

## **ESTIMASI BENTUK *STRUCTURING ELEMENT* BERDASAR REPRESENTASI OBYEK**

**\*Sri Huning Anwariningsih, \*\*Agus Zainal Arifin, \*\*\*Anny Yuniarti**

Program Magister Teknik Informatika, ITS

Jl. Raya ITS, Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111

E-Mail: \*zahra\_daffa@yahoo.com, \*\*agusza@cs.its.ac.id, \*\*\*anny@cs.its.ac.id

### **Abstrak**

Pemrosesan citra secara morfologi dilakukan dengan cara menerapkan sebuah *structuring element (strel)* terhadap sebuah citra dengan cara yang hampir sama dengan konvolusi. *Structuring element* memegang peranan penting dalam pengolahan citra dengan morfologi. Pemilihan bentuk dan ukuran *structuring element* sangat berpengaruh terhadap hasil pengolahan citra. Sebuah *structuring element* yang sesuai digunakan pada sebuah obyek, belum tentu sesuai digunakan pada obyek lain. Umumnya pemilihan *structuring element* hanya didasarkan pada kemiripan bentuk dengan obyek yang diteliti yang ditentukan secara manual. Pada penelitian ini diusulkan suatu metode estimasi bentuk *structuring element* berdasar pada representasi bentuk obyek yang diteliti. Representasi bentuk yang digunakan berbasis *shape matrix*. Representasi obyek ini akan membantu menentukan bentuk *structuring element* pada obyek yang diteliti karena bentuk *structuring element* yang digunakan akan sesuai dengan representasi obyek yang diteliti. Untuk menguji kinerjanya, bentuk *structuring element* yang didapatkan diujicobakan untuk deteksi tepi dengan menggunakan operasi morfologi *gradien*. Hasil uji coba pada 30 sampel data citra sintetis menunjukkan bahwa algoritma deteksi tepi menggunakan metode *shape descriptor* berbasis *shape matrix* ini terbukti dapat diandalkan dengan akurasi rata-rata sebesar 99,6 %.

Kata kunci: deteksi tepi, morfologi *gradien*, representasi bentuk, *structuring element*, *shape matrix*.

### **Abstract**

*Basic concept of morphology is conducted by passing a structuring element (strel) to an image. In morphology, structuring element plays an important role in image processing. The selection the shape and size of structuring element can influence the result of image processing. An appropriate structuring element which is used at an object is not always appropriate to be used at other objects. Generally, the selection of structuring element only relies on similarity with shape of observed object that is determined manually. This paper proposes a method to estimate the shape of structuring element based on the representation of observed object. Every representation can describe the internal dan exsternal characteristic of object. So this object representation will help to determine the shape of structuring element at observed object because the shape of structuring element used is appropriate to the representation of the obseved object. Therefore, to measure its performance, the shape of structuring element can be tried out in detecting the side by using the gradient morphology operation. Testing for this method uses 30 samples of synthetic image shows that detection of algorithm using method of shape descriptor based on shape matrix is reliable with the average accuration 99.6% .*

*Key words: edge detection, morphological gradient, structuring element, shape matrix, shape representation.*

## PENDAHULUAN

Operasi morfologi banyak digunakan dalam pengolahan dan analisis citra, misalkan untuk operasi perbaikan citra (*image enhancement*) ekstraksi fitur, deteksi tepi, analisis bentuk, dan beberapa implementasi operasi pengolahan citra lain. Dalam operasi morfologi, pemilihan *structuring element* (*strel*) sangat mempengaruhi hasil pemrosesan citra. Penggunaan dua buah *structuring element* yang berbeda akan menghasilkan hasil yang berbeda meski obyek/citra yang dianalisa adalah sama [1].

Ada beberapa bentuk *structuring element* yang biasa digunakan, yaitu *rectangle*, *square*, *disk*, *linear*, dan *diamond*. Setiap bentuk *structuring element* tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. *Structuring element* berbentuk *rectangle* dan *square* dapat digunakan untuk mendeteksi tepi bagian atas, bawah, pinggir kiri, dan kanan dari sebuah obyek. Sedangkan *structuring element* berbentuk *disk* dapat digunakan untuk melakukan operasi dilasi/rotasi yang tidak berhubungan dengan arah. Hal ini dikarenakan *structuring element* berbentuk *disk* simetris terhadap obyek aslinya. *Structuring element* berbentuk *line/linear* hanya dapat mendeteksi *single border* [2].

