

IMPLEMENTASI TEKNIK WATERSHED DAN MORFOLOGI PADA CITRA SATELIT UNTUK SEGMENTASI AREA UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Sutrisno¹, Ahmad Afif Supianto², Imam Cholissodin³

^{1,2,3}Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹trisno@ub.ac.id, ²afif.supianto@ub.ac.id, ³imamcs@ub.ac.id

(Naskah masuk: 2 Desember 2013, diterima untuk diterbitkan: 17 Februari 2014)

Abstrak

Penelitian di bidang segmentasi citra telah banyak dilakukan, terutama di bidang citra satelit. Proses segmentasi ini dilakukan untuk melakukan deteksi terhadap objek-objek yang terdapat di dalam citra. Pada penelitian ini, diimplementasikan sebuah metode segmentasi citra dengan menggunakan teknik watershed dan morfologi. Pertama, citra diubah ke dalam format citra grayscale. Kemudian, citra grayscale tersebut diolah dengan metode watershed untuk mendapatkan segmentasi awal. Selanjutnya, citra segmentasi tersebut diperbaiki menggunakan metode morfologi untuk mengurangi segmentasi berlebih yang dihasilkan oleh proses sebelumnya. Uji coba dilakukan terhadap 5 dataset citra satelit area Universitas Brawijaya dengan tingkat skala yang berbeda-beda. Skala yang digunakan dalam penelitian ini meliputi 20m, 50m, 100m, 200m, dan 500m. Uji coba menunjukkan bahwa metode yang diusulkan berhasil melakukan segmentasi citra dengan skala kurang dari 100 meter. Semakin rendah nilai skala yang digunakan sebagai uji coba, segmentasi yang dihasilkan semakin baik.

Kata kunci: *Watershed, Morfologi Citra, Citra Satelit*

Abstract

Research in the field of image segmentation has been widely applied, especially in the field of satellite imagery. The segmentation process is performed to detect the objects present in the image. In this study, implemented a method of image segmentation using watershed and morphological techniques. First, the image is converted into grayscale format. Then the grayscale image is processed by the watershed method to get initial segmentation. Furthermore, the improved image segmentation using morphological methods to reduce the excessive segmentation generated by the previous process. Tests performed on 5 satellite imagery dataset UB area with levels varying scales. The scale used in this study include the 20 meters, 50 meters, 100 meters, 200 meters, and 500 meters. The trials showed that the proposed method successfully to segment the image with the scale of less than 100 meters. The lower the scale value is used as a test, the better the resulting segmentation.

Keywords: *Watershed, Morphological Image, Satellite Imagery*

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini teknik pengolahan citra digital berkembang cukup pesat dengan aplikasi yang cukup luas di berbagai bidang. Salah satu bidang aplikasi yang dikembangkan adalah teknik segmentasi citra satelit. Penelitian telah dilakukan oleh (Liu R. dkk. 2008), (Ying S. dkk. 2008), (Yun Z. dkk. 2008) dan (Du G. dkk. 2009). Segmentasi citra ini merupakan langkah praproses untuk melakukan deteksi terhadap obyek-obyek yang terdapat di dalam citra satelit. Pendeteksian objek di dalam citra satelit menjadi penting mengingat manfaat yang didapatkan juga begitu besar. Salah satu manfaat yang didapatkan ketika suatu objek dapat dideteksi adalah informasi yang dapat diperoleh dari objek tersebut. Misalnya, informasi tentang sebaran dan luas area dari objek tersebut. Sebagai contoh, dengan mengetahui informasi tentang luas suatu area sumber pangan, maka informasi tentang ketahanan pangan dapat diperoleh. Sehingga, segmentasi merupakan langkah

yang memberikan kontribusi besar terhadap pendeteksian objek.

