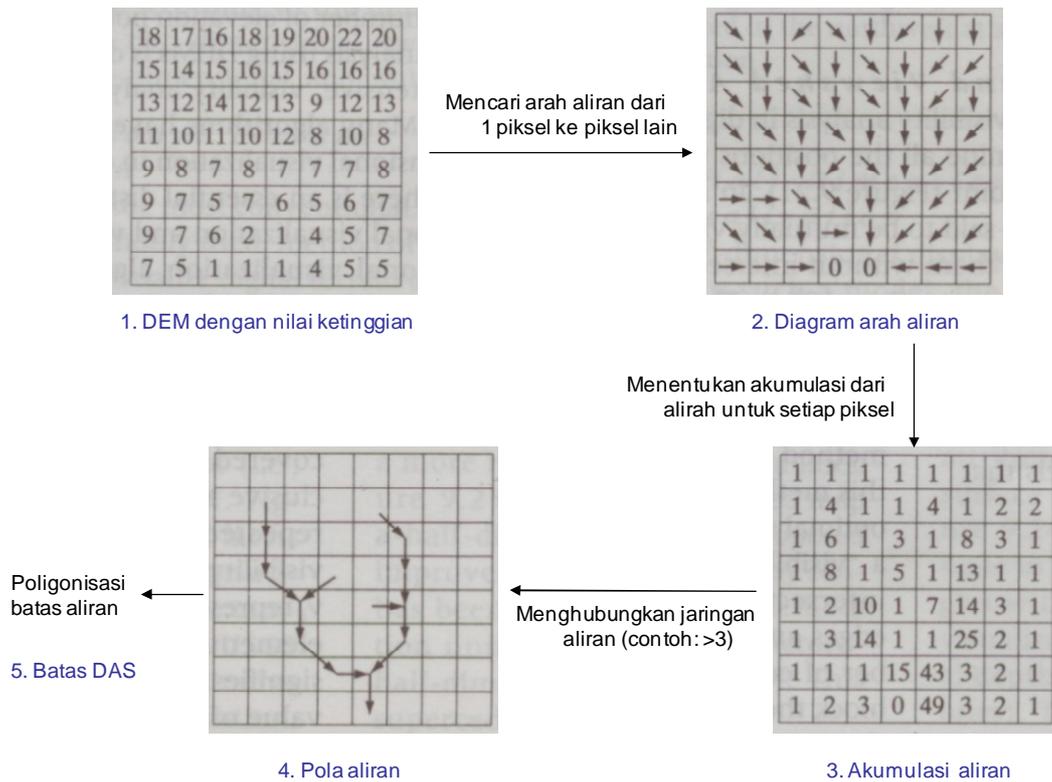
Tahapan kegiatan dibagi menjadi 5 tahapan utama, yaitu:

- Pembuatan batas DAS.
- Penentuan luas penampang piksel berbasis data DEM.
- Klasifikasi penutup lahan.
- Perhitungan distribusi spasial debit aliran.
- Analisis distribusi spasial debit aliran.

#### a. Pembuatan batas DAS

Perbedaan ketinggian setiap piksel pada data DEM dapat digunakan untuk menentukan ke arah mana air akan mengalir (arah aliran), kemudian

menghitung akumulasi aliran yang terjadi dan akhirnya memetakan batas daerah aliran. Gambar 2-2 memperlihatkan alur pembuatan arah aliran, akumulasi aliran dan batas daerah aliran (Yeung, 2003). Pembuatan arah aliran dilakukan dengan menentukan kemiringan antar piksel yang terbesar (pada 8 piksel di sekeliling setiap piksel) dengan memperhatikan perbedaan ketinggian dan jarak antar piksel, metode ini dikenal dengan metode kemiringan tercuram (*the steepest slope*). Sehingga dihasilkan diagram arah aliran yang menunjukkan arah aliran dari masing-masing piksel. Selanjutnya menghitung jumlah (akumulasi) arah aliran yang mengarah pada suatu piksel ditambah arah aliran piksel tersebut, sehingga diperoleh *Akumulasi aliran* untuk setiap piksel. Pola aliran dibuat dengan menarik garis untuk menghubungkan piksel dengan akumulasi rendah mengarah ke piksel dengan akumulasi lebih tinggi. Dan tahap terakhir adalah membuat poligon untuk membatasi semua arah aliran yang menuju kepada outlet tersebut.



