

PEMETAAN DAERAH POTENSI BANJIR DENGAN SEGMENTASI DATA *DIGITAL ELEVATION MODEL*. STUDI KASUS: DAS CILIWUNG DI DKI JAKARTA 2007

Indra Riyanto^{1,2}, Dodi Sudiana¹

1) Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia

2) Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Budi Luhur University

Abstract— Jakarta is situated at an altitude just above sea level and has naturally always been subject to regular flooding by the waterways cutting through the city, such as the Cisadane, Angke, Ciliwung, Bekasi and Citarum Rivers. Flood is influenced by some parameters like ground elevation and water level which most flood cases started from water overflowing the riverbank, the flood area boundary, and buildings along the river. Flood history data in Jakarta shows that flood occurs mainly during rainy season around January – February each year, but flood area varies each year. This research is aimed to map potential flood areas by segmenting the Digital Elevation Model (DEM) data using watershed segmentation method. The segmentation result is then mapped on Landsat 7 image as secondary data and compared to the flood data from Pemda DKI Jakarta in 2007. The analysis showed that there are differences between the location of the potential flooding area and the 2007 flood data map. The difference of flood area from the segmentation and 2007 flood data are 417,385 hectares and 265,39 hectares, respectively.

Key Words—Remote Sensing, watershed segmentation, DAS, DEM.

I. PENDAHULUAN

Banjir merupakan kejadian yang sangat mempengaruhi penduduk yang terkena dampaknya, baik secara langsung maupun tidak langsung. Terutama bagi penduduk yang tinggal di daerah aliran sungai dan daerah *floodplain*. Beberapa kejadian banjir besar yang melanda daerah tropis diakibatkan oleh angin muson yang mendorong air laut ke arah daratan sehingga menghambat aliran pada muara sungai dan mengakibatkan meluapnya sungai tersebut.

Banjir merupakan fenomena yang hampir selalu terjadi setiap tahun di Jakarta. Kota Jakarta setiap tahunnya mengalami banjir, namun ada beberapa tahun yang kejadiannya amat besar seperti kejadian banjir tahun 1996, 2002, dan 2007. Masa banjir bagi Kota Jakarta biasanya terjadi pada pertengahan musim hujan yang jatuh pada bulan Januari –Februari setiap tahunnya [1].

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan daerah rawan banjir berdasarkan sebaran banjir pada tahun 2007 yang mampu mengklasifikasi kenaikan permukaan air dengan menggunakan data penginderaan jarak jauh berupa data *Digital Elevation Model* (DEM) dan citra Landsat 7 sebagai data pendukung. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah model prediksi banjir dengan memanfaatkan data DEM dalam rangka mendukung dan memperkaya informasi pada pengawasan sistem pengendalian banjir.

II. TEORI PENGINDERAAN JAUH DAN PENGOLAHAN CITRA

2.1. Sistem *Remote Sensing* (Penginderaan Jauh)

Remote Sensing didefinisikan sebagai ilmu untuk mendapatkan informasi mengenai obyek-obyek pada permukaan bumi dengan analisis data yang didapatkan dari perangkat penginderaan jauh. Secara umum, *remote sensing* digunakan untuk menyatakan identifikasi rupa bumi dengan analisis radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh permukaan bumi. Setiap obyek pada permukaan bumi memantulkan atau menghamburkan sebagian dari energi elektromagnetik yang mengenai obyek tersebut, selain itu obyek juga memancarkan radiasi sesuai dengan temperatur dan emisivitasnya [5]. Secara khusus satelit digunakan sebagai wahana yang membawa sensor-sensor pencitraan untuk melakukan tugas tersebut sehingga disebut sebagai satelit penginderaan jauh.

