

PEMANFAATAN DATA PENGINDERAAN JAUH UNTUK ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN LAHAN TERHADAP DISTRIBUSI SPASIAL DAERAH BAHAYA BANJIR DI DKI JAKARTA DAN KOEFISIEN ALIRAN PERMUKAAN

Indah Prasasti^{*)}, Parwati Sofan^{*)}, Nur Febrianti^{*)}, Totok Suprpto^{*)}

^{*)}Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh - LAPAN

e-mail: septian_5990@yahoo.com

Abstract

The flood has been a regular event in DKI Jakarta, the capital city of Indonesia, every year during rainy season when the intensity and frequency of rainfall tend to increase in the last decade. Land use change in the water catchment area, both at up stream and down stream is one of the factors that effected to the spreading of flood prone areas in Jakarta. Remote sensing data is able to analyze the land use change and give information in wide scale areas. This research aimed to assess the effect of land use change in the spatial distribution of flood prone areas and runoff coefficient (C). Spatial distribution of flood prone areas illustrates potential areas prone to flooding, while the runoff coefficient can be utilized as an appraisal of the damage condition of a river basin. The data used are Landsat TM in 2007 and 2012, TRMM, SRTM DEM-90 m, and the Land System map. Runoff is calculated using the SCS method, whereby the value of CN is suspected based on the classification of Landsat TM land and the Antecedent Moisture Condition (AMC) is calculated from TRMM rainfall. Meanwhile, the spatial distribution of flood-prone areas composed of several parameters of the data derived from remote sensing, integrated with GIS methods. The results indicated that an increase in the area of settlement that occurred in whole regions have improved the watershed area which was originally classed as a low flood hazard area to be an area of moderate to high flood hazard. In addition, it shows that the average of the runoff coefficient in the Ciliwung river basin increased in year 2002 to 2012. This condition indicates the tendency of the damage in the Ciliwung river basin, which increased the potential of flood in Jakarta area.

Key Words: *Remote sensing data, Flood hazard, Landsat TM, TRMM, surface runoff coefficient*

Abstrak

Banjir di beberapa wilayah DKI Jakarta tiap tahun selalu terjadi, khususnya pada puncak musim hujan yang intensitas dan frekuensi kejadiannya cenderung meningkat pada dekade terakhir. Salah satu penyebabnya adalah perubahan penggunaan lahan di hulu maupun di hilir DAS wilayah DKI. Informasi penggunaan lahan dapat diekstraksi dari data inderaja yang mempunyai keunggulan cakupannya yang luas. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh perubahan lahan terhadap distribusi spasial daerah rawan banjir dan nilai koefisien aliran permukaan (C). Distribusi spasial daerah rawan banjir menggambarkan potensi daerah-daerah yang rawan terhadap banjir, sedangkan koefisien aliran permukaan dapat digunakan sebagai penilaian terhadap kondisi kerusakan suatu DAS. Data yang digunakan adalah Landsat TM tahun 2007 dan 2012, TRMM, DEM-SRTM 90 m, dan peta Land System. Aliran permukaan dihitung menggunakan metode SCS, dimana nilai CN diduga berdasarkan hasil klasifikasi lahan dari data Landsat TM dan nilai AMC diduga dari curah hujan TRMM. Sementara itu, distribusi spasial daerah rawan banjir disusun dari beberapa parameter yang diturunkan dari data inderaja yang diintegrasikan dengan metode SIG. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan luas area permukiman yang terjadi di semua wilayah DAS telah meningkatkan luas area yang semula terklasifikasi sebagai daerah tidak rawan banjir rendah menjadi daerah cukup rawan dan rawan banjir. Selain itu menunjukkan bahwa koefisien C rata-rata di wilayah DAS Ciliwung meningkat dari tahun 2002 – 2012. Kondisi ini mengindikasikan kecenderungan kerusakan DAS Ciliwung yang memungkinkan peningkatan potensi banjir di wilayah DKI Jakarta.

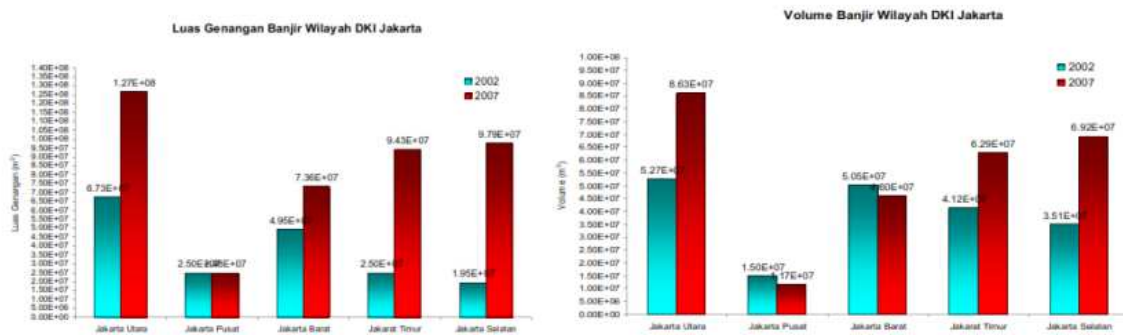
Kata Kunci: *Data inderaja, Bahaya Banjir, Landsat TM, TRMM, Koefisien Aliran Permukaan*