Gambar 2-2: Pembuatan batas DAS menggunakan DEM

**b. Penentuan luas penampang piksel berbasis data DEM**

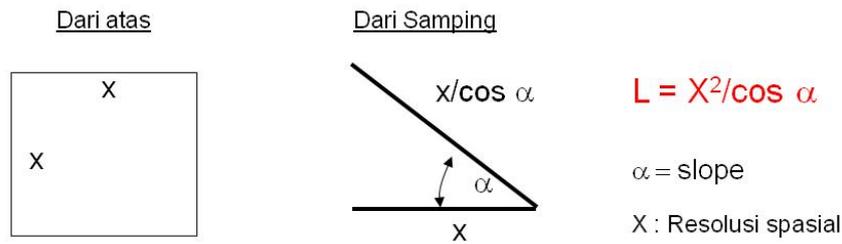
Pada umumnya perhitungan luas dilakukan tanpa memperhitungkan kondisi topografi wilayah, artinya semua piksel diasumsikan dalam kondisi flat. Sehingga luasan setiap piksel diperoleh dengan perkalian sisi-sisinya (resolusi spasial piksel) seperti pada Gambar 2-2. Tapi kenyataannya permukaan bumi tidak flat, tetapi mempunyai topografi yang bervariasi sehingga perlu dihitung luas dengan mempertimbangkan topografi wilayah. Setiap piksel memiliki *slope* (kemiringan) dan aspek (arah kemiringan), sehingga luas penampang piksel dipengaruhi oleh kedua parameter tersebut. Karena perhitungan penampang piksel dengan memperhatikan aspek dan *slope* masih dalam kajian, maka di sini hanya dihitung penampang piksel dengan memperhatikan *slope* (Gambar 2-3).

Tahapan yang dilakukan untuk menghitungnya adalah dengan melakukan penurunan informasi *slope* dari data

DEM untuk setiap piksel, kemudian menentukan resolusi spasial piksel dan memasukan dalam persamaan pada Gambar 2-3. Luasan ini untuk selanjutnya disebut luasan 3 dimensi.

**c. Klasifikasi penutup lahan**

Klasifikasi penutup lahan dilakukan dengan metode digitasi visual dengan memperhatikan kunci-kunci interpretasi menggunakan data SPOT-4 untuk perekaman 2007. Pada tahap awal penutup lahan diklasifikasikan dalam 10 kelas yaitu: semak belukar, fasilitas umum, hutan, kampung, perkotaan, tegalan dan ladang, perkebunan, sawah, lahan terbuka dan tubuh air (waduk/danau). Selanjutnya dilakukan perubahan data dari bentuk vektor menjadi *raster* dan dilakukan klasifikasi ulang sesuai dengan jenis penutup lahan pada tabel koefisien aliran (Tabel 2-1). Tabel koefisien aliran ini diacu dari laporan Direktorat Penyelidikan Masalah Air (Puslitbang Air) tahun 1984 dan Hardiningrum (2005).



Gambar 2-3:Perhitungan penampang piksel dengan pertimbangan *slope*

Tabel 2-1: TABEL KOEFISIEN ALIRAN PERMUKAAN

Tutupan lahan	Kemiringan	Koefisien run-off (tipe tanah lempung)
Perairan	-	0
Pertanian	0 – 5%	0.5
	5 – 10%	0.6
	10 – 30 %	0.7
Perkebunan	0 – 5%	0.5
	5 – 10%	0.6
	10 – 30 %	0.72
Permukiman	0 – 5%	0.45
	5 – 10%	0.55
	10 – 30 %	0.65
Hutan	0 – 5%	0.3
	5 – 10%	0.35
	10 – 30 %	0.5
Semak-semak/padang rumput	0 – 5%	0.3
	5 – 10%	0.35
	10 – 30 %	0.4

**d. Perhitungan distribusi spasial debit aliran permukaan**

- Perhitungan koefisien aliran permukaan

Koefisien aliran adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan (Aliran) terhadap besarnya curah hujan. Koefisien aliran ditentukan dengan menggunakan Tabel koefisien aliran pada Tabel 2-1. Untuk menentukan nilai koefisien aliran setiap piksel maka diperlukan informasi mengenai jenis tanah (peta jenis tanah), jenis penutup lahan dan kemiringan lahan. Jenis penutup lahan dikelaskan menjadi 6 kelas, sedangkan kemiringan lahan dikelaskan menjadi 3 kelas sesuai Tabel 2-1. Selanjutnya ketiga informasi ini digabungkan untuk

menentukan nilai koefisien aliran untuk setiap piksel.