Deteksi dan pemisahan obyek atau rupa bumi mencakup pendeteksian dan perekaman energi radiasi yang dipantulkan atau dipancarkan oleh obyek atau material permukaan. Obyek yang berbeda akan memberikan nilai dan jenis energi yang berbeda pada spektrum elektromagnetik. Suatu sistem penginderaan jauh menggunakan sensor yang dibawa satelit atau pesawat terbang dapat berupa sistem aktif atau pasif. Sistem sensor aktif menggunakan energi yang dipancarkan sendiri dari satelit atau pesawat, sedangkan sistem sensor pasif mengandalkan iluminasi (pencahayaan) dari matahari atau emisi dari obyek untuk pengamatannya. Data citra optik diperoleh satelit dari sistem sensor pasif, sedangkan data kontur (rupa bumi) dan citra radar didapatkan dari sistem sensor aktif.

Digital Elevation Model atau DEM adalah suatu representasi digital dari topografi permukaan tanah. DEM banyak digunakan dalam sistem informasi geografi dan menjadi basis yang paling banyak digunakan dalam pembuatan peta rupa bumi (*relief map*) secara digital. Dalam pemetaan digital, setiap bagian peta dibagi menjadi beberapa blok. Kemiringan lahan pada setiap blok tidak beraturan sehingga perlu untuk meminimalkan variabilitas kemiringan dalam satu blok. Secara teori, variabilitas ini dapat dikurangi dengan memperkecil interval sudut kemiringan yang digunakan untuk kriteria pembagian blok. Secara praktis, semakin kecil interval sudut kemiringan akan mempersulit proses pemetaan [2].

Penggunaan satelit pemantau bumi atau *earth observation satellite* non-militer dirintis oleh satelit TIROS untuk memantau cuaca dan pola awan. Penggunaan satelit

pemantau bumi skala luas dimulai dengan program Landsat (*Land Satellite*) untuk memantau permukaan bumi. Seri Landsat dimulai dengan Landsat 1 yang beroperasi pada kurun waktu 1972-1978 diikuti seri berikutnya kecuali Landsat 6 yang mengalami kegagalan dalam proses peluncuran, hingga yang terakhir adalah Landsat 7 yang beroperasi sejak 1999 hingga sekarang. Pada saat ini, Landsat 7 beroperasi dengan penurunan kemampuan akibat kerusakan pada sistem sensornya. Saat ini sedang dilakukan program *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM) untuk menjaga kesinambungan data pengamatan muka bumi oleh program Landsat. Gambar 2.6 menampilkan satelit yang digunakan oleh seri Landsat 4 dan 5.

2.2. Segmentasi Citra

Suatu citra dapat dinyatakan sebagai fungsi dua dimensi, $f(x, y)$, dimana x dan y adalah koordinat spasial dan nilai f pada setiap pasangan koordinat merupakan intensitas citra pada titik tersebut. Bila koordinat dan intensitas berupa angka tertentu dan bersifat diskrit, maka citra tersebut disebut citra digital. Setiap lokasi (koordinat) (x,y) pada citra memiliki nilai tertentu yang disebut *picture elements (pixel)*. Pada gambar juga terdapat informasi spasial yang dapat dikenali sebagai obyek. Pada penginderaan jauh, analisis citra dilakukan pada citra dengan *overhead perspective* (perspektif tampak atas) yang direpresentasikan secara digital. Karena direpresentasikan secara angka, maka nilainya dapat dimanipulasi [3].

Proses segmentasi membagi citra menjadi bagian-bagian atau obyek-obyek penyusunnya. Segmentasi pada citra dilakukan hingga obyek yang akan diamati pada kajian dapat dipisahkan dari obyek lainnya. Secara umum, segmentasi yang dilakukan secara otomatis merupakan bagian yang tersulit dalam pemrosesan citra [4]. Algoritma segmentasi untuk citra secara umum didasarkan pada satu diantara dua sifat dari hubungan nilai pixel-pixel yang ada pada citra tersebut dengan nilai pixel yang terdapat di sekelilingnya, yaitu kesamaan nilai dari pixel dan diskontinuitas nilai dari pixel tersebut. Pada kategori pertama, pendekatan dilakukan dengan melakukan pemisahan citra berdasarkan perubahan yang drastis dari nilai pixel. Untuk mendeteksi diskontinuitas, pada citra digital terdapat tiga jenis diskontinuitas, yaitu diskontinuitas titik, diskontinuitas garis, dan diskontinuitas tepian.