1. Pendahuluan

Sejak zaman Belanda (tahun 1654, 1872, 1909, dan 1918) hingga tahun 2014 ini, Provinsi Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta selalu mengalami banjir, khususnya terjadi pada masa puncak musim penghujan. Bahkan pada dekade terakhir ini, intensitas, frekuensi, luas genangan dan volume banjir semakin meningkat (Gambar 1)(Martdianto dan Kadri, 2012). Walaupun sudah banyak usaha yang telah dilakukan oleh Pemerintah DKI Jakarta, namun dirasa masih kurang optimal. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya yang terintegrasi, yakni kombinasi berbagai upaya yang bersifat infrastruktur dan

nonstruktur agar kerugian akibat banjir dapat diminimalisir. Salah satu upaya untuk penanggulangan banjir adalah melalui kegiatan penelitian, baik penelitian dasar maupun pengembangan, antara lain seperti: analisis resiko banjir atau pengembangan instrumen penilaian bahaya, kerentanan, dan resiko bencana tingkat lokal.

DKI Jakarta merupakan wilayah yang memiliki nilai sangat strategis karena merupakan lokasi Ibukota Negara Indonesia dan pusat bisnis. Oleh karena itu, banjir yang melanda Jakarta akan sangat berdampak pada kondisi perekonomian Indonesia dan mendapat perhatian oleh semua pihak. Dengan demikian, upaya pencegahan dan antisipasi dini sangat penting dikaji dan dikembangkan secara terus menerus.



Gambar 1-1. Luas genangan dan volume banjir di wilayah DKI Jakarta tahun 2002 dan 2007

(Sumber: Martdianto dan Kadri, 2012)

Faktor yang menjadi kontributor utama banjir di Jakarta adalah jumlah aliran permukaan dari hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung yang melampaui kapasitas tampung badan/aliran sungai. DAS Ciliwung merupakan salah satu sungai utama yang bermuara di Teluk Jakarta. Kondisi ini makin diperparah oleh adanya perubahan fungsi lahan baik di dalam wilayah Jakarta maupun wilayah penyangganya (Depok, Tangerang, Bogor, Bekasi) akibat pembangunan dan urbanisasi, perubahan lahan di wilayah sekitar DAS, buruknya sistem drainase, penurunan permukaan tanah (*land subsidence*) akibat meningkatnya eksploitasi dan penggunaan air tanah untuk pemenuhan kebutuhan air domestik, pemanfaatan bantaran sungai sebagai pemukiman yang makin mempersempit badan sungai, pembuangan sampah dan limbah pabrik ke sungai, dan sebagainya. Oleh karena itu, kajian terkait dengan penilaian kondisi DAS dan pemantauan perubahan penggunaan lahan yang terus menerus seiring dengan makin berkembangnya wilayah-wilayah di sekitar DAS yang mempengaruhi banjir di Jakarta perlu dilakukan.

Ada beberapa definisi tentang banjir, seperti yang dijelaskan dalam Peraturan Pemerintah No. 38 Tahun 2011 tentang Sungai yang menguraikan bahwa banjir adalah peristiwa meluapnya air sungai melebihi palung sungai. Sementara menurut dinas pekerjaan umum, banjir merupakan suatu keadaan sungai, dimana aliran air tidak tertampung oleh palung sungai, sehingga terjadi limpasan dan atau genangan pada lahan yang semestinya kering (PU Provinsi DKI Jakarta, 2008). Sedangkan menurut Badan koordinasi nasional, banjir merupakan peristiwa terbenamnya daratan (yang biasanya kering) karena volume air yang meningkat (Bakornas, 2007).

Berbagai jenis data indera dapat digunakan untuk analisis banjir, seperti: citra Jers-1 (Asriningrum *et al.*, 1998), Landsat TM/ETM (Wiweka, 2002; Haryani *et al.*, 2012), SPOT 5 dan DEM SRTM (Haryani *et al.* 2012), SPOT 4 dan DEM SRTM (Rahma *et al.*, 2009), ALOS/PALSAR HH (Samarasinghe *et al.*, 2010), dan Quickbird (Yulianto *et al.*, 2009). Oleh karena itu, kajian perubahan penutup/penggunaan lahan dengan memanfaatkan data penginderaan jauh (indera) pun sudah banyak dilakukan. Hal ini dikarenakan potensi data indera yang sangat baik terutama dalam hal cakupan wilayahnya yang luas, sehingga proses identifikasi jenis penutup/penggunaan lahan dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien. Demikian pula dengan kajian pemanfaatan data indera untuk banjir telah dilakukan oleh beberapa peneliti, antara lain Asriningrum *et al.* (1998), Wiweka (2002), Tralli *et al.* (2005), Yulianto *et al.* (2009), Rahma *et al.* (2009), Samarasinghe *et al.* (2010), dan Haryani *et al.* (2012). Namun demikian, kajian dampak perubahan lahan terhadap perluasan wilayah terkategori rawan banjir dan keterkaitannya perubahan lahan dengan kondisi kekritisitas DAS masih perlu dilakukan. Salah satu penilaian kekritisitas sebuah DAS dapat dilakukan berdasarkan perubahan nilai koefisien aliran permukaan (C). Koefisien aliran permukaan (C) merupakan perbandingan jumlah aliran permukaan (yang mengalir) dengan jumlah air hujan yang turun, yakni koefisien yang dapat digunakan untuk mengindikasikan rusaknya kawasan hutan di hulu (Mawardi, 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh perubahan lahan terhadap distribusi spasial daerah rawan banjir dan nilai koefisien aliran permukaan (C). Penelitian ini hanya membatasi banjir yang terjadi akibat luapan sungai, bukan banjir akibat pasang surut (rob) dan genangan banjir yang bukan luapan sungai.