Watershed merupakan algoritma segmentasi gambar yang dikenal cukup baik (Chen G. Z. dkk. 2005). Pada watershed, segmentasi dilakukan dengan mengasumsikan gambar sebagai suatu relief topologi (Gonzales dan Woods 2002). Hasil segmentasi dengan watershed akan memberikan kurva tertutup dengan ketebalan satu piksel. Namun, kelemahan watershed sebagai suatu algoritma segmentasi adalah adanya segmentasi yang berlebih sehingga memberikan hasil yang kurang maksimal. Untuk mengatasi segmentasi berlebih tersebut, metode morfologi citra diterapkan untuk mendapatkan hasil segmentasi yang lebih baik dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Penelitian ini mengusulkan sebuah metode yang mengintegrasikan metode watershed dengan metode morfologi citra untuk melakukan segmentasi. Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan watershed dan morfologi citra untuk melakukan segmentasi terhadap citra satelit area di Universitas Brawijaya. Pertama, *histogram equalization*

dilakukan untuk mencerahkan citra asli sekaligus menjadi masukan pada proses selanjutnya. Kedua, konversi citra ke dalam citra *gradient magnitude* menggunakan *gaussian filtering* untuk mendeteksi tepian dari citra. Selanjutnya, segmentasi citra *gradient magnitude* menggunakan metode watershed untuk mendapatkan hasil segmentasi awal. Langkah selanjutnya adalah mengolah citra hasil segmentasi awal menggunakan morfologi untuk mengelompokkan segmen-segmen yang memiliki karakteristik yang sama. Terakhir, segmentasi citra menggunakan metode watershed untuk mendapatkan hasil segmentasi akhir.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Watershed

Tujuan utama dari algoritma segmentasi berdasarkan konsep watershed adalah mencari garis watershed. Ide dasarnya sangat sederhana, andaikan sebuah lubang dibuat di setiap bagian minimumnya dan seluruh topografi memenuhi dari bawah dengan membiarkan air sampai ke lubang pada tingkat yang seragam, ketika air naik ke kolam penangkapan maka air akan bergabung. Oleh karena itu sebuah bendungan (dam) dibangun untuk mencegah penggabungan. Banjir akhirnya mencapai tahap di mana hanya bagian atas bendungan yang bisa dilihat di atas garis air. Batas bendungan ini berhubungan dengan pembagian garis dalam watershed (Lotufo R. dkk. 2002).

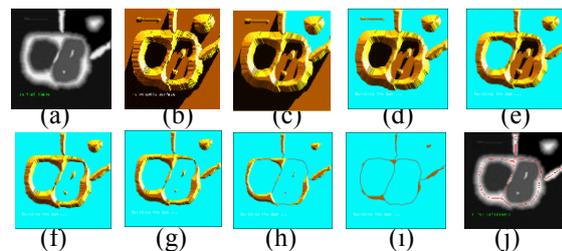
Salah satu aplikasi dasar dari segmentasi watershed adalah ekstraksi dari objek yang memiliki nilai dekat dan seragam terhadap *background*. Bagian citra yang mempunyai sifat variasi kecil di tingkat keabuan mempunyai nilai gradien yang kecil. Akan tetapi, pada kenyataannya kita sering melihat segmentasi watershed diaplikasikan ke gradien dari sebuah citra pada citra itu sendiri. Pada perumusan ini, regional minima dari kolam penangkapan berhubungan dengan nilai kecil dari gradien yang berhubungan ke objek yang diamati (Syamsa A. M. 2002).

Contoh ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar 1(a) adalah citra asli sedangkan Gambar 1(b) adalah citra topografi. Citra topografi adalah bentuk citra tiga dimensi jika dilihat dari atas. Gambar 1(c)-(g) adalah tahapan ketika terjadi proses flooding. Gambar 1(h) dan 1(i) menunjukkan ilustrasi ketika dibangun dam agar dua buah catchment basin tidak bergabung. Gambar 1(j) adalah hasil akhir dimana garis watershed telah diperoleh.

2.2. Morfologi

Matematika morfologi merepresentasikan citra objek dua dimensi sebagai suatu himpunan matematika dalam ruang *Euclidean E2*, dimana dapat berupa ruang kontinyu R^2 atau ruang diskrit Z^2 (Sri H. dkk. 2010). Dulu sebuah citra dipandang

sebagai suatu fungsi intensitas terhadap posisi (x,y), sedangkan dengan pendekatan morfologi, suatu citra dipandang sebagai himpunan. Sebuah objek citra A dapat direpresentasikan dalam bentuk himpunan dari posisi-posisi (x,y) yang bernilai 1 atau 0 dimana nilai-nilai tersebut menunjukkan tingkat *graylevel* setiap posisi. Nilai 1 untuk *graylevel* warna putih dan nilai 0 untuk *graylevel* warna hitam.