- Perhitungan debit aliran permukaan

Metode yang digunakan untuk menentukan nilai debit pada penelitian ini adalah metode rasional (Asdak, 2007) sebagai berikut:

$$Q = K C I A \tag{2-1}$$

Dimana:

- Q: Debit aliran (m<sup>3</sup>/s),
- K:Konstanta pengubah (konversi)
- C:Koefisien aliran
- I :Intensitas curah hujan (mm/jam)
- A:Luas area DAS (m<sup>2</sup>)

**e. Analisis distribusi spasial debit aliran permukaan**

Analisis distribusi spasial debit aliran dilakukan dengan membandingkan distribusi debit aliran pada setiap pintu air terhadap debit total DAS Ciliwung.

Selain itu dilakukan analisis hubungan antara kondisi penutup lahan dengan tingkat debit aliran di DAS Ciliwung.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

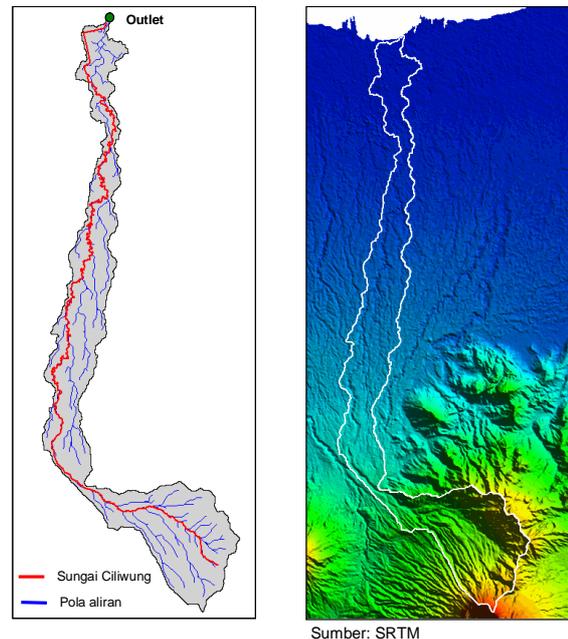
#### 3.1 Batas DAS dan Pengujian

Hasil pemetaan pola aliran dan batas DAS Ciliwung diperlihatkan pada Gambar 3-1 (kiri). Pola aliran permukaan diperlihatkan dengan garis biru, aliran sungai Ciliwung diperlihatkan dengan garis merah tebal, sedangkan batas DAS dengan garis hitam. Pada pola aliran, cabang-cabang aliran (orde 1) akan bergabung menjadi aliran yang lebih besar (orde 2) dan seterusnya, sehingga membentuk aliran utama (orde tertinggi). Aliran utama dari pola aliran bertumpah tindih secara akurat dengan Sungai Ciliwung. Pengujian terhadap batas DAS dilakukan dengan melakukan tumpang tindih antara batas DAS Ciliwung dengan tampilan 3D topografi seperti diperlihatkan pada Gambar 3-1 (kanan). Terlihat bahwa pada wilayah bertopografi tinggi, garis batas DAS melalui punggung gunung (igir-igir) sesuai dengan definisi DAS (Asdak, 2007). Ini berarti bahwa pola aliran yang dibuat cukup akurat dan batas DAS yang dibentuk mempunyai tingkat akurasi yang baik.

#### 3.2 Luas Penampang Piksel

Distribusi spasial luas penampang piksel 2 dimensi (tanpa *slope*) dan 3 dimensi (dengan *slope*) ditampilkan pada Gambar 3-2. Luas berbasis 2 dimensi (tengah) mempunyai luas penampang piksel tetap yaitu 8100 m<sup>2</sup> (hasil perkalian resolusi spasial 90 m), sedangkan luas berbasis 3 dimensi (kanan) mempunyai luas penampang piksel yang berbeda untuk kemiringan berbeda. Semakin miring wilayah (pegunungan) semakin besar luas

penampang pikselnya. Sebagai contoh luas penampang piksel di bagian hulu DAS Ciliwung mencapai 11000 m<sup>2</sup>.