2. Metodologi

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah: data Landsat ETM+ SLC *off* dari NASA path/row 122/064 dan 122/065 tahun , TRMM, DEM SRTM 90 m, batas DAS dari BPDAS Ciliwung-Citarum, dan peta *Land System* skala 1 : 250.000. Peta *land system* diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Alat yang digunakan adalah perangkat lunak ERMAPPER 7.0 dan Arc View GIS 3.2.

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yakni: a/. Ekstraksi penutup/penggunaan lahan, b/. Penentuan distribusi daerah bahaya banjir, c/. Perhitungan aliran permukaan. Masing-masing tahapan dilakukan melalui beberapa tahapan pekerjaan.

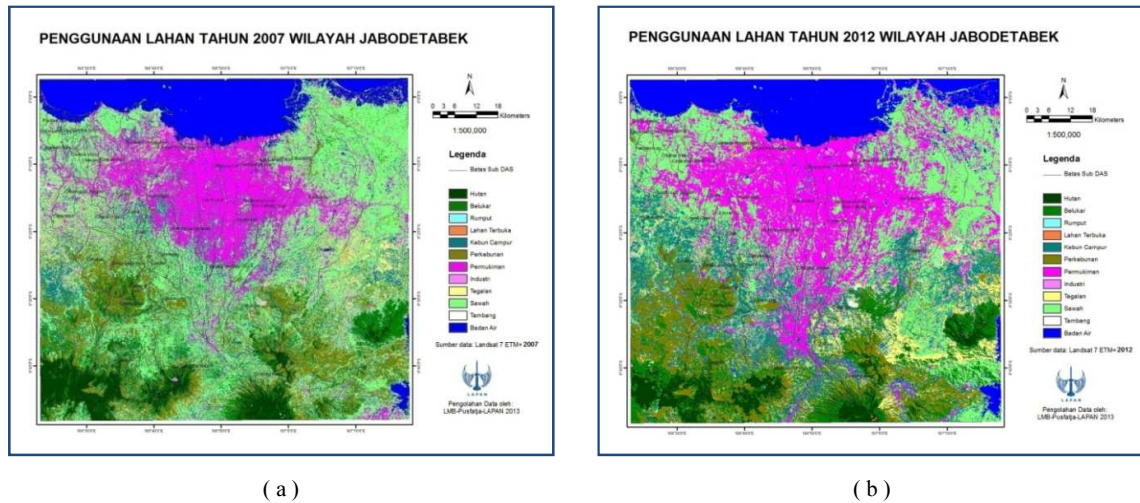
a/. **Ekstraksi penutup/penggunaan lahan.** Ekstraksi penutup/penggunaan lahan diperoleh dari data Landsat ETM+ tahun 2002, 2007, dan 2012. Ekstraksi ini dilakukan menggunakan teknik klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised*) berdasarkan metode ISODATA. Teknik klasifikasi ini pada prinsipnya menghitung nilai rata-rata setiap kelas secara *iterative* dengan menerapkan teknik jarak minimum (*minimum distance*). Kemudian, hasilnya diklasifikasikan menjadi 12 kelas penggunaan lahan. Selanjutnya menggunakan batas masing-masing sub DAS dilakukan *cropping*, perhitungan persentase perubahan luasnya pada tahun 2012 terhadap tahun 2007 pada masing-masing kelas penggunaan lahan.

b/. **Penentuan distribusi spasial daerah rawan banjir.** Penentuan daerah bahaya banjir dilakukan melalui beberapa tahapan proses pekerjaan, yakni: 1/. Ekstraksi informasi jaringan sungai, elevasi dan kemiringan lereng dari data DEM SRTM 90 m. Selanjutnya, elevasi dari DEM SRTM dikoreksi terhadap data titik tinggi hasil pengukuran BIG. Kemudian dari informasi jaringan sungai dibuat *buffering* berdasarkan jaraknya dari badan sungai. 2/. Mengklasifikasi daerah dataran banjir dan non-banjir dari peta *land system*. 3/. Menentukan kelas laju infiltrasi berdasarkan tekstur tanah. 4/. Menentukan kriteria dan skor dari masing-masing parameter (kelas penutup/penggunaan lahan, kelas jarak dari badan sungai, kelas dataran banjir dan non banjir, dan kelas laju infiltrasi). 5/. Menentukan distribusi spasial daerah rawan banjir berdasarkan semua parameter yang digunakan menggunakan teknik tumpang-tindih secara SIG (Sistem Informasi Geografi). 6/. Menghitung luas dan persentase luas perubahan masing-masing kelas daerah rawan banjir pada masing-masing sub DAS di wilayah Jabodetabek. 7/. Melakukan analisis korelasi (r) antara persentase perubahan luas masing-masing kelas penutup/penggunaan lahan dengan persentase perubahan luas masing-masing kelas rawan banjir pada masing-masing sub DAS di wilayah Jabodetabek. Analisis korelasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Minitab 14.