Bentuk *structuring element* yang sesuai untuk satu obyek belum tentu sesuai untuk obyek lain. Deteksi sel tumor *gastric* lebih tepat menggunakan *structuring element* berbentuk *rectangle* dibanding menggunakan *structuring element* berbentuk *diamond* atau *linear* [2]. Sedangkan deteksi adanya retakan kecil (*microcrack*) pada batu dolomit lebih cocok menggunakan *structuring element* berbentuk linear karena *microcrack* pada batu dolomit berbentuk garis-garis [3].

Belum ada pedoman baku dalam pemilihan bentuk *structuring element*. Umumnya pemilihan bentuk *structuring element* hanya didasarkan pada kemiripan dengan bentuk obyek yang diteliti [2]. Salah satu atribut yang penting untuk mengenali sebuah obyek adalah *shape* (bentuk) karena ia merupakan representasi dari sebuah obyek [4]. *Shape* adalah salah satu atribut yang penting untuk mengenali sebuah obyek. Pemilihan bentuk *structuring element* lebih didasarkan pada kemiripan dengan bentuk obyek. Oleh karena

itu bentuk obyek dapat digunakan sebagai penentuan bentuk *structuring element*.

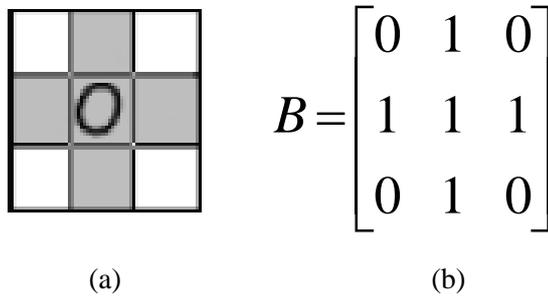
*Shape descriptor* adalah teknik untuk merepresentasikan bentuk obyek. Sebuah representasi yang baik akan dapat menggambarkan karakteristik intrinsik dari sebuah *shape* secara eksplisit. Representasi sebuah *shape* juga harus invarian terhadap rotasi, *scaling* dan transformasi [4]. Salah satu teknik *shape descriptor* adalah *shape matrix*. *Shape matrix* menggunakan informasi global dari sebuah *shape*, kemudian mengubahnya menjadi sebuah matrik yang mendeskripsikan sebuah *shape*. Beberapa penelitian mengemukakan bahwa *shape matrix* dapat menggambarkan bentuk obyek serta invarian terhadap *scaling*, rotasi, dan translasi [5,6]. Representasi bentuk obyek ini dapat digunakan untuk mendeteksi bentuk *structuring element* yang mendekati bentuk obyek yang diteliti.

Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan metode baru untuk estimasi bentuk *structuring element* yang dapat digunakan mendeteksi sebuah obyek. Estimasi ini dilakukan dengan menganalisa representasi *shape* sebuah obyek. Representasi *shape* yang digunakan pada penelitian ini adalah berbasis *shape matrix*. *Shape matrix* memiliki keunggulan yaitu telah teruji invarian terhadap translasi, rotasi, dan *scaling* [7]. Selain itu *shape matrix* dapat merepresentasikan *region* yang memiliki *hole*. *Shape matrix* memiliki karakteristik yang mirip dengan karakteristik *structuring element*. Dengan melakukan proses *resizing* terhadap bentuk dari *shape matrix* diharapkan dapat menentukan bentuk *structuring element* yang mirip dengan obyek yang sedang diteliti.