Gambar 1. Pembentukan Watershed

Sumber :(Syamsa A. M. 2002)

Prinsip dasar dari matematika morfologi adalah penggunaan *structuring element* yaitu bentuk dasar dari suatu objek yang digunakan untuk menganalisis struktur geometri dari objek lain yang lebih besar dan kompleks (Serra J. 1982). Tujuannya adalah untuk memperoleh informasi mengenai bentuk dari suatu citra dengan mengatur bentuk dan ukuran suatu *structuring element*.

Morfologi mempunyai dua operator dasar, yaitu Dilasi (*dilation*) dan Erosi (*erosion*) yang biasa digunakan untuk mengekstrak komponen yang diinginkan dalam sebuah citra. Berdasarkan dua operator tersebut, dapat diturunkan dua operator lainnya yang berguna untuk menghaluskan batas subinterval komponen yang telah diekstrak, yaitu *opening* dan *closing* (Gonzales dan Woods 2008).

Dalam penggunaannya, Morfologi selalu melibatkan sebuah citra dengan komponen I (citra) dan elemen penyusun E (*structuring element*). Operator-operator Morfologi tersebut adalah sebagai berikut (Gonzales dan Woods 2008):

$$\begin{aligned} \text{Dilasi} & : I \oplus E = \{z | (\hat{z}) \cap I \neq \emptyset\} \\ \text{Erosi} & : I \ominus E = \{z | (E)z \subseteq I\} \\ \text{Opening} & : I \circ E = (I \ominus E) \oplus E \\ \text{Closing} & : I \bullet E = (I \oplus E) \ominus E \end{aligned}$$

(E)z merupakan translasi dari komponen I terhadap titik z, sedangkan (\hat{z}) adalah refleksinya. Dilasi digunakan untuk memperbesar komponen yang diinginkan dengan cara menambahkan seluruh tepinya dengan elemen penyusun E. Erosi digunakan untuk mengikis komponen yang diinginkan dengan cara mengurangi seluruh tepinya dengan elemen penyusun E.

3. PERANCANGAN SISTEM

Pada penelitian ini, secara umum tahapan yang dilakukan adalah (i) pengambilan data citra satelit,

(ii) desain algoritma, (iii) implementasi algoritma, (iv) uji coba, dan (v) analisis hasil.

3.1. Akuisisi Data

Data citra satelit di dapatkan dari citra satelit yang terdapat di Google Map. Data didapatkan dalam bentuk file dengan format gambar JPG. Setiap file terdiri dari gambar area yang terdapat di Universitas Brawijaya dengan ukuran 512 x 512 piksel. File-file tersebut dikelompokkan ke dalam dataset berdasarkan cara perolehan data menurut skala yang berbeda-beda. Skala yang digunakan dalam penelitian ini meliputi 20m, 50m, 100m, 200m, dan 500m.

3.2. Histogram Equalization

Setelah data didapatkan, langkah pertama dalam implementasi algoritma segmentasi yang diusulkan adalah proses *histogram equalization*. Proses *histogram equalization* pada tahap ini bertujuan untuk memperoleh penyebaran histogram yang merata, sehingga setiap derajat keabuan memiliki jumlah piksel yang relatif sama. Preproses ini perlu dilakukan untuk mengatasi data-data citra satelit yang memiliki pencahayaan redup atau terlalu terang pada saat pengambilan data.

3.3. Konversi Citra Gradient Magnitude

Setelah didapatkan hasil perbaikan citra, selanjutnya pada tahap ini dilakukan konversi citra hasil *histogram equalization* ke citra *gradient magnitude* menggunakan fungsi *gaussian*. Tujuan dari konversi ini untuk mendapatkan suatu citra yang telah terdeteksi tepiannya. Citra ini selanjutnya digunakan sebagai input untuk tahap selanjutnya, yaitu proses segmentasi dengan watershed.

3.4. Segmentasi Awal

Setelah didapatkan citra *gradient magnitude*, selanjutnya dilakukan proses watershed sebagai langkah awal segmentasi. Citra yang berupa *gradient magnitude* tersebut dimasukkan dalam algoritma watershed. Pada langkah awal ini, memungkinkan terjadinya segmentasi berlebih, karena sesuai dengan karakteristik dari watershed, yaitu memiliki kelemahan segmentasi berlebih. Selain itu watershed memiliki kelebihan yaitu dapat menghasilkan *contour* yang tertutup dengan ketebalan satu piksel.