c/. **Perhitungan aliran permukaan.** Aliran permukaan dihitung menggunakan metode SCS. Tahapan yang dilakukan untuk menghitung besaran aliran permukaan ini adalah sebagai berikut: 1/. Menentukan kelas hidrologi tanah berdasarkan peta *land system*, 2/. Menentukan akumulasi curah hujan 5 harian dan harian dari data TRMM, 3/. Menentukan nilai kelembaban tanah awal ($AMC = Antecedent Soil Moisture Condition$) pada kondisi kering, normal, dan basah ($AMC I$, $AMC II$, dan $AMC III$), 4/. Menghitung angka kurva limpasan ($CN = curve number$), 5/. Menghitung nilai potensi maksimum retensi setelah limpasan (S), 6/. Menghitung aliran permukaan (Q) berdasarkan curah hujan harian dan potensi maksimum retensi setelah limpasan, 7/. Menghitung koefisien aliran permukaan (C). Berikut ini adalah persamaan-persamaan yang digunakan dalam menghitung aliran permukaan menggunakan metode SCS: $S = \frac{25400}{CN} - 254$, $Q = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8S}$, dan $C = \frac{Q}{P}$, dengan Q adalah limpasan permukaan bulanan (mm), P adalah curah hujan bulanan TRMM (mm), S adalah perbedaan antara curah hujan dan limpasan permukaan (mm), CN adalah *curve number* tiap penggunaan lahan, dan C adalah koefisien aliran permukaan. 8/. Perhitungan dan ekstraksi koefisien aliran permukaan rata-rata bulanan dan pada masing-masing jenis penutup/penggunaan lahan.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil ekstraksi informasi penutup/penggunaan lahan tahun 2007 dan 2012 dari data Landsat menunjukkan adanya peningkatan dan perluasan area terklasifikasi sebagai permukiman di wilayah Jabodetabek (Gambar 3-1). Kemudian dengan menggunakan batas masing-masing sub DAS dilakukan perhitungan luas dan persentase perubahan luas masing-masing kelas penutup/penggunaan lahan pada tahun 2007 dan 2012. Ada 12 sub DAS di wilayah Jabodetabek, yakni: Angke-Pesanggrahan, Cileleus, Ciliwung, Cimanceuri, Cipasilian, Cirarab, Cisadane, Kali Bekasi, Kali Buaran, Kali Cakung, Kali Krukut, dan Kali Sunter.



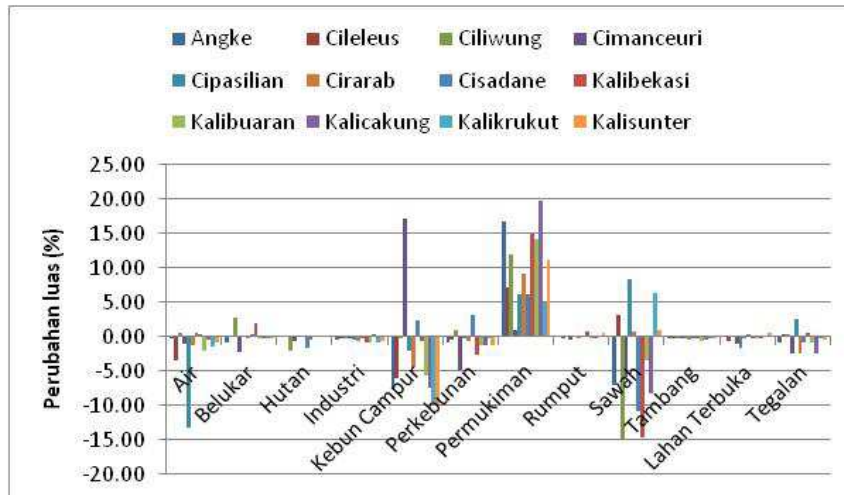
Gambar 3-1. Distribusi spasial Penutup/penggunaan lahan di wilayah Jabodetabek tahun 2007 (a) dan 2012 (b)