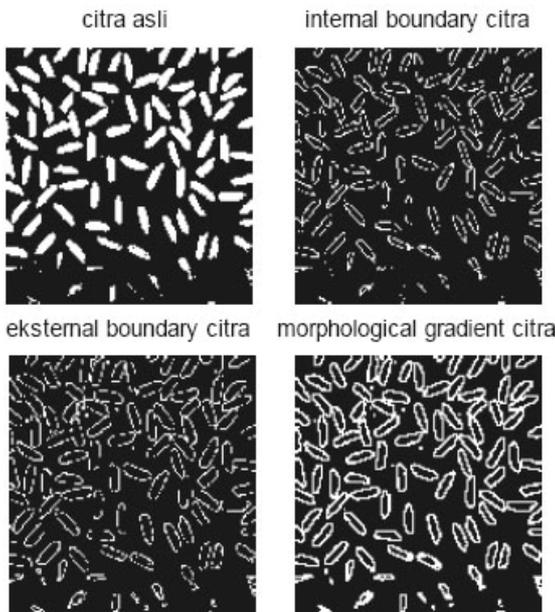
## MORFOLOGI

Matematika morfologi merepresentasikan citra obyek dua dimensi sebagai suatu himpunan matematika dalam ruang *Euclidean*  $E^2$ , dimana ia dapat berupa ruang kontinyu  $R^2$  atau ruang diskrit  $Z^2$ . Dahulu, sebuah citra dipandang sebagai suatu fungsi intensitas terhadap posisi  $(x,y)$ , sedangkan dengan pendekatan morfologi, suatu citra dipandang sebagai himpunan. Sebuah obyek citra  $A$  dapat direpresentasikan dalam bentuk himpunan dari posisi-posisi  $(x,y)$  yang bernilai 1 atau 0, dimana nilai-nilai tersebut menunjukkan tingkat *gray scale* setiap

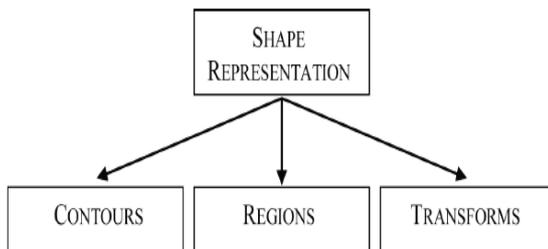
posisi. Nilai 1 untuk *gray level* warna putih dan nilai 0 untuk *gray level* warna hitam.



Gambar 1. Contoh *Structuring Element*.  
 (a) Titik “O” adalah Titik Poros dan (b) Representasi Biner *Strel*.



Gambar 2. Citra Hasil Deteksi Tepi Menggunakan Morfologi Gradien.



Gambar 3. Taksonomi Representasi *Shape* [6].

Prinsip dasar dari matematika morfologi adalah penggunaan *structuring element* yaitu bentuk dasar dari suatu obyek yang digunakan untuk menganalisis struktur geometri dari obyek lain yang lebih besar dan kompleks [8]. Tujuannya adalah untuk memperoleh informasi mengenai bentuk dari suatu citra dengan mengatur bentuk dan ukuran suatu *structuring element*.

**Structuring Element**

*Structuring element* dapat diibaratkan dengan *mask* pada pemrosesan citra biasa (bukan secara morfologi). *Structuring element* juga memiliki titik poros (disebut juga titik *origin*/titik asal/titik acuan). Gambar 1 menunjukkan contoh *structuring element* dengan titik poros di (0,0) yang ditunjukkan dengan huruf “O”.

Bentuk *structuring element* pada Gambar 1(a) dapat direpresentasikan dalam bentuk matrik biner seperti pada Gambar 1(b), dimana angka “1” dan angka “0” menunjukkan nilai *gray level*.

Dalam morfologi, yang menjadi kunci penting adalah pemilihan *structuring element*. *Structuring element* memiliki dua komponen penting yaitu bentuk dan ukuran, yang mempengaruhi hasil pengujian. Pemilihan bentuk *structuring element* juga mempengaruhi citra hasil operasi morfologi.

**Operasi-operasi Morfologi**

Dalam morfologi ada beberapa operasi yang dapat dilakukan, yaitu:

1. Translasi

Translasi artinya sebuah citra yang digeser pada arah (x,y), dimana (x,y) adalah koordinat matrik. Operasi translasi dinyatakan sebagai Persamaan (1).

$$A_w = \{(a,b) + (x,y) : (a,b) \in A\} \quad (1)$$

2. Dilasi

Operasi dilasi dilakukan untuk memperbesar ukuran segmen obyek dengan menambah lapisan di sekeliling obyek. Operasi ini menyebabkan citra hasil dilasi cenderung menebal [9].

