

Bidang Ilmu: Teknik Informatika

LAPORAN HASIL
PENELITIAN PENGUATAN PROGRAM STUDI
PENGEMBANGAN MODEL KOTA BERBASIS CITRA SATELIT
SUB JUDUL: SEGMENTASI OBJEK TERRESTRIAL
MENGGUNAKAN MODIFIED WATERSHED TRANSFORM

Disusun oleh:
Dr. Cahyo Crysdian



FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2015

PENGESAHAN
LAPORAN HASIL PENELITIAN PENGUATAN PROGRAM STUDI

1.	Judul Penelitian	:	Pengembangan Model Kota Berbasis Citra Satelit	
2.	Ketua Peneliti	:	Irwan Budi Santoso, M.Kom	
3.	Peneliti & Sub Judul Penelitian	:	1. Irwan Budi Santoso, M.Kom	Deteksi Non-RTH (Ruang Terbuka Hijau) Kota Malang Berbasis Citra Landsat Google Earth Dengan Menggunakan Naïve Bayes Classifier
		:	2. Dr. Cahyo Crys dian	Segmentasi Objek Terrestrial Menggunakan Modified Watershed Transform
		:	3. Ivana Varita, MT	Peningkatan Kualitas Citra Satelit
4.	Bidang Ilmu	:	Teknik Informatika	
5.	Nama Mahasiswa	:	a. Vinna Syarifatul Arofah	
		:	b. Nurisul Ubbat	
		:	c. Candrasari LM	
6.	Jurusan	:	Teknik Informatika	
7.	Lama Kegiatan	:	6 Bulan	
8.	Biaya yang diusulkan	:	Rp. 10.000.000,-	

Malang, 7 November 2015

Disahkan oleh
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi



Dr. H. Burhanudin M, M.Si
NIP. 19710919 200003 2 001

Pengusul,

Dr. Cahyo Crys dian
NIP. 197404242009011008

Ketua LP2M,
UIN Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Hj. Muftidah Ch., M.Ag.
NIP. 19600910 198903 2 001



ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mensupport pengembangan model kota secara spatial yaitu dengan cara meretrieve obyek-obyek yang terkandung dalam citra satelit secara otomatis. Target yang dituju oleh penelitian ini adalah didapatkannya dan dilokalisirnya obyek jalan yang terkandung dalam citra satelit. Hal ini dilakukan menggunakan pendekatan segmentasi berbasis watershed transform. Beberapa modifikasi pada tahap preprocessing dan post processing telah dilakukan untuk melengkapi proses segmentasi utama berbasis watershed transform. Hasil ujicoba menunjukkan bahwa metode yang dikembangkan dapat secara otomatis meretrieve obyek jalan namun belum menunjukkan hasil yang sempurna. Oleh karena itu perlu dilakukan pengembangan lanjutan serta ukuran quantitative untuk memvalidasi hasil yang telah didapatkan.

Kata Kunci: *Satellite image, watershed transform, segmentation, natural resources management, gradient image, image analysis*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dunia telah menyaksikan perkembangan pesat dari usaha-usaha penelitian dalam mengembangkan pemodelan kota untuk memvisualisasikan kondisi lingkungan yang kompleks dan dengan tingkat realisme yang tinggi pada dekade terakhir. Meskipun pada awalnya ditujukan untuk memberikan visualisasi yang lebih realistis pada tampilan kota, namun banyak peneliti telah memperluas fungsi dari pemodelan kota untuk mengaktifkan analisis spasial secara kuantitatif pada kondisi lingkungan yang ditemui. Oleh karena itu peran untuk mengelola lingkungan dari aplikasi ini tampaknya mampu menggantikan aplikasi umum berbasis GIS 2D untuk waktu ke depan. Banyak upaya untuk menerapkan aplikasi pemodelan kota di berbagai kota di dunia, namun demikian selalui ditemui berbagai rintangan yang rumit seperti kebutuhan data set yang kompleks serta proses akuisisi data yang mahal. Faktor-faktor ini menjadi hambatan untuk mengimplementasikan pemodelan kota khususnya di negara dunia ketiga di mana fasilitas, prosedur, ketersediaan data dan keuangan seringkali sulit untuk ditemui.

Mengelola kondisi lingkungan merupakan kebutuhan yang vital tetapi sering tidak didapati di banyak negara di dunia ketiga. Bahkan di Indonesia, kebutuhan untuk mengelola lingkungan dengan menggunakan sistem tata ruang telah dibutuhkan di tingkat desa dan kelurahan untuk menangani berbagai urusan pemerintah seperti estimasi pajak, prediksi produksi tanaman, administrasi pertanahan, pengelolaan populasi penduduk, dan pencegahan penyakit menular . Dengan demikian implementasi pemodelan kota sebagai bentuk sistem kelola tata ruang sangat dibutuhkan di negara-negara dunia ketiga. Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan mekanisme sederhana namun efektif untuk membangun pemodelan kota. Mengingat bahwa saat ini dimungkinkan proses otomatisasi untuk memudahkan pengembangan model kota, dalam penelitian ini proses otomatisasi berusaha dicapai melalui identifikasi obyek-obyek terrestrial yaitu obyek-obyek

yang ada di permukaan bumi menggunakan proses segmentasi pada citra satelit. Dalam hal ini proses segmentasi yang akan ditelaah adalah segmentasi yang menawarkan proses full-automatic yaitu watershed transform. Mengingat bahwa sampai saat ini hasil segmentasi berbasis watershed transform masih dicemari oleh hasil yang tidak bermakna akibat fenomena over-segmentation, oleh karena itu dari poin ini penelitian akan dilakukan sesuai poin-poin berikut.

1.2. Identifikasi Masalah

- Apakah proses segmentasi berbasis watershed transform dapat digunakan untuk melokalisir obyek-obyek permukaan bumi yang terkandung dalam citra satelit?
- Seberapa baik tingkat akurasi hasil segmentasi yang dilakukan oleh watershed transform?