3.5. Proses Morfologi Citra

Pada tahap awal ini tampak banyak sekali *catchment basin* (kolam tangkapan). Hal itu dikarenakan ukuran dari kolam tangkapan tersebut berukuran kecil. Sehingga langkah yang dapat dilakukan adalah memperbesar daerah kolam tangkapan tersebut. Langkah ini dilakukan untuk mendapatkan segmentasi yang lebih baik terhadap

obyek yang akan diambil. Sehingga daerah yang dihasilkan dapat mempermudah langkah selanjutnya dalam melakukan segmentasi mengambil obyek di area Universitas Brawijaya.

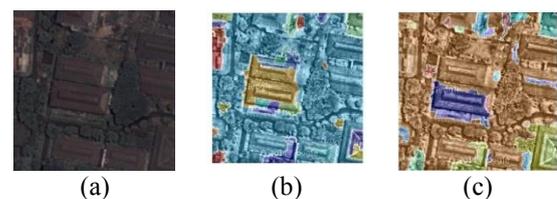
Untuk memperbaiki segmentasi watershed awal yang menghasilkan segmentasi berlebih, maka dilakukan proses morfologi citra. Proses morfologi citra ini dibagi ke dalam beberapa langkah. Pertama, menerapkan proses *opening* pada citra hasil segmentasi awal. Tahap ini citra hasil segmentasi awal akan dilakukan operasi morfologi berupa Erosi yang dilanjutkan dengan Dilasi. Langkah kedua adalah melakukan rekonstruksi citra dengan mengimplementasikan proses Erosi. Langkah ketiga adalah mengoperasikan citra dengan proses *closing*, yaitu melakukan Dilasi yang dilanjutkan dengan Erosi. Terakhir, melakukan rekonstruksi citra dengan mengimplementasikan proses Dilasi.

3.6. Segmentasi Akhir

Setelah citra hasil operasi morfologi didapatkan, tahap selanjutnya adalah segmentasi akhir. Pada tahap ini segmentasi dilakukan dengan menerapkan watershed lagi, namun citra yang dijadikan masukan untuk algoritma watershed ini merupakan citra hasil operasi morfologi. Segmentasi akhir ini akan menghasilkan segmentasi yang tidak berlebih, hal ini disebabkan operasi morfologi yang diterapkan pada tahap sebelumnya menjadikan segmen-segmen kecil bergabung menjadi sebuah segmen yang lebih besar. Bergabungnya beberapa segmen kecil menjadikan hasil segmentasi akhir ini lebih baik.

4. HASIL UJI COBA DAN ANALISA

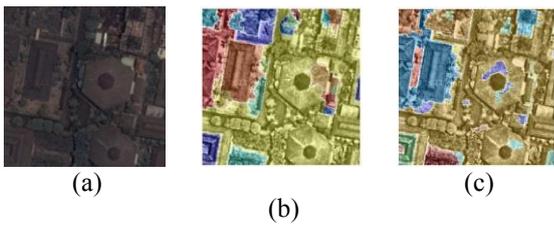
Hasil uji coba pada dataset pertama adalah data dengan skala 20m adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Hasil Segmentasi Citra01 pada skala 20m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 1. Tabel hasil segmentasi Citra01 pada skala 20m.

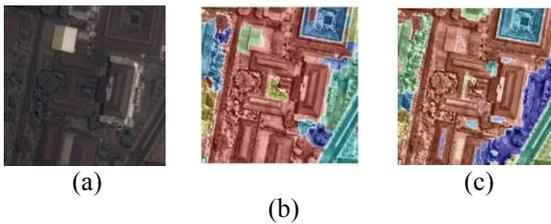
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	516		2336	
Segmen 02	5349		4072	



Gambar 3. Hasil segmentasi Citra02 pada skala 20m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 2. Tabel hasil segmentasi Citra02 pada skala 20m.

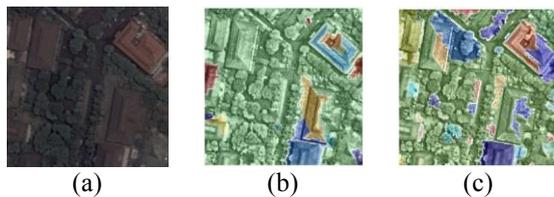
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	5310		9237	
Segmen 02	630		1181	



Gambar 4. Hasil segmentasi Citra03 pada skala 20m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 3. Tabel hasil segmentasi Citra03 pada skala 20m.