Gambar 3-1: Pola aliran dan batas DAS Ciliwung

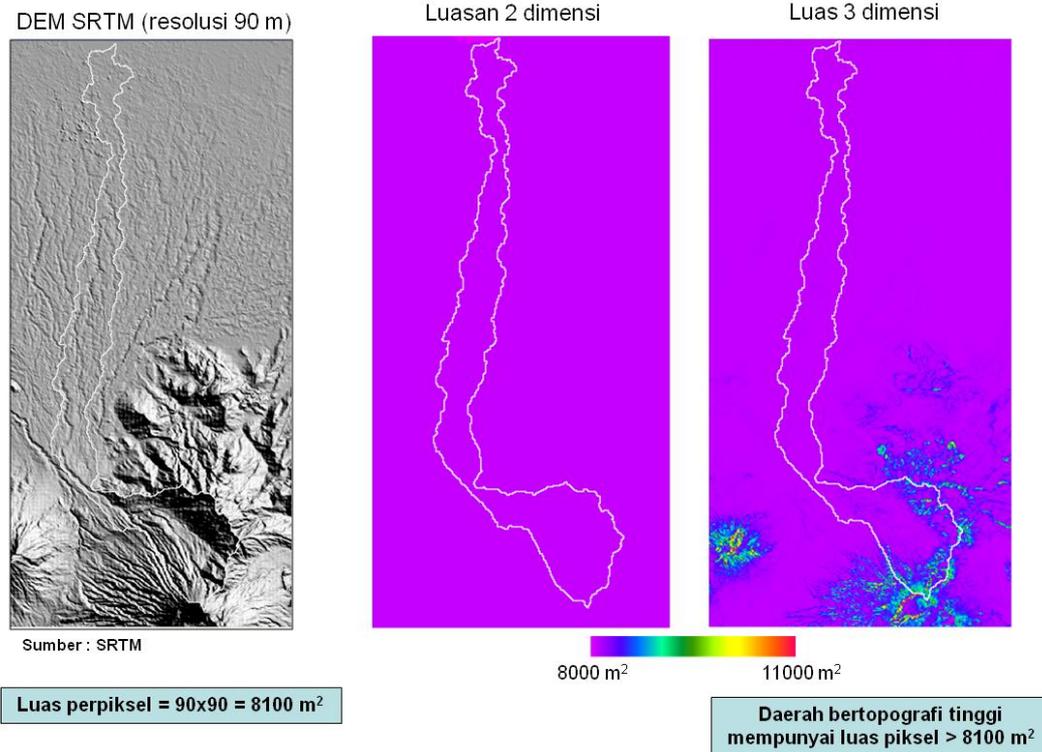
Luas penampang piksel 2 dimensi dan 3 dimensi yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung luas DAS Ciliwung dan luas setiap jenis penutup lahan di DAS tersebut. Dari hasil perhitungan diperoleh perbedaan luas sekitar 4 km<sup>2</sup> antara perhitungan berbasis 2 dimensi dan 3 dimensi. Luas 2 dimensi DAS Ciliwung sebesar 372 km<sup>2</sup> sedangkan luas 3 dimensi sebesar 376 km<sup>2</sup>. Hasil luas 3 dimensi lebih mendekati luas hasil perhitungan yang dikeluarkan oleh Badan Planologi Kementerian kehutanan sebesar 375 km<sup>2</sup> atau Badan Pengelolaan DAS (2008) sebesar 382.6 km<sup>2</sup>.