3.1. Pengaruh Perubahan Penutup/Penggunaan Lahan Terhadap Potensi Rawan Banjir

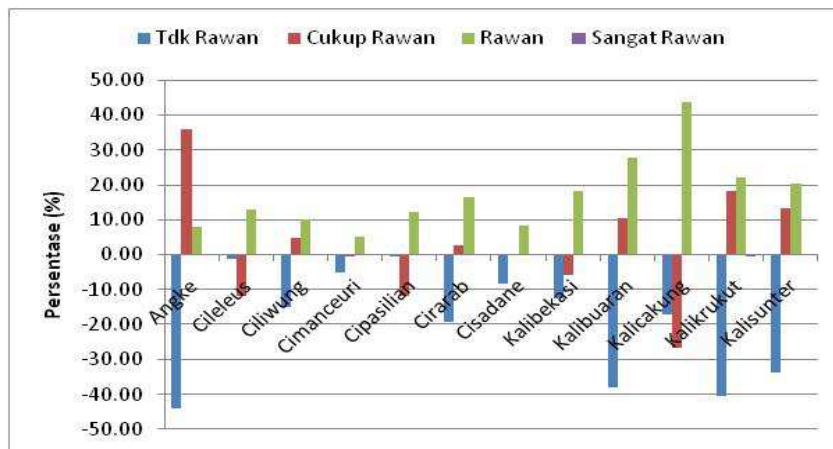
Hasil perhitungan persentase perubahan luas penutup/penggunaan lahan dari tahun 2007 ke 2012 pada masing-masing 12 sub DAS di wilayah Jabodetabek disajikan pada Gambar 3-2. Berdasarkan Gambar 3-2 tampak telah terjadi peningkatan persentase luas areal permukiman di semua wilayah sub DAS di Jabodetabek. Persentase peningkatan permukiman terluas (> 10%) terjadi di wilayah sub DAS Cakung (19.81%), Angke-Pesanggrahan (16.89%), Kali Bekasi (14.98%), Kali Buaran (14.11%), Ciliwung (12.02%), dan Kali Sunter (11.26%). Selain itu, di semua wilayah DAS terjadi pula penurunan luas areal sawah dan yang cukup signifikan (> 10%) terjadi di wilayah DAS Ciliwung (14.72%), Kali Bekasi (14.50%), dan Cisadane (10.83%). Di DAS Ciliwung terjadi pula penurunan luas kawasan hutan sebesar 1.93%. Penurunan persentase luas areal juga terjadi pada kelas penggunaan lahan kebun campur (kecuali di Kali Cakung yang meningkat lebih dari 10%), perkebunan, dan hutan. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian areal sawah, kebun campur, perkebunan, dan hutan telah terkonversi menjadi permukiman dan/atau penggunaan lainnya. Kondisi ini terjadi di hampir seluruh wilayah sub DAS di Jabodetabek.

Model distribusi spasial daerah rawan banjir dalam penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan data penginderaan jauh. Distribusi spasial daerah rawan banjir dihasilkan dari tumpang-susun (*overlay*) antara hasil klasifikasi: kelas penggunaan/penutup lahan, kelas kemiringan lereng (kelerengan), kelas jarak terhadap aliran/badan sungai, kelas daerah dataran banjir dan non banjir, dan kelas laju infiltrasi tanah. Pada parameter penggunaan lahan, kelas penggunaan lahan yang digunakan dan nilai skornya adalah sebagai berikut: hutan (skor 1), belukar, rumput, tanah kosong, tambang (skor 2), perkebunan, kebun campur (skor 3), sawah, tegalan (skor 4), permukiman, industri, air (skor 5). Kelas kelerengan yang digunakan dengan nilai skornya adalah sangat curam dengan kelerengan > 65% dan curam dengan kelerengan 45 – 65 % (skor 1), agak curam dengan kelerengan 30-45 % (skor 2), miring/bergelombang dengan kelerengan 15-30 % dan agak miring/bergelombang dengan kelerengan 8-15 % (skor 3), landai/berombak dengan kelerengan 3-8 % (skor 4), datar dengan kelerengan 0-3 % (skor 5). Jarak sungai dengan kelas: 0-500 m (skor 4), 500-1000 m (skor 3), 1000-1500 m (skor 2), lebih besar 1500 m (skor 1). Infiltrasi tanah dibagi menjadi kelas: 8-12 mm/jam (skor 1), 4-8 mm/jam (skor 2), 1-4

mm/jam (skor 3), 0-1 mm/jam (skor 4). Analisis semua parameter dilakukan dengan menerapkan metode pembobotan dan skoring secara SIG. Selanjutnya, daerah rawan banjir diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yakni: tidak rawan, cukup rawan, rawan, dan sangat rawan. Kemudian, dari hasil ekstraksi masing-masing kelas kerawanan banjir pada tahun 2007 dan 2012 di masing-masing sub DAS dihitung persentase perubahan luas pada masing-masing kelas kerawanan banjirnya (Gambar 3-3).



Gambar 3-2. Persentase perubahan luas masing-masing kelas penggunaan/penutup lahan dari tahun 2007 – 2012 di masing-masing sub DAS di Jabodetabek



Gambar 3-3. Persentase perubahan luas masing-masing kelas kerawanan banjir dari tahun 2007 – 2012 di masing-masing sub DAS di Jabodetabek

Dari hasil pemetaan distribusi daerah rawan banjir di semua wilayah sub DAS selama periode tahun 2007 – 2012 menunjukkan terjadinya penurunan luas daerah kategori tidak rawan yang meningkat menjadi kelas cukup rawan dan rawan. Penurunan tertinggi (> 30%) persentase luas dari tidak rawan banjir terjadi di sub DAS Kali Angke (44.08%), Kali Krukut (40.37%), Kali Buaran (38.05%), dan Kali Sunter (33.82%)(Gambar 3-3). Peningkatan persentase luas kelas rawan tertinggi (>10%) terjadi di sub DAS Kali Cakung, Kali Buaran, Kali Krukut, Kali Sunter, Kali Bekasi, Cirarab, Cileleus, dan Cipasilian.