1.3. Tujuan dan Manfaat Khusus

- Membuktikan bahwa proses segmentasi berbasis watershed transform dapat digunakan untuk melokalisir obyek-obyek permukaan bumi yang terkandung dalam citra satelit.
- Mengukur tingkat akurasi hasil segmentasi yang dilakukan oleh watershed transform.

1.4. Batasan Masalah

- Obyek terrestrial yang diolah dan menjadi target dari proses segmentasi pada penelitian ini adalah permukaan jalan mengingat jaringan jalan adalah penunjuk utama dari berbagai obyek permukaan bumi yang lain selain koordinat latitude dan longitude.
- Input data yang dikenai proses segmentasi adalah citra satelit yang dapat ditangkap secara online melalui Internet.

1.5. Urgensi (Keutamaan) Penelitian

Hasil dari penelitian ini akan sangat bermanfaat dalam mengotomasi proses pengembangan model kota, yaitu pada tahap melokalisasi obyek-obyek terrestrial yang ada pada lokasi yang dimodelkan sehingga mengurangi proses digitasi manual yang selalu dibutuhkan dalam pengembangan sistem spasial yang ada saat ini. Selain itu hasil dari penelitian ini akan mengungkap berbagai terobosan yang dapat dilakukan pada proses segmentasi standar yang sulit untuk berkompromi dengan citra yang sangat kompleks seperti citra satelit, sehingga berbagai metode yang dihasilkan dapat mengungkap ide-ide untuk mengakomodasi kompleksitas citra hasil remote-sensing.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Usaha-usaha untuk mewujudkan dan mengembangkan model kota telah menarik perhatian para peneliti pada dekade terakhir ini. Hal ini dipicu oleh pesatnya peningkatan kemampuan komputer dalam mengolah data hingga mencapai kecepatan proses sampai *gigabyte* data per detik, sehingga sebuah komputer dapat memvisualisasikan sistem yang kompleks dalam waktu yang singkat. Munculnya teknologi penginderaan jauh yang dapat mengakuisisi data permukaan bumi secara masal juga memotivasi lahirnya bidang ini. Sementara itu, usaha-usaha pengembangan model kota dapat diklasifikasikan ke dalam tiga aspek, yaitu sebagai berikut:

- Berdasarkan proses implementasi sistem
- Berdasarkan obyek yang diwujudkan
- Berdasarkan efisiensi usaha yang dilakukan

Berdasarkan proses implementasi sistem yang dilakukan, model kota dapat diwujudkan menggunakan beberapa pendekatan yaitu *automatic*, *manual*, dan *semiautomatic*. Pendekatan *automatic* dilakukan dengan membangkitkan model 3D secara otomatis menggunakan sebuah algoritma yang telah ditentukan. Penelitian yang dilakukan dengan pendekatan ini diantaranya adalah usaha mengekstrak data spasial gedung dari citra satelit menggunakan algoritma *neural network* oleh Lari dan Ebadi (2007), ekstraksi model gedung menggunakan *laser scanning* oleh Kurdi et al (2007), serta pembentukan model kota dari citra satelit resolusi tinggi oleh Krauß et al (2007). Kelemahan utama dari pendekatan ini adalah kurang maksimalnya output yang dihasilkan akibat keterbatasan algoritma yang digunakan untuk mengolah dan menginterpretasikan berbagai macam data input yang bersumber dari masalah lingkungan, sehingga pendekatan ini belum bisa diterapkan dalam tahap operasional (Rottensteiner,2003).

Pendekatan *manual* digunakan oleh beberapa peneliti karena ketiadaan parameter penting dalam input data yang digunakan, sehingga antara data yang satu dengan data yang lain menjadi tidak terkait, yang pada akhirnya tidak memungkinkan menjalankan proses *looping* dan otomatisasi. Ketiadaan parameter penting ini diantaranya adalah hambatan dari absennya data ketinggian gedung (Emem,2004) dan adanya kebutuhan prosedur tambahan untuk mengkalibrasi citra satelit (Parmes,2007). Meskipun hasil yang didapatkan menggunakan pendekatan ini memiliki akurasi yang tinggi, namun proses yang harus dilalui untuk membentuk sebuah model 3D memakan waktu yang tidak sedikit (Kokkas,2007; Dollner, 2006) karena harus mengulang-ulang langkah yang sama yang seharusnya bisa dilakukan secara otomatis.

Pendekatan *semiautomatic* bertujuan untuk mengakomodasi kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh dua pendekatan sebelumnya, yaitu waktu proses yang cepat dari pendekatan *automatic* dan akurasi hasil yang tinggi dari pendekatan *manual*, serta untuk menghindari kelemahan yang diderita baik oleh pendekatan *automatic* dan *manual*. Hal ini dilakukan dengan memadukan langkah-langkah manual dengan proses otomatis dalam membentuk Model Kota 3D, yaitu dengan mengantisipasi adanya kesalahan atau ketidaksesuaian data menggunakan proses *manual*, serta melakukan proses otomatis untuk mengolah data yang sejenis. Output yang dihasilkan terbukti menunjukkan visualisasi yang lebih baik dibandingkan dengan pendekatan *automatic* seperti dilakukan oleh Sakai dan Chikatsu (2008), Kokkas dan Smith (2007), serta Dollner *et al* (2006). Selain itu pendekatan ini memiliki kecepatan proses yang lebih tinggi dibandingkan proses manual [Dollner,2006]. Namun demikian, perlu dicatat bahwa pendekatan ini sangat dipengaruhi oleh kualitas data yang digunakan karena kualitas data yang rendah akan menimbulkan banyak koreksi data, sehingga melibatkan terlalu banyak proses manual yang pada akhirnya membuat pendekatan ini menjadi tidak efektif.

Sementara itu berdasarkan obyek yang diwujudkan, survey yang dilakukan oleh *European Organization for Experimental Photogrammetric Research*

[Forstner,1999] menunjukkan bahwa terdapat tiga buah obyek utama kota yang secara signifikan menarik perhatian para peneliti yaitu:

- 95% peneliti tertarik dengan obyek bangunan dan gedung
- 85% tertarik dengan obyek jaringan transportasi
- 75% dengan obyek vegetasi.