Dilasi A oleh B dinotasikan dengan  $A \oplus B$  dan didefinisikan sebagai Persamaan (2).

$$A \oplus B = \bigcap_{x \in B} A_x \quad (2)$$

3. Erosi

Operasi erosi adalah kebalikan dari operasi dilasi. Pada operasi ini, ukuran obyek diperkecil dengan mengikis sekeliling obyek sehingga citra hasil cenderung diperkecil menipis [9]. Erosi  $A$  oleh  $B$  dinotasikan  $A \ominus B$  didefinisikan sebagai Persamaan (3).

$$A \ominus B = \{w : B_w \subseteq A\} \quad (3)$$

$$A \ominus B = \bigcap_{b \in B} A_b \quad (4)$$

4. *Opening*

Proses *opening* pada sebuah citra  $A$  oleh *strel*  $B$  dinotasikan dengan  $A \circ B$  dan didefinisikan sebagai proses erosi. Proses ini dilanjutkan dengan proses dilasi dimana kedua proses tersebut dilakukan secara berulang untuk semua titik  $(x,y)$ , seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan (5).

$$(A)_{opening} = A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (5)$$

Persamaan (5) dapat dituliskan ke dalam bentuk Persamaan (6).

$$A \circ B = \bigcup (B + x : B + x \subset A) \quad (6)$$

Operasi *opening* digunakan untuk memutus bagian-bagian dari obyek yang hanya terhubung dengan satu atau dua buah titik saja, dan menghilangkan obyek yang sangat kecil. Operasi *opening* bersifat memperhalus kenampakan citra, menyambung fitur yang terputus (*break narrow joins*), dan menghilangkan efek pelebaran pada obyek (*remove protrusions*).

5. *Closing*

Operasi *closing* adalah kombinasi antara operasi dilasi dan erosi yang dilakukan secara berurutan. Citra asli didilasi terlebih dahulu dan kemudian hasilnya dierosi. Proses *closing* pada sebuah citra  $A$  oleh *strel*  $B$  dinotasikan dengan  $A \bullet B$  dan didefinisikan sebagai Persamaan (7).

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (7)$$

Beberapa kegunaan operasi *closing* adalah menutup atau menghilangkan lubang-lubang kecil yang ada dalam segmen obyek; menggabungkan dua segmen obyek yang saling berdekatan (menutup sela antara dua obyek yang sangat berdekatan); dan juga dilakukan dalam beberapa rangkaian dilasi-erosi (misalnya tiga kali dilasi, lalu

tiga kali erosi) apabila ukuran lubang atau jarak antar obyek cukup besar.

Operasi *closing* juga cenderung akan memperhalus obyek pada citra, yaitu dengan cara menyambung pecahan-pecahan (*fuses narrow breaks and thin gulf*) dan menghilangkan lubang-lubang kecil pada obyek.

6. *Morphological Gradient*

Operasi dilasi dan erosi seringkali dikombinasikan untuk memaksimalkan operasi morfologi pada *image processing*. Soille menyatakan bahwa terdapat tiga jenis *morphological gradient* [10], yaitu:

- a *Basic morphological gradient* dimana *dilated\_image - eroded\_image*
- b *Internal gradient* dimana *original\_image - eroded\_image*
- c *External gradient* dimana *dilated\_image - original\_image*.

*Dilated\_image* adalah citra hasil dilasi, sedangkan *eroded\_image* adalah citra hasil erosi.

Persamaan untuk *Morphological gradient* didefinisikan dalam Persamaan (8), *Internal gradient* dalam Persamaan (9), dan *External gradient* dalam Persamaan (10).