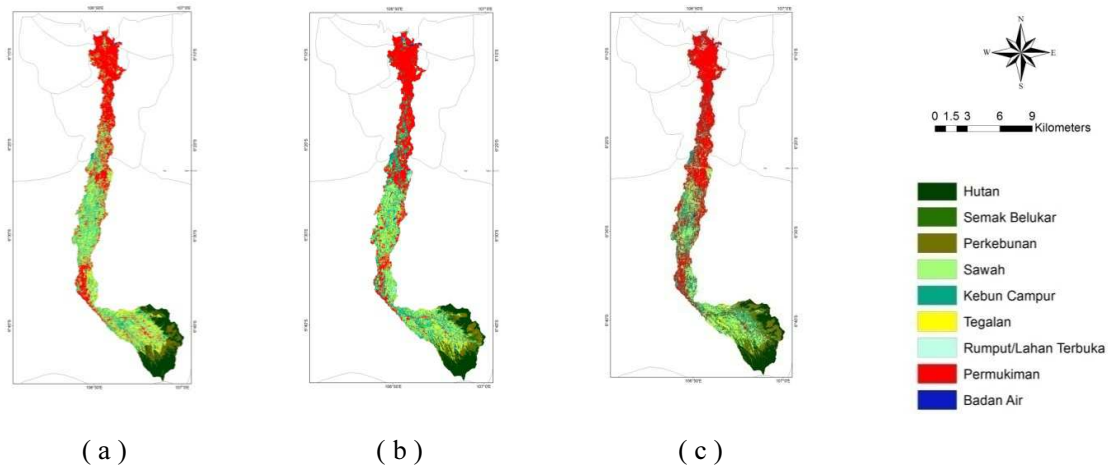
Selanjutnya, berdasarkan persentase luas perubahan masing-masing penutup/penggunaan lahan dan persentase perubahan masing-masing kelas kerawanan banjir pada masing-masing sub DAS di wilayah Jabodetabek dilakukan analisis korelasi dengan menggunakan perangkat lunak Minitab 14. Dari hasil analisis korelasi (r) antara persentase perubahan masing-masing kelas kerawanan banjir dengan persentase perubahan masing-masing kelas penggunaan/penutup lahan selama periode 2007 – 2012 menunjukkan bahwa peningkatan persentase luas daerah rawan banjir terjadi akibat berkurangnya luas areal kebun campur ($r = - 0.53$) dan makin luasnya areal permukiman ($r = 0.59$). Sementara itu, korelasi dengan kelas penutup/penggunaan lahan lainnya tidak cukup signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang cukup erat antara penambahan luas areal permukiman dan pengurangan luas areal kebun campur dengan potensi kenaikan daerah yang terkategori rawan banjir di semua sub DAS di wilayah Jabodetabek.

3.2. Pengaruh Perubahan Penutup/Penggunaan Lahan DAS Ciliwung Terhadap Koefisien Aliran Permukaan

Salah satu penyebab banjir di wilayah DKI Jakarta adalah tingginya curah hujan di wilayah hulu DAS Ciliwung. DAS Ciliwung merupakan DAS utama yang mengalir membelah kota Jakarta dan bermuara di Teluk Jakarta. Dengan demikian, apabila di wilayah hulu DAS Ciliwung telah terjadi luapan air, maka luapan air tersebut akan menjadi banjir kiriman ke wilayah DKI Jakarta.

Kegiatan manusia yang telah mengubah pola penutup/penggunaan lahan dalam suatu DAS tentu akan mempengaruhi pola aliran air pada DAS tersebut. Oleh sebab itu, kerusakan lingkungan yang terjadi di wilayah hulu DAS Ciliwung tentu akan berpengaruh terhadap banjir yang terjadi di DKI Jakarta. Ketika hulu DAS mengalami kerusakan lahan akibat pengelolaan yang tidak baik dan tidak sesuai kemampuan lahan dengan penggunaannya, maka akan mengganggu fungsi hidrologis, sosial ekonomi, produksi pertanian, dan permukiman, sehingga akan meningkatkan potensi erosi dan kejadian longsor di wilayah hulu dan potensi banjir dan sedimentasi di wilayah hilir. Menurut Asdak (2010), salah satu indikator untuk menentukan apakah suatu DAS telah mengalami gangguan (fisik) adalah angka koefisien aliran permukaan (C). Aliran permukaan merupakan bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah akibat laju curah hujan melampaui laju infiltrasi air ke dalam tanah, kemudian mengalir di permukaan menuju ke sungai, danau, dan lautan.

Berdasarkan hasil ekstraksi informasi penutup/penggunaan lahan tahun 2002, 2007, dan 2012 di DAS Ciliwung menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan penutup/penggunaan lahan di wilayah DAS Ciliwung (Gambar 3-4). Selama periode tersebut tampak areal permukiman makin meningkat, baik pada wilayah hulu, tengah, dan hilir DAS. Bagian hulu berada di daerah puncak Kabupaten Bogor sampai ke daerah Katulampa dan bagian tengah berada di daerah Ratujaya, Depok, sedangkan bagian hilir DAS ini hingga ke Banjir Kanal Barat daerah Manggarai. Pada tahun 2012, areal permukiman di wilayah DAS Ciliwung ini meningkat menjadi sekitar 44.7% dari total luas DAS. Perluasan areal permukiman terjadi terutama di wilayah tengah dan hilir. Peningkatan areal permukiman tentu akan meningkatkan kawasan kedap air yang memiliki kemampuan infiltrasi rendah, sehingga potensi aliran permukaan akan meningkat.