Meskipun survey yang dilakukan oleh *European Organization for Experimental Photogrammetric Research* ini dilakukan satu dekade yang lalu, namun sampai sekarang fakta yang terjadi di lapangan masih menunjukkan kesesuaian dengan hasil survey tersebut. Banyak peneliti telah berkecimpung dalam mewujudkan ketiga obyek tersebut, diantaranya adalah Alamouri dan Kolbe (2009), Sakai dan Chikatsu (2008), Kurdi *et al* (2007), Kokkas dan Smith (2007), Krauß *et al* (2007), Lari dan Ebadi (2007), Parmes dan Rainio (2007), serta Dollner *et al* (2006). Namun demikian, ada juga beberapa peneliti yang memanfaatkan teknologi Model Kota 3D untuk memvisualisasikan obyek lingkungan yang lain seperti panorama jalan (Micusik,2009) dan sumber air (Amar,2007).

Berdasarkan *efisiensi* usaha yang dilakukan, usaha untuk membentuk Model Kota 3D dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok, yaitu *high-cost* dan *cost-effective*. Kelompok *high-cost* melakukan pengembangan model 3D menggunakan data-data baru yang didapatkan melalui LIDAR (*Light Detection and Ranging*) yang memerlukan biaya yang mahal. Banyak penelitian yang berada dalam kelompok ini seperti Kurdi *et al* (2007), Kokkas dan Smith (2007), dan Dollner (2006). Namun demikian, penggunaan biaya yang mahal tersebut tidak menjamin usaha-usaha dalam penelitian ini menghasilkan output yang baik seperti dialami oleh Lari dan Ebadi (2007). Mekanisme pembentukan model 3D sangat berpengaruh terhadap hasil yang didapatkan. Ketepatan mekanisme yang diterapkan akan menghasilkan model 3D yang baik, seperti dilakukan oleh Dollner (2006) dalam membentuk model kota Berlin.

Sedangkan kelompok kedua, yaitu *cost-effective*, menggunakan data-data yang telah tersedia sehingga tidak memerlukan biaya yang mahal. Tidak banyak usaha penelitian dalam kelompok ini, namun demikian karena menerapkan pendekatan yang hati-hati rata-rata penelitian dalam kelompok ini menghasilkan output yang baik seperti dilakukan oleh Krauß et al (2007), Emem dan Batuk (2004), dan Yastikli et al (2003). Oleh karena itu, penelitian menggunakan pendekatan *cost-effective* ini dapat disimpulkan tepat untuk diterapkan pada kondisi di Indonesia.

Beberapa riset sejenis yang telah terlebih dahulu dilakukan oleh peneliti-peneliti yang lain dijelaskan sebagai berikut. Dollner *et al* (2006) melakukan usaha pengembangan Model 3D untuk wilayah kota Berlin. Penelitian ini dilakukan secara komprehensif dengan melibatkan berbagai macam data yang diambil menggunakan peralatan yang sangat mahal diantaranya adalah data cadastral, data DTM (Digital Terrain Model), foto udara, dan model bangunan yang disurvei menggunakan LIDAR. Pendekatan yang dilakukan oleh Dollner *et al* adalah pendekatan *semiautomatic* meskipun model bangunan dibentuk secara langsung dari hasil pengamatan LIDAR. Penelitian ini menghasilkan bentuk kota Berlin secara menyeluruh, namun demikian biaya yang digunakan sangat tinggi sehingga kurang cocok untuk kondisi di Indonesia. Selain itu penelitian ini difasilitasi oleh kondisi kota yang tertata rapi serta bentuk bangunan yang seragam, kondisi ini sangat berlawanan dengan kondisi lingkungan yang dijumpai di kota-kota di Indonesia.

Krauß et al (2007) mengembangkan Model 3D untuk wilayah kota Munich menggunakan pendekatan *automatic*. Input data yang digunakan adalah data lama yang telah tersedia, yaitu foto satelit resolusi tinggi. Usaha ini masuk kategori penelitian berbiaya rendah (*cost-effective*), namun demikian hasil yang didapatkan masih jauh dari yang diharapkan. Hal ini utamanya disebabkan oleh algoritma untuk mengekstrak bentuk gedung dan vegetasi secara otomatis dari foto satelit yang menghasilkan output yang tidak dapat diprediksi dan berbeda dengan data yang ada di lapangan.

Iping dan Andri (2009) membentuk Model 3D untuk visualisasi dan simulasi dugaan banjir di kota Bandung. Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan *automatic*, serta menggunakan data-data yang telah tersedia (*cost-effective*). Usaha ini hanya menghasilkan visualisasi sebuah obyek, yaitu aliran air. Dalam penelitian ini bentuk bangunan yang timbul dari pemodelan yang dibangun bukan hasil dari pengembangan obyek bangunan, melainkan hanya akibat penggunaan model elevasi tanah dengan akurasi yang sangat tinggi sehingga bentuk bangunan diinterpretasikan sebagai permukaan tanah. Oleh karena itu terjadi misinterpretasi data dalam memvisualisasikan kondisi lingkungan, sehingga penggunaan model tersebut untuk visualisasi dan analisa kondisi lingkungan lebih lanjut sangat diragukan.

Alamouri dan Kolbe (2009) membentuk Model 3D untuk kota Baalbek, Lebanon. Usaha ini bertujuan untuk merekonstruksi kembali kondisi kota Baalbek pada jaman dahulu menggunakan data-data peta yang tersedia, oleh karena itu dapat dikelompokkan menjadi usaha *cost-effective*. Pendekatan yang digunakan adalah *semiautomatic*. Penelitian ini berhasil membentuk model bangunan 3D secara detail, namun demikian gagal dalam membangkitkan obyek lingkungan yang lain seperti vegetasi dan jaringan jalan. Oleh karena itu belum terbentuk Model 3D yang cukup optimal untuk memvisualisasikan kondisi lingkungan hidup di kota Baalbek.