#### 3.3 Penutup lahan, Kemiringan lahan dan Jenis tanah

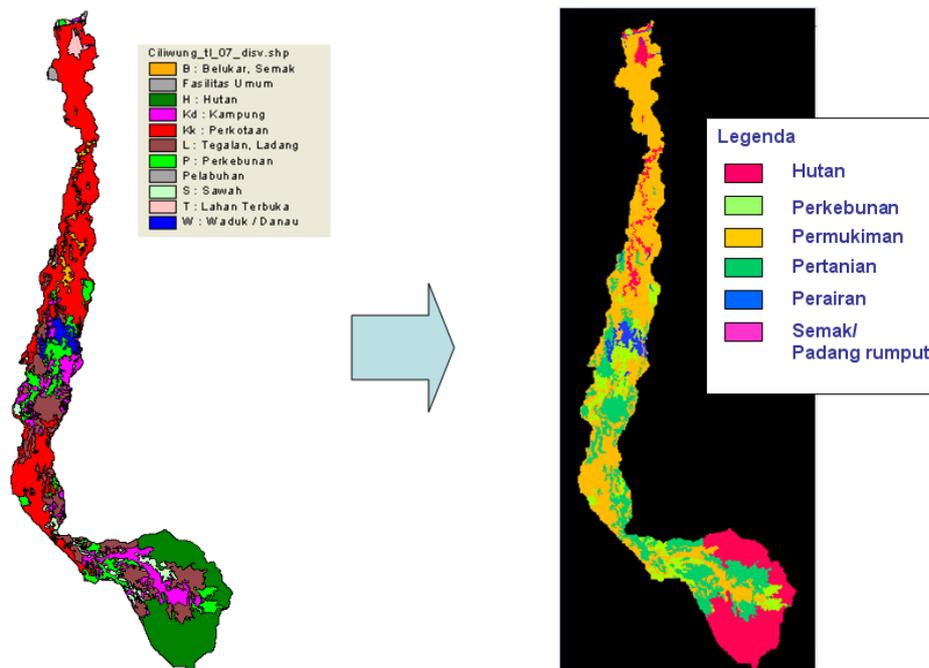
Perhitungan debit aliran membutuhkan nilai koefisien aliran, sedangkan untuk menentukan koefisien aliran diperlukan informasi penutup lahan, kemiringan lahan dan jenis tanah. Penutup lahan yang digunakan merupakan data vektor yang diperoleh dari bidang Instalasi Pengolahan Data, Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan

Teknologi Penginderaan Jauh-LAPAN, dimana data SPOT-4 tahun 2007 diklasifikasi menjadi 10 kelas. Selanjutnya informasi penutup lahan dalam bentuk data vektor diubah menjadi *raster* dan dilakukan reklasifikasi menjadi 6 kelas sesuai dengan Tabel 2-1 (Gambar 3-3). Kemudian

informasi kemiringan lahan di kelaskan menjadi 3 kelas kemiringan lahan (0-5%, 5-10% dan >10%) seperti terlihat pada Gambar 3-4. Untuk jenis tanah diketahui bahwa jenis dan tekstur tanah di DAS Ciliwung didominasi oleh jenis tanah *aluvial* sehingga digolongkan ke dalam tipe tanah lempung.



Gambar 3-2: Luasan penampang piksel 2 dimensi dan 3 dimensi



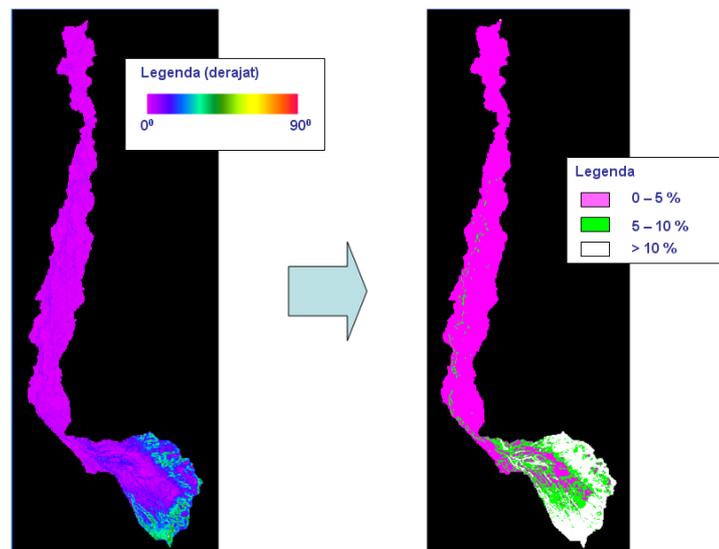
Gambar 3-3: Rasterisasi dan reklasifikasi penutup lahan sesuai dengan Tabel 2-1