Gambar 3-4. Pola Penutup/Penggunaan Lahan di DAS Ciliwung pada Tahun 2002 (a), 2007 (b), dan 2012 (c)

Berdasarkan hasil ekstraksi penutup/penggunaan lahan dilakukan perhitungan dan ekstraksi nilai C untuk DAS Ciliwung pada tahun 2002, 2007, dan 2012. Hasil perhitungan dan ekstraksi nilai C rata-rata untuk masing-masing penutup/penggunaan lahan dan perubahannya disajikan pada Tabel 3-1, sedangkan nilai C rata-rata bulanan pada Tabel 3-2. Nilai C terendah pada penutup lahan hutan, sedangkan tertinggi pada area permukiman. Keberadaan pepohonan di kawasan hutan akan meningkatkan volume air hujan yang masuk ke dalam tanah melalui proses infiltrasi, sehingga mengurangi jumlah curah hujan yang mengalir sebagai aliran permukaan. Sebaliknya, pada area permukiman yang didominasi oleh permukaan yang kedap air menyebabkan hanya sedikit curah hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah, sehingga jumlah aliran permukaan meningkat. Kondisi inilah yang menyebabkan nilai C di area permukiman lebih tinggi dibandingkan di area hutan. Setiap jenis penggunaan lahan memiliki kemampuan yang berbeda dalam menginfiltrasikan air hujan ke dalam tanah. Dengan demikian, jumlah air hujan yang meresap ke dalam tanah dan yang mengalir sebagai aliran permukaan juga akan berbeda pada setiap jenis penggunaan lahan.

Tabel 3-1. Perubahan koefisien aliran permukaan tiap penggunaan lahan di DAS Ciliwung

Penggunaan Lahan	C perhitungan			C*
	2002	2007	2012	2002
Hutan	0.46	0.53	0.64	0.40-0.50
Semak	0.54	0.58	0.67	
Perkebunan	0.52	0.63	0.70	0.50-0.60
Sawah	0.58	0.67	0.69	0.40-0.60
Kebun Campur	0.57	0.64	0.68	
Tegalan	0.58	0.67	0.69	0.40-0.60
Rumput	0.54	0.57	0.66	
Pemukiman	0.67	0.74	0.74	0.50-0.65

Ket: * merupakan hasil perhitungan Suwargana (2010)

Tabel 3-2. Perubahan Jumlah aliran permukaan (Q) (mm) dan koefisien aliran permukaan rata-rata (C) bulanan di DAS Ciliwung selama periode 2002 – 2012

Bulan	Q (mm)			P (mm)			C		
	2002	2007	2012	2002	2007	2012	2002	2007	2012
Jan	635	210	357	689	259	408	0.92	0.81	0.88
Feb	421	552	278	474	606	328	0.89	0.91	0.85
Mar	241	201	153	291	251	199	0.83	0.80	0.77
Apr	156	210	214	204	259	262	0.76	0.81	0.82
Mei	73	87	74	115	130	114	0.63	0.67	0.65
Jun	19	76	27	49	118	59	0.39	0.64	0.46
Jul	110	9	2	155	31	4	0.71	0.29	0.50
Ags	2	10	2	17	36	5	0.12	0.28	0.40
Sep	3	15	357	17	43	408	0.18	0.35	0.88
Okt	1	118	87	11	164	129	0.09	0.72	0.67
Nov	129	148	267	175	195	316	0.74	0.76	0.84
Des	107	444	381	152	497	432	0.70	0.89	0.88
Rata2							0.58	0.66	0.72

Pada semua kelas penutup lahan tampak terjadi peningkatan nilai C dari tahun ke tahun. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya penyusutan (misal: pada hutan) dan/atau penambahan (misal: pada permukiman) luas masing-masing jenis penutup/penggunaan lahannya. Kondisi ini tentu mengakibatkan perubahan proporsi rata-rata curah hujan yang turun terhadap rata-rata jumlah aliran permukaan persatuan luas masing-masing jenis penutup/penggunaan lahannya. Menurut USGS (2014), karakteristik fisik yang mempengaruhi aliran permukaan adalah: penggunaan lahan, jenis penutup vegetasi, tipe tanah, drainase, ukuran DAS, elevasi, topografi (khususnya kemiringan lahan), dan pola jaringan drainase.

Nilai C juga berubah menurut musim. Pada musim hujan koefisien aliran permukaan lebih tinggi dibandingkan pada musim kemarau, kecuali pada bulan September 2012 (Tabel 3-2). Kondisi ini disebabkan pada musim penghujan, curah hujan lebih tinggi dibandingkan pada musim kemarau. Faktor meteorologi yang berpengaruh terhadap besaran aliran permukaan adalah: curah hujan (jumlah, durasi, intensitas, dan distribusi), arah pergerakan hujan, dan kondisi iklim dan meteorologi lainnya yang mempengaruhi evapotranspirasi seperti: suhu, angin, kelembaban relatif (RH), dan musim (USGS, 2014). Selain itu, nilai C rata-rata antar tahun pada DAS Ciliwung tampak makin meningkat dari tahun 2002, 2007, 2012. Hal ini menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan gangguan fisik pada DAS Ciliwung yang memungkinkan meningkatnya potensi banjir di hilir (DKI Jakarta). Menurut BPDAS Citarum Ciliwung (2009), DAS Ciliwung dari hulu sampai daerah Katulampa berbentuk dendritik yang artinya bahwa antara kenaikan aliran dengan penurunan aliran ketika banjir mempunyai durasi seimbang. Sementara itu, makin ke arah hilir berbentuk paralel (memanjang) dan makin sempit. Bentuk yang demikian mengakibatkan peranan kondisi lingkungan di wilayah hulu menjadi penting dan akan memberikan kontribusi aliran permukaan dari hulu yang cukup besar. Dengan demikian, perubahan pola

penutup/penggunaan lahan akan mengakibatkan perubahan yang nyata terhadap karakteristik aliran sungai.