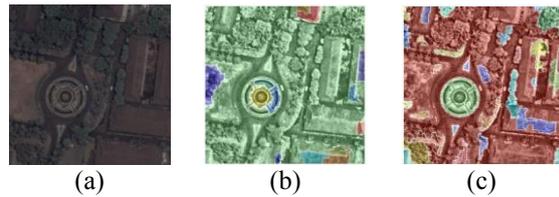
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	3361		3681	
Segmen 02	39339		700	



Gambar 5. Hasil segmentasi Citra04 pada skala 20m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 4. Tabel hasil segmentasi Citra04 pada skala 20m.

Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	2017		1950	
Segmen 02	53653		2617	



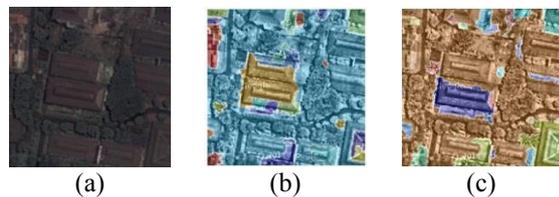
Gambar 6. Hasil segmentasi Citra05 pada skala 20m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 5. Tabel hasil segmentasi Citra05 pada skala 20m.

Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	899		2893	
Segmen 02	58154		64	

Pada skala 20m ini, hasil segmentasi menggunakan metode yang diusulkan menunjukkan bahwa objek-objek dalam citra dapat disegmentasi lebih baik dari hasil segmentasi menggunakan watershed saja. Segmentasi yang dihasilkan dengan metode yang diusulkan dapat melingkupi objek-objek dalam citra.

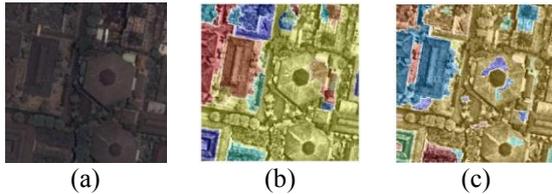
Hasil uji coba pada dataset kedua adalah data dengan skala 50m adalah sebagai berikut :



Gambar 7. Hasil segmentasi Citra01 pada skala 50m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 6. Tabel hasil segmentasi Citra01 pada skala 50m.

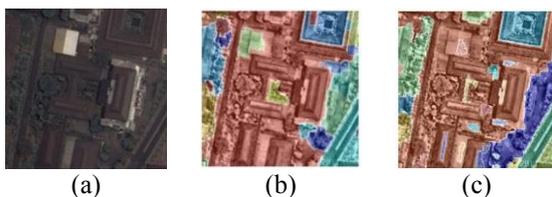
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	615		2336	
Segmen 02	5349		4072	



Gambar 8. Hasil segmentasi Citra02 pada skala 50m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 7. Tabel hasil segmentasi Citra02 pada skala 50m.

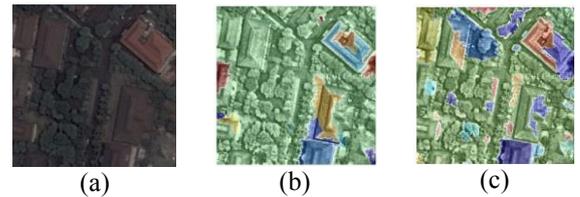
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	5310		9237	
Segmen 02	630		1181	



Gambar 9. Hasil segmentasi Citra03 pada skala 50m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 8. Tabel hasil segmentasi Citra03 pada skala 50m.

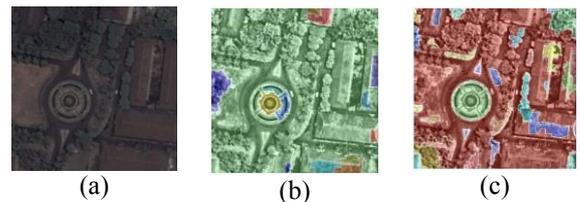
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	3361		3681	
Segmen 02	39339		700	



Gambar 10. Hasil segmentasi Citra04 pada skala 50m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 9. Tabel hasil segmentasi Citra04 pada skala 50m.

Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	2017		1950	
Segmen 02	53653		2617	



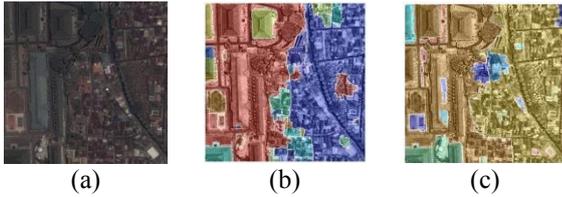
Gambar 11. Hasil segmentasi Citra05 pada skala 50m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 20. Tabel hasil segmentasi Citra05 pada skala 50m.

Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	1100		2893	
Segmen 02	58154		64	

Pada skala 50m ini, hasil segmentasi menggunakan metode yang diusulkan menunjukkan bahwa objek-objek dalam citra dapat disegmentasi lebih baik dari hasil segmentasi menggunakan watershed saja.

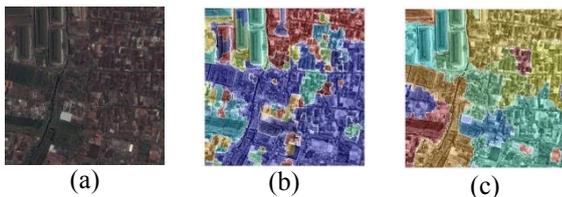
Hasil uji coba pada dataset ketiga adalah data dengan skala 100m adalah sebagai berikut :



Gambar 12. Hasil segmentasi Citra01 pada skala 100m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 11. Tabel hasil segmentasi Citra01 pada skala 100m.

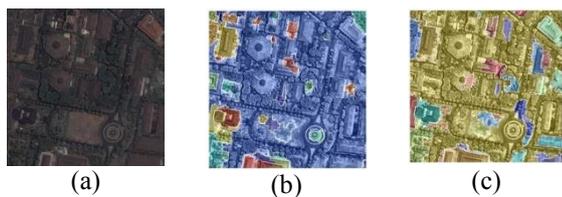
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	574		857	
Segmen 02	1056		2753	



Gambar 13. Hasil segmentasi Citra02 pada skala 100m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 12. Tabel hasil segmentasi Citra02 pada skala 100m.

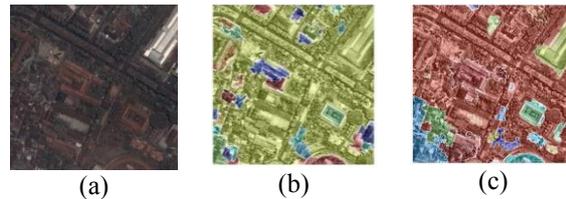
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	918		4439	
Segmen 02	2368		7893	



Gambar 14. Hasil segmentasi Citra03 pada skala 100m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 13. Tabel hasil segmentasi Citra03 pada skala 100m.

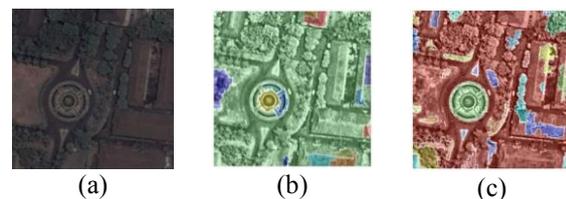
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	50804		1027	
Segmen 02	751		1275	



Gambar 15. Hasil segmentasi Citra04 pada skala 100m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 14. Tabel hasil segmentasi Citra04 pada skala 100m.

Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	52406		2718	
Segmen 02	683		762	



Gambar 16. Hasil segmentasi Citra05 pada skala 100m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

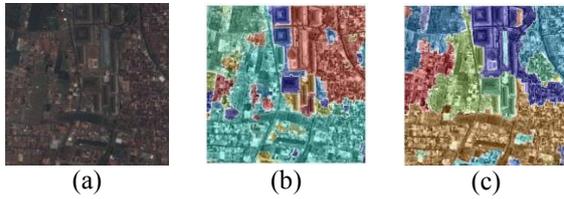
Tabel 15. Tabel hasil segmentasi Citra05 pada skala 100m.

Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	899		2893	
Segmen 02	58154		273	

Pada skala 100m ini, hasil segmentasi menggunakan metode yang diusulkan menunjukkan bahwa objek-objek dalam citra kurang dapat

disegmentasi dengan baik, sehingga dua objek dikenali sebagai satu segmen.

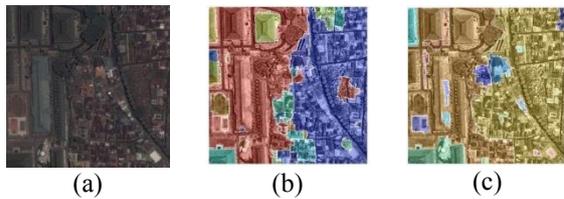
Hasil uji coba pada dataset keempat adalah data dengan skala 200m adalah sebagai berikut :



Gambar 17. Hasil segmentasi Citra01 pada skala 200m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 16. Tabel hasil segmentasi Citra01 pada skala 200m.