$$MG = (A \oplus B) - (A \ominus B) \quad (8)$$

$$IG = A - (A \ominus B) \quad (9)$$

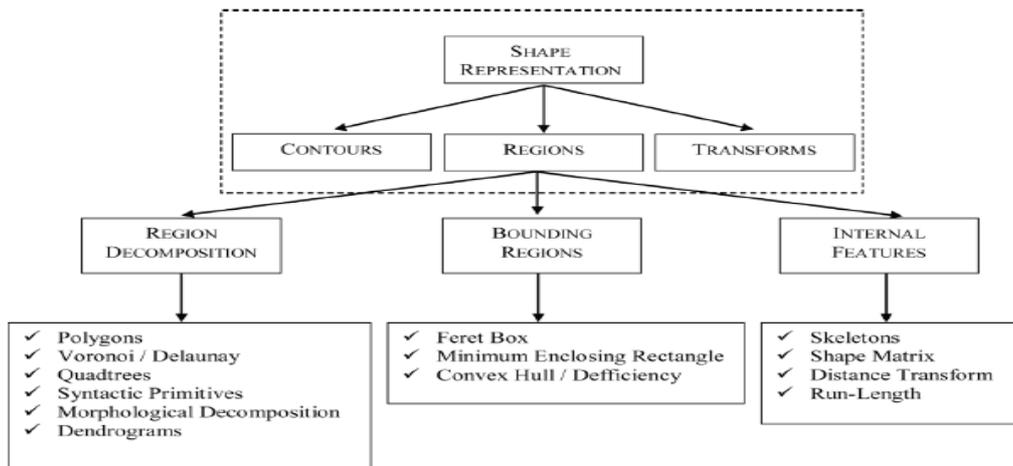
$$EG = (A \oplus B) - A \quad (10)$$

*Internal gradient* akan mempertajam *internal boundary* dari obyek sehingga obyek akan lebih terang dibandingkan dengan *backgroundnya*. Sedangkan pada *eksternal gradient*, *boundary* obyek akan lebih gelap dibanding dengan *backgroundnya* (Gambar 2). Pada citra biner, *internal gradient* akan menjadi *mask* dari *internal boundary* dari obyek [10].

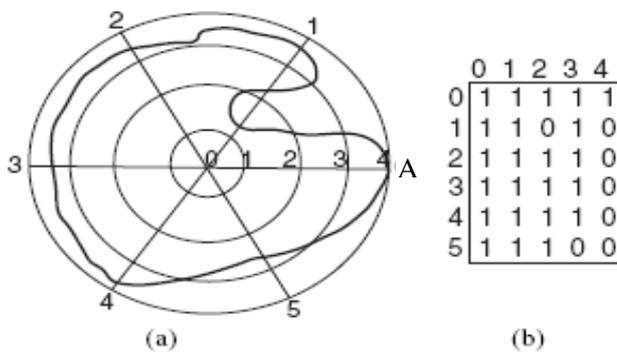
Morfologi gradien dapat disebut citra tepi, karena dengan mengurangi operasi hasil penebalan dan penipisan maka akan diperoleh citra yang menonjolkan tepi obyek, karena daerah *non-tepi* obyek sudah hilang karena pengurangan tersebut.

**REPRESENTASI OBYEK**

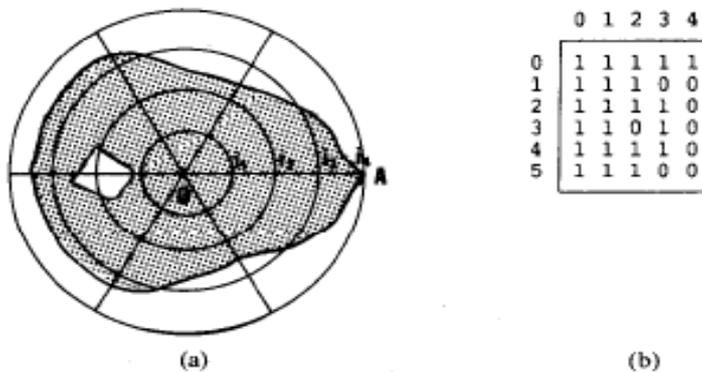
Pengenalan bentuk menjadi faktor yang penting dalam pengenalan suatu obyek.