4. Kesimpulan

Pada setiap wilayah sub-DAS telah terjadi peningkatan luas area yang terklasifikasi sebagai daerah cukup rawan dan rawan banjir yang diakibatkan oleh adanya peningkatan luas area permukiman pada masing-masing sub-DAS. Khusus untuk DAS Ciliwung, nilai C rata-rata tahunan meningkat dari tahun 2002, 2007, dan 2012. Peningkatan nilai C juga terjadi pada semua jenis penutup lahan. Ada indikasi peningkatan degradasi DAS Ciliwung yang memungkinkan peningkatan potensi banjir di hilir (DKI Jakarta).

5. Daftar Rujukan

- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Asriningrum, W., A.S. Hapip, H. Gunawan, I. Prasasti, A. Hidayat, Sumardjo. 1998. *Analisis daerah rentan banjir Jakarta dan sekitarnya berdasarkan klasifikasi bentuk lahan dan penutup/penggunaan lahan dari citra Jers-1*. Majalah LAPAN. No. 85. Th XXII April 1998.
- Bakornas PB. 2007. *Pedoman Penanggulangan Bencana Banjir Tahun 2007/2008*. Pelaksana Harian Bakornas PB. Jakarta.
- BPDAS Citarum Ciliwung. 2009. *Laporan Akhir: Penyusunan Rencana Detil Penanganan Banjir di Wilayah Jabodetabekjur*. Departemen Kehutanan. Dirjen Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial. Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Citarum-Ciliwung. <http://bebasbanjir2025.wordpress.com/konsep-pemerintah/bpdas-citarum-ciliwung/>. [Diakses tanggal 24 Maret 2014].
- Haryani, N.S., A. Zubaidah, D. Dirgahayu, Hidayat, F. Yulianto, J. Pasaribu. 2012. *Model bahaya banjir menggunakan data penginderaan jauh di Kabupaten Sampang*. *Jurnal Penginderaan Jauh*. Vol. 9, No. 1, Juni 2012. p: 52 – 66.
- Martdianto, R. dan T. Kadri. 2012. *Prioritas Penentuan Lokasi Waduk pada DAS Ciliwung untuk Pengendalian Banjir Jakarta*. J@TI Undip, Vol. VII, No. 2, Mei 2012. p: 123 – 130. www.ejournal.undip.ac.id/index.php/jgti/article/view/4503/4114. [Diakses tanggal 17 Maret 2014]
- Mawardani, I. 2010. *Kerusakan daerah aliran sungai dan penurunan daya dukung sumberdaya air di Pulau Jawa serta upaya penanganannya*. *Jurnal Hidrosfir Indonesia*. Vol. 5, No. 2. Agustus 2010. ISSN 1907-1043. p: 1 – 11. [Diakses tanggal 18 Maret 2014]
- PU Provinsi DKI Jakarta. 2008. *Penanganan Banjir Provinsi DKI Jakarta*. Jakarta.
- Rahma, B.M. Sukojo, Kustiyo. 2009. *Penentuan daerah retensi banjir menggunakan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (Studi Kasus Kabupaten Mojokerto)*. Undergraduate Theses. Geomatic Engineering.
- Samarasinghe, S.M.J.S., H.K.Nandalal, D.P.Weliwitiya, J.S.M.Fowze, M.K.Hazarika, L.Samarakoon. 2010. *Application Of Remote Sensing And Gis For Flood Risk Analysis: A Case Study At Kalu-*

- Ganga River, Sri Lanka*. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan 2010.
- 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 (ID) Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. p: 640 – 654.
- Tralli, D.M., R.G. Blom, V. Zlotnicki, A. Donellan, D.L. Evans. 2005. *Satellite remote sensing of earthquake, volcano, flood, landslide and coastal inundation hazards*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 59 (2005), p: 185 – 198.
- USGS (US Geological Survey). 2014. *The Water Cycle: Surface Runoff*. USGS: Science for a changing world. <http://water.usgs.gov/edu/watercyclerrunoff.html>. [Diakses tanggal 18 Maret 2014]
- Wiweka. 2008. *Resiko Banjir Kabupaten Gresik Berdasarkan Citra Satelit*. Berita Dirgantara Vol 9. No.4 Desember 2008. p: 83-90.
- Yulianto, F., M.A. Marfai, Parwati, Suwarsono. 2009. *Model Simulasi Luapan Banjir Sungai Ciliwung di Wilayah Kampung Melayu-Bukit Duri Jakarta, Indonesia*. Jurnal Penginderaan Jauh Vol.6, 2009. p: 43-53.