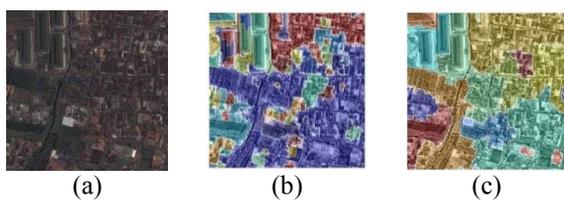
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	501		2422	
Segmen 02	937		10168	



Gambar 18. Hasil segmentasi Citra02 pada skala 200m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 17. Tabel hasil segmentasi Citra02 pada skala 200m.

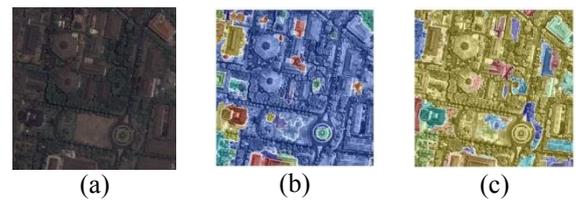
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	574		857	
Segmen 02	1056		2753	



Gambar 19. Hasil segmentasi Citra03 pada skala 200m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 18. Tabel hasil segmentasi Citra03 pada skala 200m.

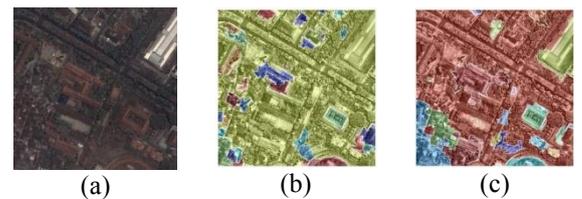
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	747		4439	
Segmen 02	2368		7893	



Gambar 20. Hasil segmentasi Citra04 pada skala 200m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 19. Tabel hasil segmentasi Citra04 pada skala 200m.

Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	50804		165	
Segmen 02	423		886	



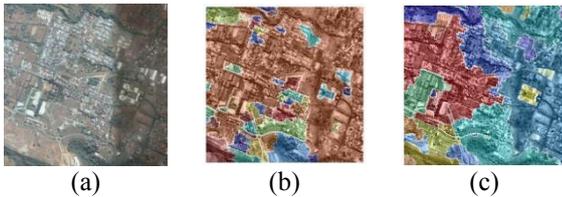
Gambar 21. Hasil segmentasi Citra05 pada skala 200m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 20. Tabel hasil segmentasi Citra05 pada skala 200m.

Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	52406		2718	
Segmen 02	683		762	

Pada skala 200m ini, hasil segmentasi menggunakan metode yang diusulkan menunjukkan bahwa objek-objek dalam citra kurang dapat disegmentasi dengan baik, sehingga disamping dua objek dikenali sebagai satu segmen, terdapat beberapa bagian piksel tetangga yang ikut tersegmentasi.

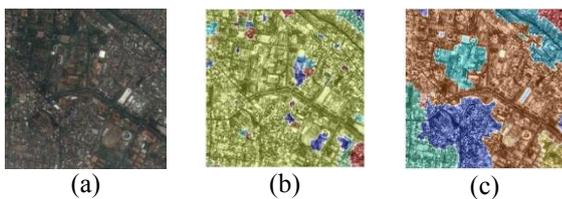
Hasil uji coba pada dataset kelima adalah data dengan skala 500m adalah sebagai berikut :



Gambar 22. Hasil segmentasi Citra01 pada skala 500m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 21. Tabel hasil segmentasi Citra01 pada skala 500m.

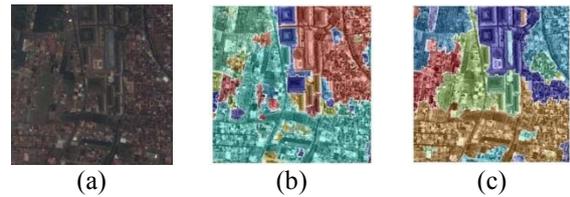
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	44412		2642	
Segmen 02	270		577	



Gambar 23. Hasil segmentasi Citra02 pada skala 500m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 22. Tabel hasil segmentasi Citra02 pada skala 500m.