### 3.4 Debit Aliran Permukaan

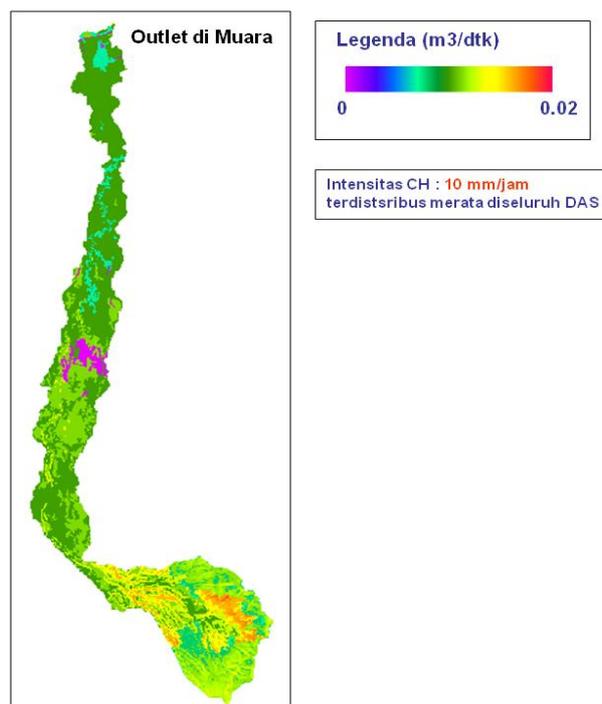
Debit aliran permukaan dihitung dengan menggunakan persamaan rasional (persamaan 2-1) yang telah dijelaskan dalam bab Metodologi. Input yang dibutuhkan untuk menghitung debit adalah luas penampang piksel, koefisien aliran dan intensitas curah hujan. Curah hujan diasumsikan sebesar 10 mm dengan distribusi yang merata di seluruh DAS Ciliwung. Hasil distribusi

spasial debit aliran permukaan di seluruh wilayah DAS Ciliwung diperlihatkan pada Gambar 3-5. Berdasarkan pengamatan terhadap distribusi spasial debit aliran permukaan di seluruh wilayah DAS, dapat diketahui bahwa bagian hulu DAS Ciliwung mempunyai debit aliran yang paling besar (warna kuning dan merah) dibandingkan bagian tengah dan hilir DAS Ciliwung.

**Klasifikasi Slope (Kemiringan) DAS Ciliwung**



Gambar 3-4:Klasifikasi kemiringan lahan sesuai dengan Tabel 2-1



Gambar 3-5:Distribusi spasial debit aliran permukaan di DAS Ciliwung

Untuk mengetahui kontribusi debit aliran dari setiap wilayah terhadap besarnya debit aliran permukaan total di DAS Ciliwung, maka dilakukan perhitungan debit total untuk setiap wilayah seperti pada Gambar 3-6. Debit total dihitung dengan menjumlahkan seluruh debit aliran permukaan di setiap piksel yang terdapat di dalam wilayah tersebut. Tiga (3) wilayah yang dianalisis adalah:

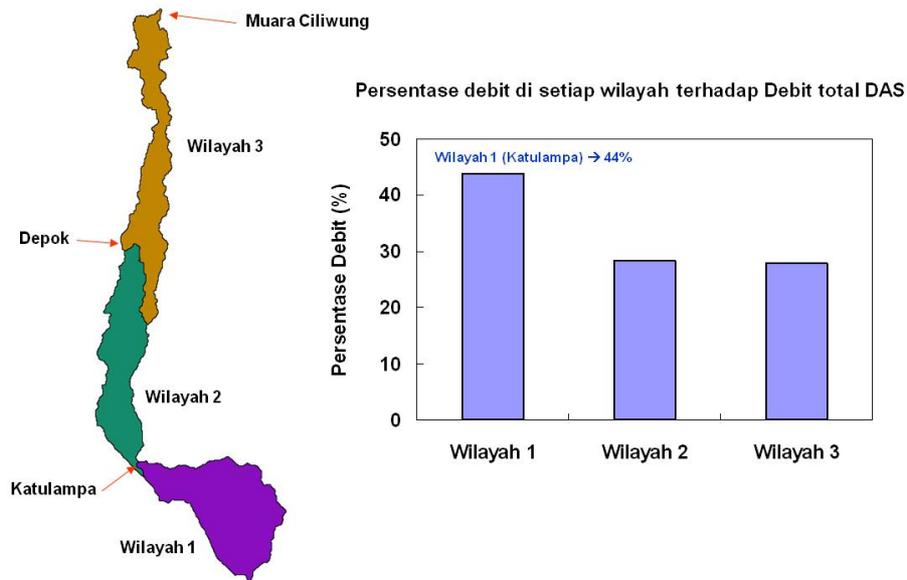
- Wilayah 1, wilayah dengan outlet di pintu air Katulampa Bogor yang mewakili DAS bagian hulu
- Wilayah 2, wilayah dengan outlet di pintu air Depok yang mewakili DAS bagian tengah dan hilir
- Wilayah 3, wilayah dengan outlet di muara Ciliwung yang mewakili DAS bagian hilir