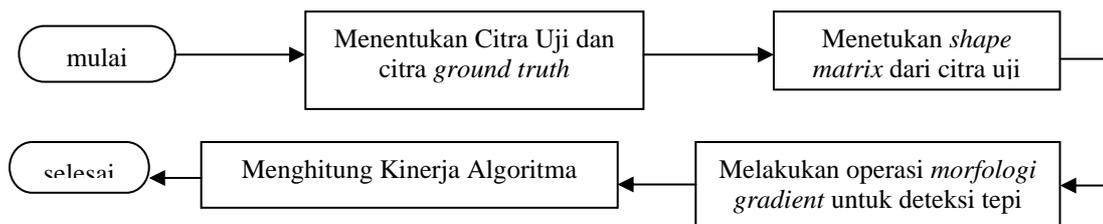
Gambar 4. Taksonomi Teknik Representasi *Shape* Menggunakan *Region-Based* [6].



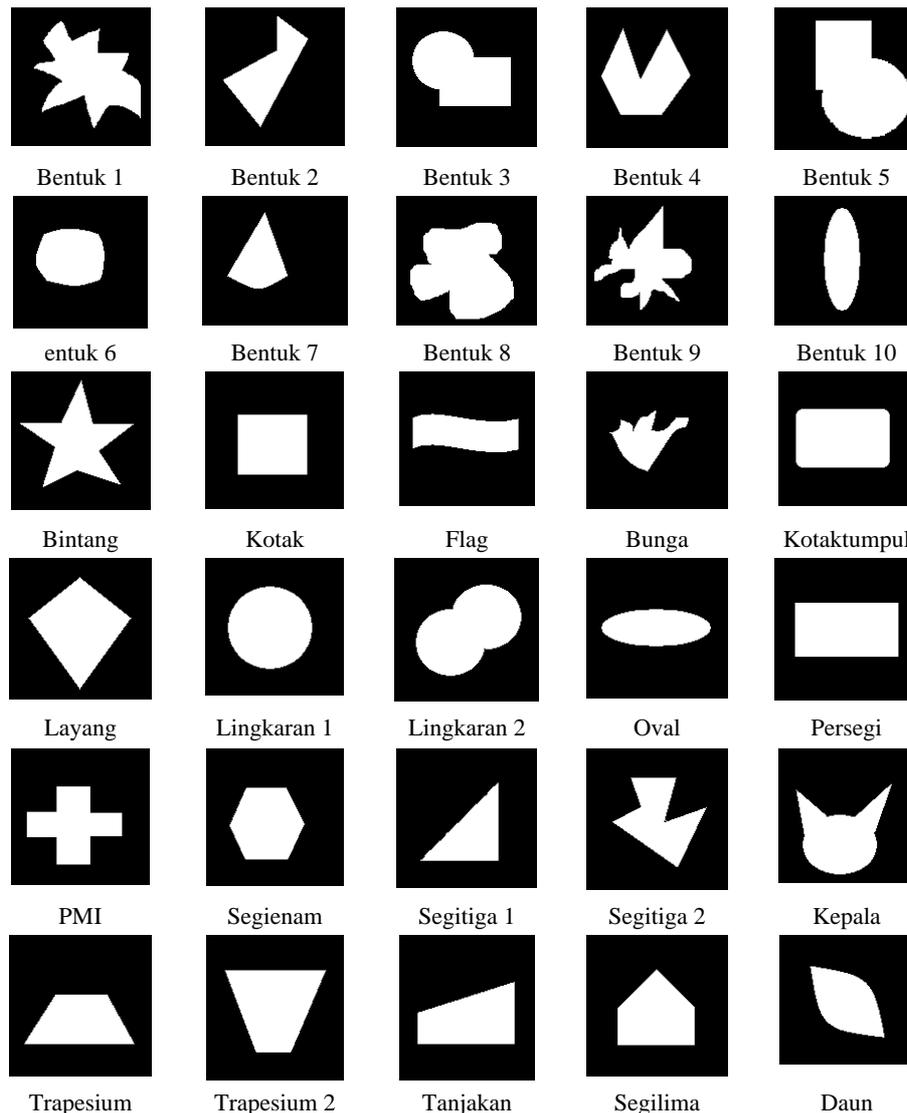
Gambar 5. (a) Contoh *Shape* dan (b) *Shape Matrix* [7].



Gambar 6. (a) Contoh *Shape* dengan *Hole*, (b) *Shape Matrix* [5].