Konsep utama dalam segmentasi citra dengan morfologi watershed mencakup penggunaan deteksi diskontinuitas, segmentasi, dan *region processing*. Konsep *watershed* didasarkan pada visualisasi citra secara tiga dimensi dalam bentuk koordinat spasial. Dalam satu *region*, terdapat tiga titik yang memiliki ciri tersendiri yaitu:

- (a) Titik terendah dari suatu *region*,
- (b) Titik dimana bila tetesan air yang jatuh akan menuju titik terendah pada kondisi (a),
- (c) Titik dimana tetesan air yang jatuh dapat mengalir ke lebih dari satu titik terendah.

Pada kondisi (b), nilai titik terendah pada daerah tersebut disebut sebagai *catchment basin* atau *watershed*, sedangkan kondisi (c) disebut sebagai *watershed lines*. Tujuan dari segmentasi ini adalah untuk mencari *watershed lines* dari region-region yang ada pada citra tersebut.

Bila pada suatu citra terdapat set koordinat spasial M_1, M_2, \dots, M_R yang termasuk dalam satu minima dari *region* pada citra $g(x, y)$, dan $T[n]$ menyatakan set koordinat (s, t) dimana $g(s, t) < n$, maka

$$T[n] = \{(s, t) | g(s, t) < n\} \dots \dots \dots (2.1)$$

Secara geometris, koordinat $T[n]$ merupakan set koordinat titik $g(x, y)$ yang terletak di bawah bidang $g(x, y) = n$. Perendaman *region* dilakukan dengan peningkatan nilai secara *integer* dari $n = \min + 1$ hingga $n = \max + 1$, dimana \min dan \max menyatakan nilai terendah dan tertinggi dari $g(x, y)$. Bila $C_n(M_i)$ merupakan set koordinat titik yang berkaitan dengan nilai minimum pada tingkat n , $C_n(M_i)$ dapat dilihat sebagai citra biner yang dinyatakan dengan

$$C_n(M_i) = C(M_i) \cap T[n] \dots \dots \dots (2.2)$$

Untuk mendapatkan nilai minima dari suatu *region* yang relatif homogen pada citra biner dapat juga dilakukan dengan *distance transform*, yaitu menghitung jarak setiap pixel dengan pixel *nonzero*, atau dapat diartikan sebagai *boundary* yang terdekat. Dengan demikian, maka akan terdapat satu titik yang memiliki nilai *distance transform* yang terbesar pada suatu *region*, atau pixel yang letaknya paling jauh dari *boundary*. Nilai tersebut akan digunakan sebagai nilai minima dari *region* tersebut. Gambar 1 menunjukkan kelompok citra biner dan *distance transform*-nya.

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|------|------|------|------|------|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 3.00 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 3.00 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.41 | 2.00 | 2.24 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.41 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.41 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |

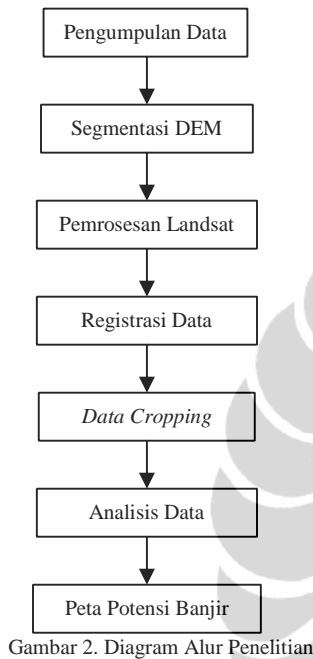
Gambar 1. Matriks Citra Biner dan hasil *Distance Transform*-nya [5]

Gambar 1(a) menunjukkan matriks dari suatu citra biner, sedangkan Gambar 1(b) menunjukkan *distance transform* dari pixel yang bersesuaian. Pada gambar tersebut, pixel dengan nilai 1 memiliki nilai *distance transform* 0 (nol). Pixel 0 pada posisi kanan atas memiliki nilai transformasi 3 karena terletak sejauh 3 pixel dari pixel 1 yang terdekat [5].