2.2 Roadmap Penelitian

Penelitian dalam bidang pengembangan model kota telah dilakukan sejak tahun 2009. *Roadmap* penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Pada tahun 2009 target penelitian yang dicapai adalah memodelkan dan memvisualisasikan obyek spasial yang besar seperti pulau. Hasil penelitian dipublikasikan di SITIA 2009 (Cahyo,2009). Sumber dana yang digunakan pada tahun ini adalah dana mandiri.

- Pada tahun 2010 target penelitian yang dicapai adalah memodelkan dan memvisualisasikan obyek spasial yang kecil seperti kota dan gunung. Hasil penelitian dipublikasikan di DFMA 2010 untuk visualisasi permukaan wilayah kota (Cahyo,2010a) dan di ICTS 2010 untuk visualisasi permukaan gunung berapi (Cahyo,2010b). Sumber dana yang digunakan pada tahun ini adalah dana mandiri.
- Pada tahun 2011 target penelitian yang dicapai adalah melakukan pemetaan pada gambar 2D. Hasil penelitian ini dipublikasikan di SEIE 2011 (Cahyo 2011). Sumber dana mandiri.
- Pada tahun 2012 target penelitian yang dicapai adalah berhasil meningkatkan performa pemetaan 2D berbasis metode segmentasi watershed transform. Metode ini diujikan pada gambar topographic yang diambil dari medical imaging. Hasil penelitian dipublikasikan pada Journal of Next Generation Information Technology Volume 3 Number 4, 2012 (Cahyo dan Abdullah, 2012). Sumber dana mandiri.
- Pada tahun 2013 target penelitian yang dicapai adalah membentuk fungsi geospasial untuk analisa obyek muka bumi. Hasil penelitian dipublikasikan pada Journal of Geographic Information System, Volume 5, Number 6, 2013 (Cahyo, 2013). Sumber dana mandiri.
- Pada tahun 2014 target yang akan dicapai adalah memodelkan dan memvisualisasikan secara 3D obyek-obyek penyusun lingkungan hidup seperti gedung dan bangunan, jaringan jalan, vegetasi, jaringan hidrologi, dll. Target jangka panjang dari penelitian ini adalah membentuk aplikasi teknologi informasi untuk manajemen lingkungan hidup (IT for Environmental Management).

BAB III

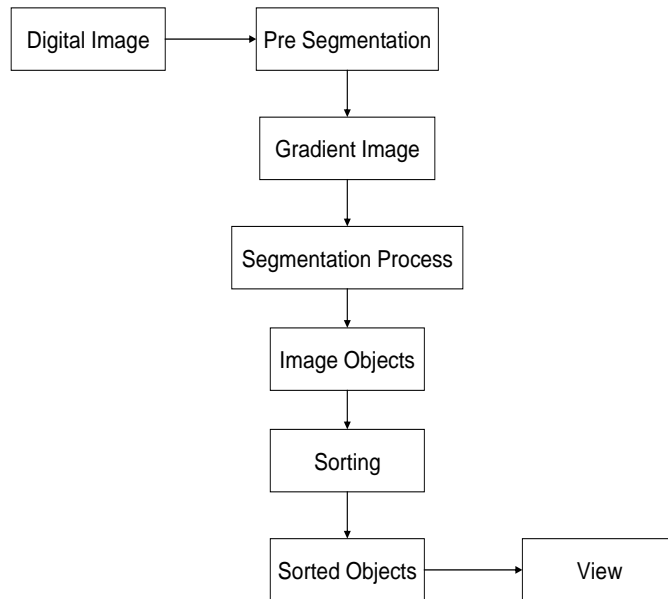
METODE PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan mengikuti Cahyo & Sentot (2008) seperti ditunjukkan oleh skema desain penelitian dalam Gambar 3.1 berikut. Ada tiga proses utama yang dilakukan, yaitu pre-segmentasi, segmentasi utama dan post-segmentasi. Masing-masing tahap penelitian dilakukan secara berurut mengikuti arah panah yang ditunjukkan dalam desain penelitian pada Gambar 3.1 tersebut.

Patut dicatat di sini bahwa input dari sistem yang dikembangkan adalah berupa gambar digital, yaitu gambar yang telah digitisasi sehingga dapat ditampilkan dalam sebuah file gambar dengan format yang telah dikenal oleh computer seperti JPG, BMP, GIF, dan lain-lain.

Hasil dari proses pre-segmentasi adalah sebuah gradient image, yaitu gambar yang dihasilkan dari proses pengoperasian gradient operator pada gambar input. Object dari gambar diperoleh setelah menjalankan proses segmentasi utama, dimana watershed transform dijalankan pada tahap ini. Proses post-segmentasi dijalankan setelah didapatkan sekumpulan object dari image. Tahap ini melakukan sorting dari object berdasarkan ukuran object, sehingga object dapat ditampilkan sesuai dengan peranannya dalam menyusun gambar digital. Penjelasan detil dari masing-masing tahap diberikan pada sub-bab selanjutnya.



Gambar 3.1. Desain Penelitian

3.2. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah langkah-langkah penelitian yang dilakukan menurut desain penelitian seperti yang telah ditampilkan pada sub bab sebelumnya. Aktifitas yang terencana, terstruktur dan dilakukan secara sekuensial ini sangat menentukan dalam mencapai tujuan penelitian yang telah didefinisikan. Penjelasan detil dari masing-masing tahap penelitian diberikan sebagai berikut:

3.3. Pre-Segmentasi

Proses pre-segmentasi bertujuan untuk membentuk gradient-image dari gambar digital yang diinputkan ke dalam sistem segmentasi. Disini gradient image didefinisikan sebagai gambar yang pixel-pixel penyusun gambar tersebut memberikan nilai pada saat terjadi perubahan nilai pixel pada gambar input.