Hasilnya memperlihatkan bahwa debit total di wilayah 1 (DAS bagian hulu) menyumbangkan 44% dari total debit di seluruh DAS Ciliwung. Sedangkan wilayah 2 dan wilayah 3 masing-masing menyumbangkan sekitar 28% dari total debit DAS Ciliwung. Hasil ini tidak terlalu berbeda dengan yang disampaikan oleh Pawitan (2002) bahwa bagian hulu dan tengah DAS Ciliwung menyumbang 49% - 51 % dari total debit air di seluruh DAS Ciliwung.

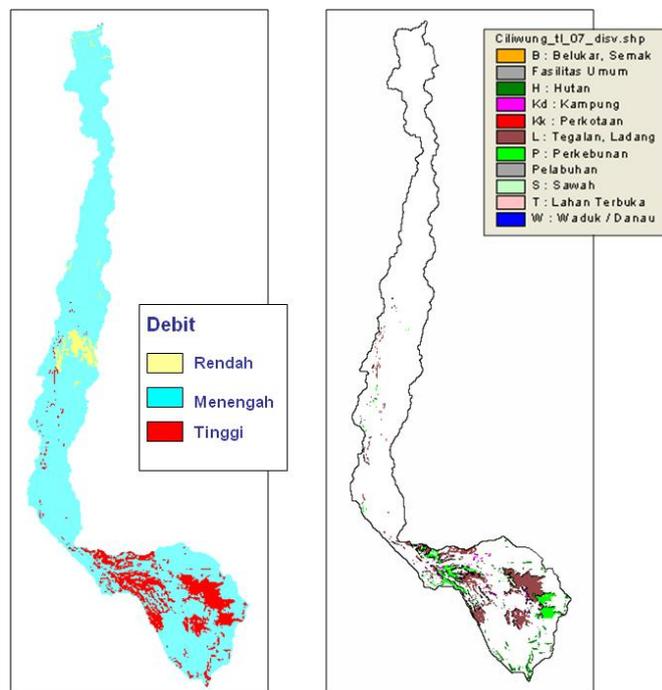
Informasi mengenai distribusi spasial debit aliran permukaan dapat dimanfaatkan untuk memetakan area DAS yang mempunyai debit aliran permukaan yang tinggi. Sebagai contoh, interval debit aliran permukaan pada Gambar 3-7 (kiri) dibagi menjadi 3 kelas debit aliran yaitu: debit aliran rendah,

debit aliran sedang dan debit aliran tinggi. Selanjutnya diidentifikasi jenis penutup lahan di area DAS yang mempunyai kelas debit aliran tinggi seperti pada Gambar 3-7 (kanan). Selanjutnya luasan dari setiap jenis penutup lahan tersebut dihitung dan ditampilkan seperti Gambar 3-8. Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa kelas debit tinggi terdapat di bagian hulu DAS yang mempunyai kondisi kemiringan yang tinggi dengan jenis tutupan lahan utama adalah tegalan/ladang (coklat) dan perkebunan (hijau). Sementara berdasarkan Gambar 3-8 terlihat bahwa jenis tutupan lahan yang terluas adalah tegalan (sekitar 24 km<sup>2</sup>) kemudian perkebunan (sekitar 10 km<sup>2</sup>), sawah (sekitar 4 km<sup>2</sup>), hutan (3.5 km<sup>2</sup>) dan permukiman. Hutan teridentifikasi mempunyai debit aliran permukaan yang tinggi disebabkan wilayahnya mempunyai kemiringan yang tinggi (curam).