III. METODE PEMETAAN BANJIR

Metode pemetaan daerah banjir dilakukan dengan menggunakan DEM (*Digital Elevation Model*) wilayah DKI Jakarta yang merupakan hasil dari pengolahan data kontur DKI Jakarta tahun 2006 dan data satelit Landsat 7 sebagai data pendukung. Data DEM disegmentasi dengan metode segmentasi *watershed* untuk mendapatkan prediksi potensi banjir. Data Landsat 7 diproses menggunakan band-1, -2, dan -3 untuk mendapatkan citra *true color* dan band-1, -4, dan -5

untuk mendapatkan citra termal dari wilayah Jakarta. Setelah mendapatkan hasil segmentasi DEM dan citra komposit dari Landsat 7, kedua data diregistrasi agar posisi koordinatnya bersesuaian sehingga memudahkan pemrosesan lebih lanjut. Data yang telah teregistrasi kemudian dicropping untuk menentukan *area of interest* (daerah pengamatan) sebelum melakukan analisis. Keluaran yang diharapkan dari proses ini adalah informasi mengenai potensi banjir di sepanjang DAS Ciliwung yang berada di wilayah DKI Jakarta. Gambar 2 Menunjukkan alur metode penelitian.



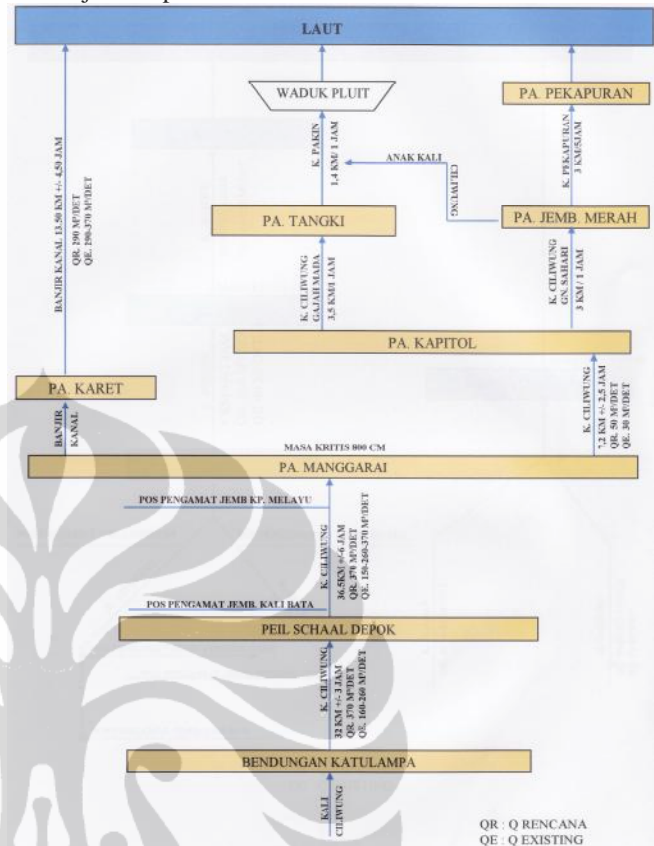
Diantara sungai-sungai yang mengalir di DKI Jakarta, Ciliwung adalah yang terbesar. DAS Ciliwung memiliki hulu di Gunung Gede–Pangrango dengan ketinggian lebih kurang 1.500 mdpl(di atas permukaan laut) dan bermuara di Teluk Jakarta. Di wilayah DKI Jakarta, sungai Ciliwung menerima aliran dari Kali Krukut yang berasal dari suatu danau berketinggian lebih kurang 90 mdpl yang terdapat di selatan Kota Depok. Kali Krukut sendiri juga mempunyai anak sungai yakni Kali Cideng yang mengalir antara Kali Ciliwung dan Kali Krukut kemudian mencurahkan airnya pada suatu lembah besar yang dahulu disebut Rawa Menteng. Daerah Aliran Sungai Ciliwung dan Cisadane yang melewati pusat kota Jakarta dapat dikelompokkan lagi menjadi tiga sub-wilayah, yaitu:

- sub-wilayah sungai Cisadane – Cidurian di bagian barat,
- sub-wilayah sungai Ciliwung dan sekitarnya di bagian tengah, dan
- sub-wilayah sungai Bekasi – Cibeet di bagian timur

Di wilayah kota yang terletak di bagian utara, terdapat dua kanal pengendali banjir, yaitu Banjir Kanal Barat yang sudah beroperasi, dan Banjir Kanal Timur yang sedang dalam pembangunan. Kanal–kanal ini akan menampung dan mengalirkan debit air sungai dan hujan yang berasal dari wilayah DKI Jakarta dan sekitarnya.

Pada Kali Ciliwung, instalasi pengendalian banjir terdapat di Pos Pengukuran di Bendungan Katulampa, Pos Pengukuran Depok, Pintu Air Manggarai, Pintu Air Karet, Pintu Air

Kapitol, Pintu Air Jembatan Merah, Pintu Air Pekapuran, Pintu Air Tangki, dan Pos Pengukuran Waduk Pluit. Sistem ini ditunjukkan pada Gambar 3.



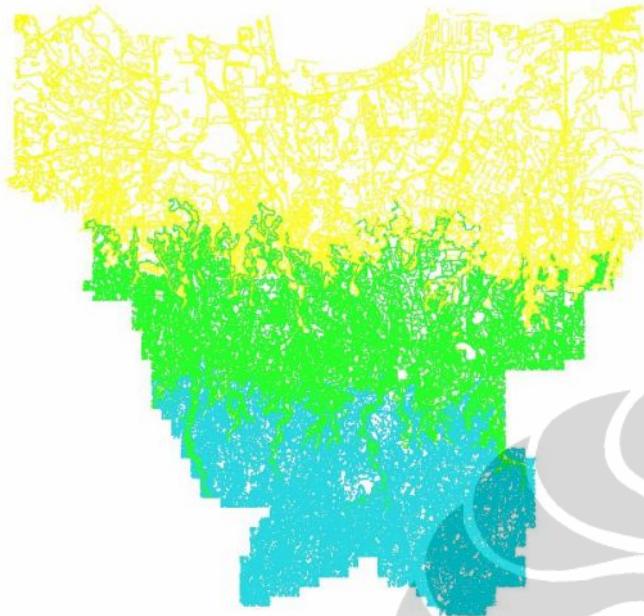
IV. SEGMENTASI WILAYAH POTENSI BANJIR

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ekstraksi ketinggian permukaan tanah dari data DEM, penggabungan Peta Aliran Sungai dengan data ketinggian permukaan tanah yang didapatkan dari DEM, dan klasifikasi daerah obyek dengan teknik segmentasi watershed pada citra DEM. Data yang digunakan adalah data digital dari ketinggian permukaan tanah (*Digital Elevation Model / DEM*) tahun 2006 di wilayah Provinsi DKI Jakarta dari Dinas Pemetaan dan Pertanahan (DPP) DKI Jakarta seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Dari hasil ekstraksi data, terlihat sebagian besar wilayah DKI Jakarta terbagi menjadi 3 (tiga) tingkat ketinggian yang dominan, yaitu daerah dengan warna kuning menunjukkan ketinggian permukaan tanah kurang dari 10 mdpl, warna hijau menunjukkan daerah dengan ketinggian 10 mdpl – 28 mdpl, warna biru muda adalah daerah dengan ketinggian permukaan lebih dari 28 mdpl.