Nilai pixel yang mempengaruhi mekanisme dari gradient image dapat berupa nilai intensitas terang gelapnya cahaya yang terkandung dalam gambar input atau intensitas warna. Mekanisme ini dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\nabla I(x, y) = \left(\frac{\partial I}{\partial x}, \frac{\partial I}{\partial y} \right) = (I_x, I_y) \quad (3.1)$$

$$|\nabla I(x, y)| = \sqrt{I_x^2 + I_y^2} \quad (3.2)$$

Untuk mendapatkan mekanisme seperti telah didefinisikan dalam Persamaan 3.1 dan 3.2 diatas, tiga buah mekanisme gradient operator yang telah banyak dikenal dalam bidang pemrosesan gambar digital, yaitu Sobel, Prewitt dan Canny operator digunakan untuk membentuk gradient image dalam tahap ini. Susunan mekanisme yang terkandung dalam Sobel, Prewitt, maupun Canny operator adalah seperti diperlihatkan dalam Gambar 3.2, 3.3, dan 3.4 berikut.

-1	0	1	1	2	1
-2	0	2	0	0	0
-1	0	1	-1	-2	-1

Gambar 3.2. Sobel Operator

-1	0	1	1	2	1
-2	0	2	0	0	0
-1	0	1	-1	-2	-1

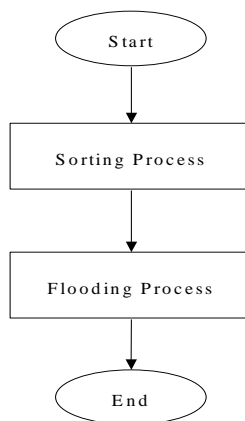
Gambar 3.3. Prewitt Operator

-1	0	1	1	2	1
-2	0	2	0	0	0
-1	0	1	-1	-2	-1

Gambar 3.4. Canny Operator

3.4. Segmentasi Utama

Segmentasi utama adalah sebuah proses yang bertujuan untuk mendapatkan bentuk (*shape*) dari obyek penyusun sebuah gambar digital. Setelah menjalankan tahap ini, sekumpulan obyek akan didapatkan dimana obyek-obyek tersebut merepresentasikan isi penyusun gambar input. Untuk merealisasikan mekanisme tersebut, algoritma watershed transform seperti yang telah dikembangkan oleh Vincent dan Soille (1991) diimplementasikan dalam tahap ini. Algoritma yang dikembangkan dalam transformasi watershed diperlihatkan dalam Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Algoritma Watershed transform

Seperti tampak dalam Gambar 4.5, watershed transform tersusun atas dua buah proses, yaitu sorting process dan flooding process. Sorting proses bertujuan untuk mengurutkan pixel-pixel gambar sesuai dengan nilai yang terkandung dalam pixel tersebut, baik berupa nilai intensitas cahaya maupun nilai warna. Pengurutan nilai-nilai pixel ini dilakukan secara ascending, yaitu dari nilai pixel terendah ke nilai pixel tertinggi. Implementasi proses sorting diberikan pada Gambar 3.6 berikut.

```

Procedure Sorting Process;
var n, x, y, i, new : integer;
begin
    n = number of distinct pixel values;
    create array [1...n];
    array [1...n] = INIT;
    array [1] = pixel(0,0) value;
    for (x = 0, y = 0) to (image width - 1, image height - 1)
    do
        begin
            i = 1; new = 1;
            while array [i] ≠ INIT
            do
                begin
                    if pixel(x,y) = array [i]
                    then
                        new = 0; i = i + 1;
                    else
                        i = i + 1;
                end;
                if new = 1
                then
                    array [i] = pixel(x,y);
            end;
        end;
    Put array [1 ...n] into the ascending order;
end;

```

Gambar 3.6. Sorting process

Setelah nilai-nilai pixel tersebut berhasil diurutkan, maka dilakukan proses flooding yaitu proses untuk mengunjungi setiap pixel penyusun gambar satu-persatu sampai seluruh area gambar dapat dijangkau. Proses ini dimulai dari nilai pixel terendah sampai nilai pixel tertinggi. Mekanisme ini dilakukan secara terus-menerus atau kontinu, dan untuk lebih dari satu pixel yang mempunyai nilai yang sama maka proses flooding dilakukan secara paralel atau simultan, yaitu semua pixel yang mempunyai nilai intensitas cahaya atau nilai warna yang sama dikunjungi pada saat yang sama pula.

Setiap pixel yang berhasil dikunjungi akan ditandai untuk kemudian diasosiasikan dengan kumpulan pixel terdekat yang telah terdefinisi sebelumnya, atau yang bertetangga dengan pixel yang akan ditandai tersebut. Penandaan pixel ini untuk memastikan setiap pixel penyusun gambar hanya dikunjungi satu kali saja, serta untuk membentuk kumpulan-kumpulan pixel yang merepresentasikan eksistensi sebuah obyek yang terdapat dalam gambar input.

Algoritma breath-first yang terdefinisi dalam lingkup teori graph dimanfaatkan untuk merealisasikan proses flooding tersebut. Implementasi algoritma breath-first sesuai untuk diterapkan dalam menangani proses flooding ini, karena struktur pixel-pixel penyusun sebuah gambar digital adalah salah satu representasi dari struktur graph yang telah banyak dikenal secara luas.