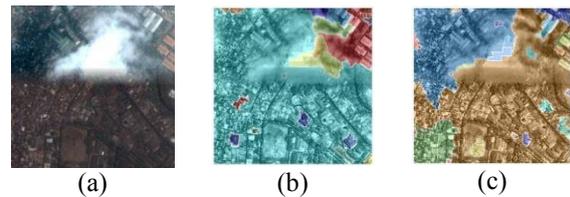
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	56557		32	
Segmen 02	56557		3635	



Gambar 24. Hasil segmentasi Citra03 pada skala 500m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 23. Tabel hasil segmentasi Citra03 pada skala 500m.

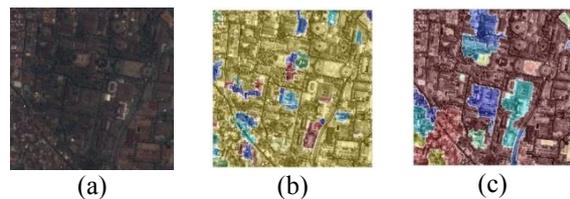
Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	937		10168	
Segmen 02	758		2422	



Gambar 25. Hasil segmentasi Citra04 pada skala 500m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 24. Tabel hasil segmentasi Citra04 pada skala 500m.

Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	4502		365	
Segmen 02	1273		428	



Gambar 26. Hasil segmentasi Citra05 pada skala 500m. (a) Citra asli. (b) Citra Hasil Watershed. (c) Citra Hasil Watershed dan Morfologi.

Tabel 25. Tabel hasil segmentasi Citra05 pada skala 500m.

Nama Segmen	Watershed		Watershed + Morfologi	
	Jumlah Piksel	Gambar	Jumlah Piksel	Gambar
Segmen 01	54417		2600	
Segmen 02	54417		1946	

Pada skala 500m ini, hasil segmentasi menggunakan metode yang diusulkan menunjukkan bahwa objek-objek dalam citra tidak dapat disegmentasi dengan baik.

Dari kelima dataset yang diuji dengan skala yang berbeda, dapat disimpulkan bahwa citra dapat disegmentasi untuk mengidentifikasi suatu objek dengan baik pada skala hingga 100meter.

5. DAFTAR PUSTAKA

- CHEN, G. Z. & TIAN, G. Z. 2005. A Hybrid Boundary Detection Algorithm Based on Watershed and Snake. *Pattern Recognition Letters, Elsevier*, 26, 1256–1265.
- DU, G., MIAO, F., TIAN, S., & LIU, Y. 2009. A modified fuzzy C-means algorithm in remote sensing image segmentation. *IEEE, International Conference on Environmental Science and Information Application Technology*, 447-450.
- GONZALES, R.C. & WOODS, R.E. 2008. *Digital Image Processing Third Edition*, Prentice Hall.
- LIU, R., ZHANG, J. & SONG, P. 2008. An Agglomerative Hierarchical Clustering based High-Resolution Remote Sensing Image Segmentation Algorithm. *IEEE, International Conference on Computer Science and Software Engineering*, 403-406.
- LOTUFO, R. & SILVA, W. 2002. *Minimal Set Of Markers For The Watershed Transform*. Faculty Of Electrical And Computer Engineering Universidade Estadual De Campinas, Campinassp, Brazil.
- SERRA, J. 1982. *Image Analysis and Mathematical Morphology*. Academic Press, Inc., London.
- SRI, H. A., AGUS Z. A. & ANNY Y. 2010. Metode Shape Descriptor Berbasis Shape Matrix Untuk Estimasi Bentuk Structuring Element. *Tesis*, Program Magister Teknik Informatika, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- SYAMSA, A. M. 2002. Segmentasi dan Rekonstruksi Citra Organ dalam Tiga Dimensi Menggunakan Matematika Morfologi dan Triangulasi delauney. *Prosiding Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT)*, Jakarta.
- YING, S. & GUO-JIN, H. 2008. Segmentation of High-resolution Remote Sensing Image Based on Marker-based Watershed Algorithm. *IEEE, Fifth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 271-276.
- YUN, Z., XUEZHI, F. & Xinghua, L. 2008. Segmentation on multispectral remote sensing image using watershed transformation. *IEEE, Congress on Image and Signal Processing*, 773-777.