Selain data DEM, data yang juga digunakan dalam penelitian ini adalah citra dari satelit Landsat 7, dimana data citra yang digunakan adalah citra pada 15 Juli 2002, yang merupakan citra terakhir dari seri Landsat sebelum mengalami kerusakan pada komponen *spatial line corrector* (SLC). Citra Landsat yang diambil pada bulan Februari cenderung menunjukkan dominasi awan (*cloud coverage*) yang tebal dan

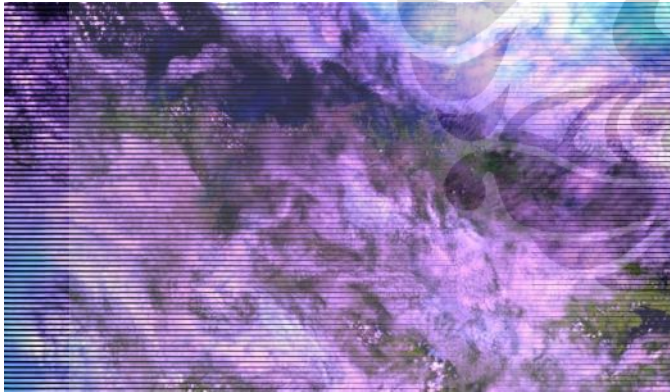
luas sehingga menyulitkan untuk melakukan klasifikasi dan analisis, sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 5, yaitu citra yang diambil pada Februari 2007 saat terjadi banjir besar di Jakarta.



Legenda warna ketinggian (dalam mdpl)

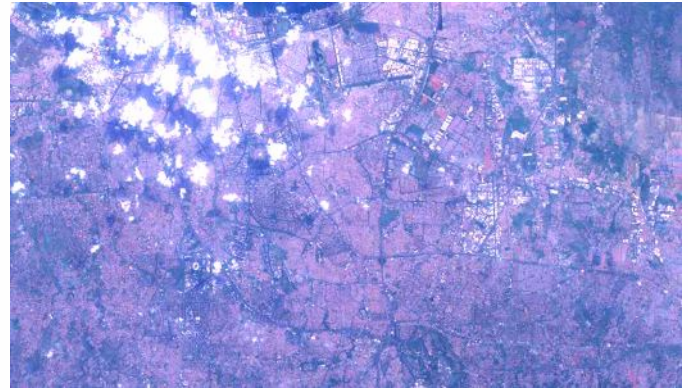
< 10 mdpl 10 – 28 mdpl >28 mdpl

Gambar 4. Hasil ekstraksi DEM untuk ketinggian permukaan tanah DKI Jakarta

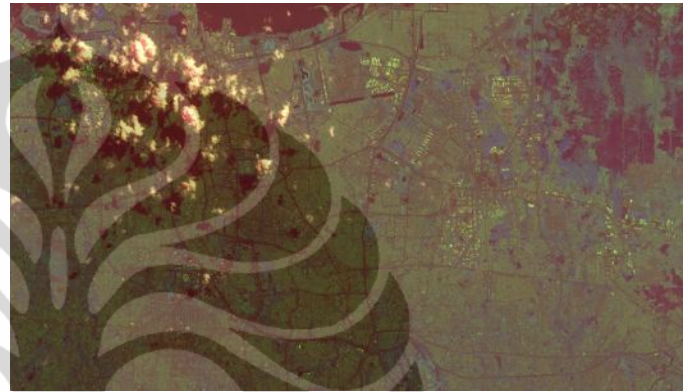


Gambar 5. Citra Landsat 7, 7 Februari 2007 [6]