Setelah menjalankan proses flooding akan dihasilkan sekumpulan group pixel yang tersusun atas pixel-pixel yang saling bertetangga satu dengan yang lain. Pixel-pixel yang telah tersusun menjadi group-group tersebut adalah representasi dari obyek yang menyusun isi gambar input. Untuk mewujudkan proses tersebut, dibuat algoritma flooding process seperti diperlihatkan dalam Gambar 3.7 berikut.

```

Procedure Flooding Process;
var curlab, h, hmin, hmax, basin, i, j, x, y : integer;
begin
    initialize I';
    {I' is an image frame to store segmentation result}
    curlab = 0;

    for h = hmin to hmax do
        begin
            {Basin Definition}
            while FIFO_flooding ≠ 0 do
                begin
                    (x,y) ≤ FIFO_flooding;
                    basin ≤ pixel'(x,y);

                    for ∇ Ng(x,y), if (Ng(x,y) = h
                    and Ng'(x,y) = INIT) then
                        begin
                            Ng'(x,y) ≤ basin;
                            FIFO_flooding ≤ coordinate of Ng(x,y);
                        end;

                    for ∇ Ng(x,y), if (Ng(x,y) = hi+1
                    and Ng'(x,y) = INIT) then
                        begin
                            Ng'(x,y) ≤ basin;
                            FIFO_flooding ≤ coordinate of Ng(x,y);
                        end;
                end;

            {Minima Detection}
            for (i,j) = (0,0) to (image_width - 1, image_height - 1) do

                if (pixel(i,j) = h
                and pixel'(i,j) = INIT)
                    then
                        begin
                            curlab = curlab + 1;
                            pixel'(i,j) = curlab;
                            FIFO_flooding ≤ (i,j);
                            FIFO_minima ≤ (i,j);

                            while FIFO_minima ≠ 0 do
                                begin
                                    (x,y) ≤ FIFO_minima;

```

```

for  $\forall Ng(x,y)$ , if  $(Ng(x,y)=h$ 
and  $Ng'(x,y)=INIT)$ 
then
begin
   $Ng'(x,y) \leq pixel'(x,y);$ 
   $FIFO\_flooding \leq coordinate\ of\ Ng(x,y);$ 
   $FIFO\_minima \leq coordinate\ of\ Ng(x,y);$ 
end;
end;
end;
end;

```

Gambar 3.7. Flooding process

3.5. Post-Segmentasi

Tahap ini bertujuan untuk meringkas obyek yang berhasil diretrieve dari tahap sebelumnya. Hal ini sangat penting untuk dilakukan mengingat keberhasilan dari proses segmentasi diukur dari kualitas obyek-obyek yang berhasil didapatkan setelah menjalankan tahap segmentasi utama. Dalam hal ini peranan masing-masing obyek penyusun gambar input dapat diukur secara kuantitatif.

Untuk itu dilakukan proses sorting terhadap obyek-obyek yang telah dihasilkan, dimana ukuran atau size masing-masing obyek menjadi acuan dari proses tersebut. Ukuran atau size masing-masing obyek diukur dengan cara menghitung jumlah pixel dari masing-masing obyek.

Semakin banyak jumlah pixel penyusun obyek maka semakin besar ukuran atau size obyek tersebut, dan semakin besar peranan dari obyek tersebut dalam menyusun isi gambar input. Sehingga usaha untuk menampilkan obyek yang mempunyai peranan signifikan dalam menyusun gambar input dapat dilakukan dengan mudah. Algoritma yang dilakukan oleh proses sorting diperlihatkan pada Gambar 3.8.

```

/* inisialisasi fisik gambar digital
tinggi = ImageHeight(W);
lebar = ImageWidth(W);

/* inisialisasi jumlah object awal
Jumlah_Object=1;

for x=1 to lebar
do
begin
for y=1 to tinggi
do
begin
if Jumlah_Object < W(y,x)
then
Jumlah_Object = W(y,x);
end;
end;

for i=1 to Jumlah_Object
do
begin
Size_Object(i,2)=i;
Size_Object(i,1)=0;
end;

for x=1 to lebar
do
begin
for y=1 to tinggi
do
begin
/* object index
Object_Number = W(y,x);
if Object_Number > 0
then
Size_Object(Object_Number,1)=Size_Object(Object_Number,1)+1;
end;
end;

/* proses mengisi buffer object
Sorted_Size = sortrows(Size_Object,1);

```

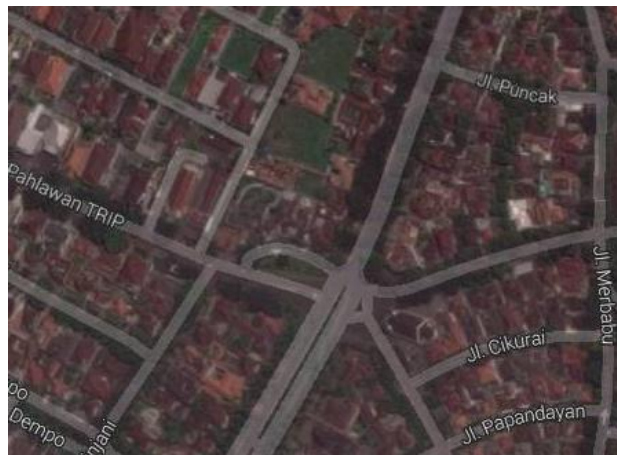
Gambar 3.8. Proses post-segmentasi

BAB IV

UJI COBA

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data citra satelit yang akan digunakan dalam penelitian ini diambil dari *Google Earth* khusus untuk kawasan Malang Raya. Dalam hal ini karena focus penelitian secara utama berusaha untuk meretrieve obyek jalan, oleh karena itu berbagai data citra satelit yang dikumpulkan banyak dialokasikan untuk memperlihatkan obyek jalan secara dominan seperti diperlihatkan oleh citra satelit pada Gambar 4.1a -d.



(a)



(b)



(c)

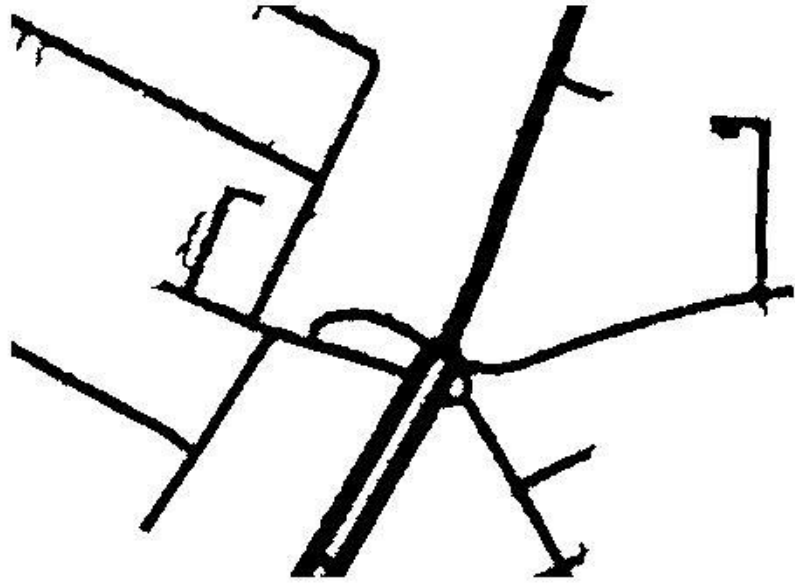


(d)