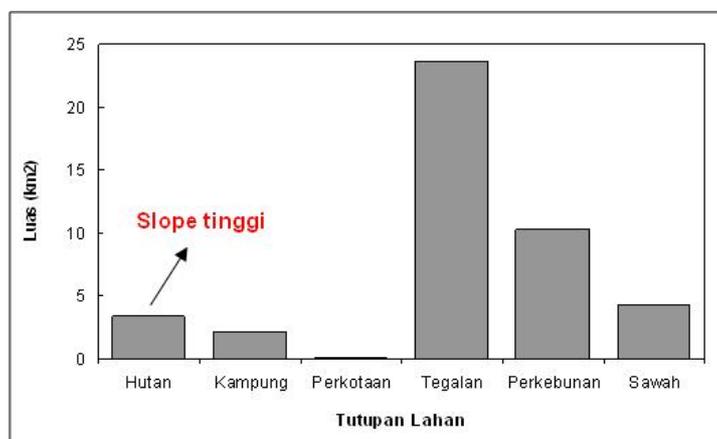
Informasi mengenai area DAS dengan kelas debit tinggi, jenis tutupan lahan dan luas tutupan lahan pada area tersebut dapat digunakan sebagai masukan untuk perencanaan tata ruang wilayah dan usaha pengendalian banjir. Sebagai contoh bila jenis tutupan lahan di area tersebut adalah hutan maka perlu dilakukan konservasi untuk memelihara dan melindunginya sehingga debit aliran permukaan tidak meningkat. Sebaliknya bila wilayah itu sudah mengalami kerusakan dan konversi lahan maka perlu dilakukan usaha penghijauan kembali untuk mengurangi debit aliran permukaan di area tersebut.



Gambar 3-6: Debit total disetiap wilayah terhadap besarnya debit total di DAS Ciliwung



Gambar 3-7: Kelas debit dan jenis tutupan lahan pada kelas debit tinggi



Gambar 3-8: Jenis dan luas penutup lahan pada kelas debit tinggi

#### 4 KESIMPULAN

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari hasil penelitian ini adalah:

- Data DEM dapat dimanfaatkan untuk pembuatan pola aliran dan batas DAS dengan tingkat akurasi yang baik dan perhitungan luas penampang piksel 3 dimensi dengan mempertimbangkan kemiringan lahan sehingga menghasilkan luasan wilayah yang sesuai dengan kondisi topografi wilayah.
- Pengamatan terhadap total debit sungai di setiap outlet (misalnya: pintu air) dapat digunakan untuk menganalisa pengaruh setiap bagian DAS terhadap total debit DAS, sebagai contoh: debit sungai di pintu air Katulampa Bogor (DAS Ciliwung Hulu) memberikan sumbangan 44% dari total debit DAS.
- Distribusi spasial debit aliran permukaan bermanfaat untuk mengidentifikasi area di DAS yang mempunyai debit tinggi, sehingga menjadi informasi masukan untuk penataan ruang wilayah dan usaha pengendalian banjir.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Asdak, C., 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. batanghari/Bab4.pdf.
- BP DAS, 2008. Renstra 2008-2013, <http://bpdasctw.wordpress.com/2008/08/21/kondisi-saat-ini-renstra-2008-2013>
- Direktorat Penyelidikan Masalah Air (Puslitbang Air), 1984, *Laporan Penyusunan Arah Pemanfaatan Ruang di DAS Batang hari*, <http://www.penataanruang.net/ta/Lapdul04/P3/DAS>.
- Hardaningrum F., Taufik M., dan Muljo B., 2005. *Analisis Genangan Air Hujan di Kawasan Delta dengan Menggunakan Penginderaan Jauh dan SIG*, Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV, Surabaya. <Http://bebasbanjir2025.wordpress.com/konsep-pemerintah/bpdas-citarum-ciliwung/>.
- Pawitan, H, 2002. Flood hydrology and an integrated approach to remedy the Jakarta floods, International Conference on Urban Hydrology for the 21<sup>st</sup> Century, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Pratisto A. dan Danoedoro P., 2008. *Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respon Debit dan Bahaya Banjir (Studi Kasus di DAS Gesing, Purworejo Berdasarkan Citra Landsat TM dan ASTER VNIR)*. PIT MAPIN XVII, Bandung
- Suroso, dan Susanto H.A., 2006. *Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Daerah Aliran Sungai Banjarn, Jurnal Teknik Sipil*, Vol.3, No.2.
- Yeung, A.K.W., 2003. *Concepts and Techniques of Geographic Information Systems*, University of Geogria Athens, Georgia-USA, Prentice Hall of India, New Delhi 2003.