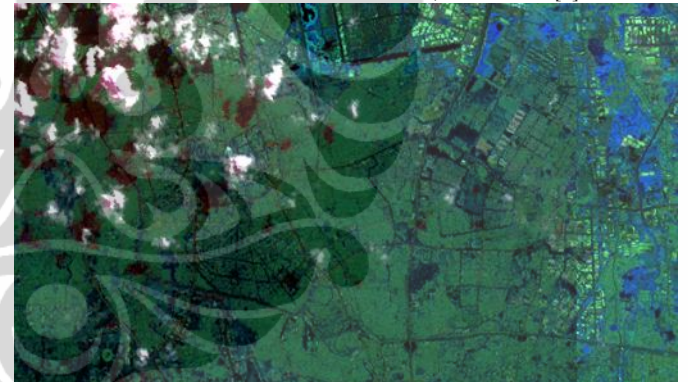
Untuk mendapatkan citra *true color* agar sesuai dengan warna aslinya, maka digunakan kombinasi band 1 (biru/ $0,45 \sim 0,52 \mu\text{m}$), band 2 (hijau/ $0,52 \sim 0,60 \mu\text{m}$), dan band 3 (merah/ $0,63 \sim 0,69 \mu\text{m}$) sebagai citra RGB yang ditunjukkan pada Gambar 6. Selain citra warna asli, digunakan juga citra *false color* dari kombinasi band 4(NIR/ $0,76 \sim 0,90 \mu\text{m}$), band 5(SWIR/ $1,55 \sim 1,75 \mu\text{m}$), dan band 1 (biru/ $0,45 \sim 0,52 \mu\text{m}$) seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Citra yang ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7 belum menunjukkan perbedaan yang jelas antara fitur sungai dan jalan raya, oleh karena itu, kedua citra dikombinasikan menjadi satu citra komposit seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 6. Citra RGB Landsat 7, 15 Juli 2002 [6]



Gambar 7. Citra Termal Landsat 7, 15 Juli 2002 [6]



Gbr. 8. Citra komposit Landsat

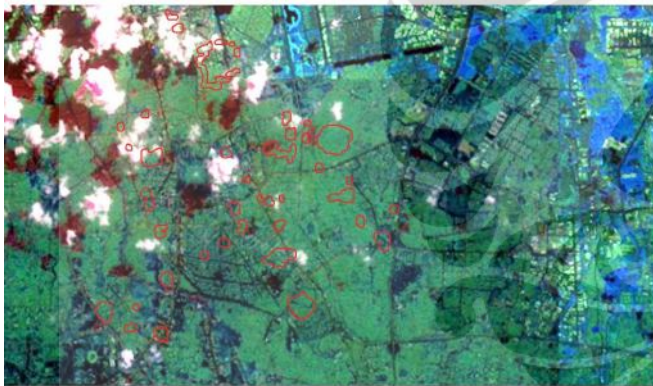
Dari data yang sudah diekstraksi dan dikomposisi, akan dilakukan proses segmentasi untuk mencari tingkat kerawanan banjir di wilayah DKI Jakarta. Segmentasi dilakukan dengan metode segmentasi *watershed*, dimana hasil segmentasi ditunjukkan pada Gambar 9, dimana garis-garis hitam merupakan *watershed lines* yang didapatkan, dan area yang tercakup di dalam *watershed lines* dinyatakan sebagai *catchment basin* yang mana dalam konsep ini *watershed lines* dianggap sesuai dengan batas-batas wilayah banjir yang mungkin terjadi di wilayah DKI Jakarta.

Dari Gambar 9, dilakukan *marking* (penandaan) citra hasil segmentasi untuk menentukan wilayah potensi banjir di wilayah Kotamadya Jakarta Pusat dengan fokus pengamatan pada daerah di sekitar Pintu Air Manggarai, Pintu Air Cideng, dan Kali Ciliwung Kota sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10 sehingga menjadi citra satelit dengan lokasi-lokasi yang dianggap memiliki potensi banjir. Citra Landsat yang sudah dimarking akan dibandingkan dengan Peta Genangan

Banjir Februari 2007. Daerah genangan banjir juga dimarking untuk digunakan sebagai pembanding pada citra prediksi potensi banjir.