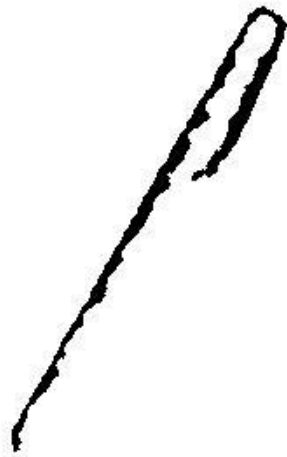
Gambar 4.1. Data citra satelit

4.2 Uji Coba

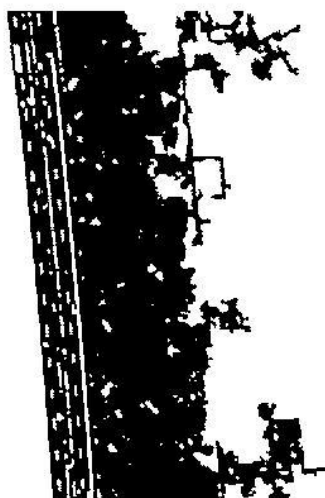
Perlu dicatat bahwa meskipun data input yang digunakan adalah citra satelit dalam format full color atau citra RGB, namun pengolahan data yang dilakukan seperti telah dijelaskan pada Bab 3 menggunakan format citra grayscale. Strategi ini sangat efektif dalam menghemat jumlah komputasi yang dilakukan mengingat hanya sebuah matrix yang diolah pada citra grayscale dibandingkan tiga matrix pada citra RGB. Selain itu pemrosesan tetap dapat dilakukan tanpa mengurangi kualitas presentasi obyek yang dianalisa. Hasil uji coba diperlihatkan pada Gambar 4.2 a – d.



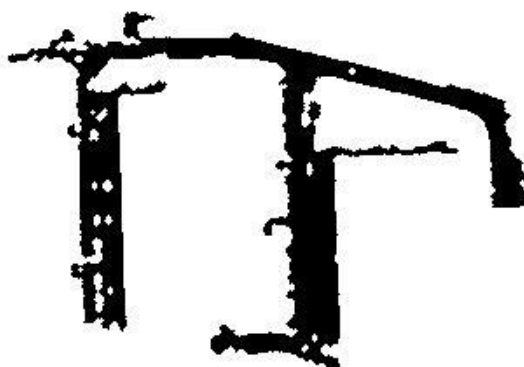
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.2. Hasil uji coba

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan pada Bab 4 maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

- Segmentasi watershed transform dapat digunakan untuk meretrieve obyek jalan pada citra satelit dengan melakukan sedikit modifikasi yaitu pada bagian pre processing dan post processing. Upaya lebih lanjut masih sedang dijalankan untuk menyempurnakan hasil yang di dapat pada saat ini.
- Belum dilakukan pengukuran quantitative untuk memvalidasi hasil yang didapatkan, namun ukuran qualitative menggunakan pengamatan visual secara langsung memperlihatkan hasil yang menjajikan namun belum dicapai kesempurnaan. Hal ini disebabkan akibat cirri obyek yang ditarget yaitu obyek jalan pada citra satelit memiliki kemiripan dengan obyek-obyek yang lain seperti bangunan, vegetasi dan tanah kosong. Oleh karena itu perbaikan lebih lanjut serta ukuran quantitative perlu untuk dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Yuwono. (2009). Dari 200 Tower di Kota Malang, 60 Tower Tidak Berijin [Online]. Tersedia di *webpage* Radio Mas FM Online, www.masfmonline.com, 7 November 2009.
- Alamouri, A. dan Kolbe, TH. (2009). Quality Assessment of Historical Baalbek's 3D City Model. ISPRS Workshop on Quality, Scale and Analysis Aspects of City Models, Lund, Sweden, December 3-4, 2009.
- Amar, DIF., Zebbar, ZE., Zaitra, S., Hassani, MI. (2007). Modelling and Conception of Hydrological Database of the Watershed, Case of Sebkhia of Oran (West Algeria). ISPRS Hanover Workshop: High Resolution Earth Imaging for Geospatial Information, 2007.
- Ant dan A024. (2010). RTH Berkurang, Malang Jadi Kota Banjir. Surat Kabar Antara, 8 November 2010.
- Bibin Bintariadi. (2010). Banjir Lumpuhkan Layanan PDAM Kota Malang [Online]. Majalah online Tempo Interaktif, tersedia di www.tempointeraktif.com, 5 Maret 2010.
- Bibin Bintariadi. (2008). Banjir Malang Akibat Pelanggaran Tata Ruang [Online]. Majalah online Tempo Interaktif, tersedia di www.tempointeraktif.com, 17 April 2008.
- Cahyo Crysdiyan & Sentot Akhmadi. (2008). Pengembangan Sistem Segmentasi Gambar Digital Menggunakan Transformasi Watershed. Seminar Nasional Teknoin 2008.
- Cahyo Crysdiyan. (2009). 3D Visualization of Spatial Objects using Elevation Model. In the 10th Seminar on Intelligent Technology and Its Applications, October 2009.
- Cahyo Crysdiyan. (2010a). 3D Visualization of Small Scale Spatial Object Based on Digital Elevation Model. In the 2nd International Conf on Distributed Frameworks and Application, Agustus 2010.
- Cahyo Crysdiyan. (2010b). Development of Digital Elevation Model for Semeru Volcano. In the 6th International Conference on Information and Communication Technology and Systems, September 2010.

- Cahyo Crys dian. 2011. Kombinasi Gradient Image dan Transformasi Watershed untuk Membangun Sistem Segmentasi Gambar 2D. SEIE, Malang.
- Cahyo Crys dian and Abdullah AH. 2012. The Application of Multi Gradient Operators to Enhance Watershed Transform for Generic Medical Segmentation. *Journal of Next Generation Information Technology*, Vol 3, No 4, 2012.
- Cahyo Crys dian. 2013. The Application to Evaluate Worship Location Based on Geospatial Analysis: Case of Indonesia. *Journal of Geographic Information System*, 2013, Vol 5, No 6, 593-601.
- Chen D, Sitthiamorn P, Justin T. Lan and Matusik W. 2013. Computing and Fabricating Multiplanar Models. *EUROGRAPHICS Volume 32 (2013)*, Number 2.
- Dia. (2010). Banjir dan Longsor Terjang Kota Malang. *Surat Kabar Harian Kompas*, 17 Februari 2010.
- Dollner, J., Kolbe, TH., Liecke, F., Sgouros, T., dan Teichmann, K. (2006). The Virtual 3D City Model of Berlin – Managing, Integrating and Communicating Complex Urban Information. *Proceedings of the 25th International Symposium on Urban Data Management*, Aalborg, Denmark, May 2006.
- Emem O and Batuk F. (2004). Generating Precise and Accurate 3D City Models Using Photogrammetric Data. *XXXV Proceedings of ISPRS*, Istanbul, July 2004.
- Forstner W. (1999). *3D-City Models: Automatic and Semiautomatic Acquisition Methods*. Photogrammetric Week, Wichmann Verlag, Heidelberg, 1999.
- Hadi SS. (2013). Kota Malang Terancam Digenangi Banjir dan Tertimpa Tanah Longsor. *Harian Tribunnews Online*, <http://www.tribunnews.com>, diakses tanggal 5 Januari 2014.
- Hamilton, A., Wang, H., Tanyer, AM., Arayici, Y., Zhang, X., dan Song, Y. (2005). Urban Information Model for City Planning. *ITcon Vol. 10*, pp. 55, 2005.
- Hussain M. 2013. Volume and Normal Field Based Simplification of Polygonal Models. *Journal of Information Science and Engineering* 29, 267-279 (2013)

- Iping Supriana dan Andri Mirandi. (2009). Pembangunan Model untuk Visualisasi dan Simulasi Dugaan Banjir. Seminar on Intelligent Technology and Its Applications, Surabaya, 2009.
- Kokkas N. dan Smith M. (2007). Automated 3D City Modeling and The Importance of Quality Assurance Techniques. ISPRS Hanover Workshop: High Resolution Earth Imaging for Geospatial Information, 2007.
- Krauß T, Lehner M, Reinartz P. (2007). Modeling of Urban Areas from High Resolution Stereo Satellite Images. ISPRS Hanover Workshop: High Resolution Earth Imaging for Geospatial Information, 2007.
- Kurdi FT, Rehor M, Landes T, Grussenmeyer P, and Bahr HP. (2007). Extension of an Automatic Building Extraction Technique to Airborne Laser Scanner Data Containing Damaged Building. ISPRS Hanover Workshop: High Resolution Earth Imaging for Geospatial Information, 2007.
- Lari Z dan Ebadi H. (2007). Automated Building Extraction from High Resolution Satellite Imagery Using Spectral and Structural Information Based on Artificial Neural Networks. ISPRS Hanover Workshop: High Resolution Earth Imaging for Geospatial Information.
- Micusik, B. dan Kosecka, J. (2009). Piecewise Planar City 3D Modeling from Street View Panoramic Sequences. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, USA, 2009.
- Murata, M. (2004). 3D-GIS Application for Urban Planning Based on 3D City Model. In the Proceedings of 24th Annual Esri International User Conference, August 9–13, 2004.
- Parnes E dan Raino K. (2007). Production of Vegetation Information to 3D City Models from SPOT Satellite Images. ISPRS Hanover Workshop: High Resolution Earth Imaging for Geospatial Information, 2007.
- Pit, Aim, Van, dan Avi. (2010). Jembatan Ambrol, Lima Rumah Ambles. Surat Kabar Harian Malang Post, 8 November 2010.
- Rottensteiner, F. dan Schulze, M. (2003). Performance Evaluation of A System for Semi Automatic Building Extraction using Adaptable Primitives. ISPRS Archives, Vol. XXXIV, Part 3/W8, Munich 17-19 September 2003.

- Sakai T. dan Chikatsu H. (2008). Visualization of Road Slope Aspect for Fixed Property Appraisal of Lands using DEM. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII, Part B2, Beijing, 2008.
- Sawabi, IGN. (2008). Ratusan Pohon Mati Diracun. Surat Kabar Harian Kompas, 17 Oktober 2008.
- Tommy Firman. (2006). Globalisasi dan Tata Ruang Wilayah dan Kota: Dari Era Boom Ekonomi ke Otonomi Daerah dan Desentralisasi Fiskal [Online]. Penataan Ruang dan Pembangunan Wilayah – Sejarah Penataan Ruang Indonesia, Direktorat Jenderal Penataan Ruang, Kementrian PU, <http://www.penataanruang.net/>, 3 Januari 2006.
- Van. (2011a). Sawojajar Jadi Sasaran Hutan Reklame. Surat Kabar Harian Malang Post, 22 April 2011.
- Van, Feb, dan Avi. (2011b). Angin Serang Malang Raya. Surat Kabar Harian Malang Post, 11 Januari 2011.
- Van dan Lim. (2010). Bangunan Mangkrak Tercecer di Sudut Kota. Surat Kabar Harian Malang Post, 12 Oktober 2010.
- Yastikli, N., Emem, O., Alkis, Z. (2003). 3D Model Generation and Visualization of Cultural Heritage. Proceedings of CIPA XIX International Symposium, Antalya, Turkey, 2003.