.Gambar 9. Segmentasi watershed dari DEM wilayah DKI



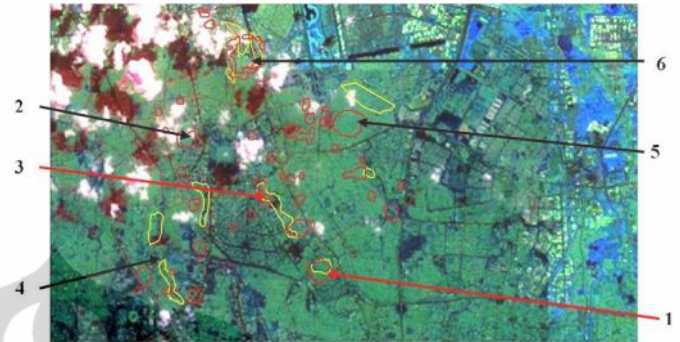
Gambar 10. Penandaan hasil segmentasi DAS Ciliwung di wilayah Jakarta Pusat

Tabel 4.1. Informasi daerah genangan banjir 2007.

| Attributes of Areabanjir.shp | |
|------------------------------|----------|
| Location ID | Hectares |
| Matraman Dalam | 18.514 |
| Kwitang | 43.996 |
| Cempaka Putih | 6.387 |
| Kebon Kacang | 26.889 |
| Tanah Abang | 29.884 |
| Pejompongan | 27.5 |
| Serdang/Kemayoran | 62.188 |
| Sawah Besar | 5.275 |
| Mangga Dua | 28.265 |
| Gunung Sahari | 16.492 |

Pada tabel 4.1, luas keseluruhan dari daerah banjir pada 2007 berdasarkan perhitungan adalah seluas 256,39 hektar. Bila hasil *marking* genangan banjir yang didapatkan pada

Gambar 4.11 ditumpangkan pada citra prediksi potensi banjir pada Gambar 4.10, terlihat bahwa lokasi (1) merupakan lokasi banjir di Matraman Dalam / Manggarai, lokasi (2) adalah lokasi banjir di Jati Pinggir, Tanah Abang, dan lokasi (3) bersesuaian dengan lokasi banjir di Menteng. Hasil *overlay* (penumpang) Gambar 11.



Gambar 11. Data hasil segmentasi dibandingkan dengan Peta Genangan Banjir Februari 2007

Dari proses segmentasi citra, bentuk wilayah potensi banjir menyerupai bentuk pada data Peta Genangan, selain itu, dari perbandingan tabel terlihat bahwa luas wilayah yang didapatkan dari hasil segmentasi lebih luas bila dibandingkan dengan data luas genangan pada Februari 2007. Dengan demikian telah didapatkan model prediksi potensi banjir berdasarkan hasil segmentasi citra.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data, maka pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Segmentasi *watershed* dari data *digital elevation model* (DEM) dapat menunjukkan tingkat kerawanan banjir pada wilayah aliran sungai;
2. Bentuk *watershed region* pada hasil segmentasi tersebut sebagian bersesuaian dengan wilayah banjir yang terjadi pada Februari 2007
3. Terdapat perbedaan posisi antara daerah potensi banjir hasil segmentasi dengan data kawasan banjir Februari 2007 akibat adanya perangkat pengendalian banjir (pompa air dan pintu air) yang sudah terpasang pada daerah disekitarnya; dan
4. Perhitungan luas daerah banjir yang didapatkan dari proses segmentasi lebih luas bila dibandingkan dengan perhitungan data luas genangan banjir Februari 2007, yaitu 417,385 hektar berbanding 265,39 hektar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Semedi, J.M., "Tingkat Resiko Banjir di DKI Jakarta Tahun 2002", Skripsi, Universitas Indonesia, 2005.

- [2] Dinas Pekerjaan Umum Provinsi DKI Jakarta, "Sistem Peringatan Dini Pengendalian Banjir Jakarta", 2007.
- [3] Centre for Space Science & Technology Education in Asia and the Pacific (CSSTEAP), "Applications of Remote Sensing and Geographical Information System in Urban Studies", Indian Institute of Remote Sensing – National Remote Sensing Agency, 2006.
- [4] Kristijono, A., "Metoda Pendugaan Laju Erosi dengan Model Elevasi Digital Berbasis TIN", Remote Sensing & Geographic Information Systems Yearbook, 1994.
- [5] Gonzalez, R.C. & Woods, R.E., *Digital Image Processing*, Prentice Hall, Inc. United States of America, 2002.
- [6] United States Geological Survey (USGS), "Landsat Library Database", <www.usgs.gov>.