Gambar 7. Rancangan Sistem untuk Pengujian Estimasi Bentuk *Structuring Element* Berbasis *Shape Matrix*.



Gambar 8. Citra Uji (Berupa Citra Buatan) dengan Ukuran 140 x 140 piksel.

### Representasi Shape

Sebuah representasi yang baik akan dapat menggambarkan karakteristik intrinsik dari sebuah *shape* secara eksplisit. Sebuah representasi *shape* yang bagus harus dapat menggambarkan sebuah obyek secara akurat sehingga akan memudahkan menemukan bentuk asli sebuah obyek setelah obyek tersebut telah di-rekonstruksi. Pada dasarnya bentuk sebuah obyek dapat direpresentasikan dalam bentuk karakteristik internal dan eksternal.

Pendekatan *shape* secara struktural merupakan salah cara representasi *shape* yang umum digunakan pada metode representasi *shape* pada morfologi [5,11]. *Shape*

didefinisikan sebagai sekumpulan titik yang saling terhubung [6]. Jadi sebuah obyek dikatakan mempunyai bentuk jika semua titik pada obyek tersebut terhubung.

Secara taksonomi, ada beberapa teknik dalam representasi *shape* yaitu dalam bentuk *contours*, *region*, dan *transforms*. *Contour-based* sama dengan *boundary-based* yaitu merepresentasikan *shape* berdasar *boundary*-nya. *Region-based* berdasar area dari suatu obyek, sedangkan teknik *transform* merepresentasikan *shape* dalam bentuk koefisien *transform*. Teknik ini biasanya menggunakan transformasi *fourier* maupun *wavelet* (Gambar 3). Teknik *region-based* dibagi menjadi beberapa metode (Gambar 4).

Tabel 1. Nilai Akurasi Deteksi Tepi.

No	Nama Obyek Ukuran 140 x 140	Akurasi (%)			
		SM	Square	Diamond	Disk
1	Bentuk 1	99,99	99,99	98,33	98,33
2	Bentuk 2	97,98	97,97	98,00	98,00
3	Bentuk 3	98,28	98,28	98,20	98,20
4	Bentuk 4	99,61	99,61	98,51	98,51
5	Bentuk 5	99,97	99,98	99,31	99,31
6	Bentuk 6	99,76	99,76	99,34	99,34
7	Bentuk 7	99,98	99,98	99,15	99,15
8	Bentuk 8	99,97	99,97	98,88	98,88
9	Bentuk 9	99,97	99,97	98,57	98,57
10	Bentuk 10	99,99	99,99	99,41	99,41
11	Bintang	99,99	99,98	98,51	98,51
12	Kotak	100,00	100,00	99,98	99,98
13	Flag	99,92	99,92	99,62	99,62
14	Bunga	98,29	98,26	98,28	98,28
15	Kotak tumpul	100,00	100,00	99,82	99,82
16	Layang	99,27	99,27	97,76	97,76
17	Lingkaran 1	99,99	99,99	99,00	99,00
18	Lingkaran 2	99,97	99,97	98,83	98,83
19	Oval	99,99	99,99	99,37	99,37
20	Persegi	100,00	100,00	99,98	99,98
21	PMI	100,00	100,00	99,94	99,94
22	Segienam	99,99	99,99	99,28	99,28
23	Segitiga 1	100,00	100,00	99,05	99,05
24	Segitiga 2	99,91	99,91	98,73	98,73
25	Kepala	95,40	95,39	95,40	95,40
26	Trapesium	100,00	100,00	99,42	99,42
27	Tanjakan	99,69	99,69	99,39	99,39
28	Segilima	100,00	100,00	99,22	99,22
29	Trapesium 2	100,00	100,00	99,30	99,30
30	Daun	99,99	99,99	99,27	99,27

### Representasi *Shape Matrix*

*Shape Matrix* dapat digunakan untuk merepresentasikan sebuah *shape*. *Shape matrix* adalah kuantisasi polar dari sebuah bentuk (Gambar 5a) yang dianalogikan sama dengan sistem koordinat. Titik tengah koordinat (0,0) merupakan titik tengah dari *shape* obyek dan sumbu axis  $x$  merupakan sumbu yang ditarik dari titik tengah menuju titik terjauh dari *shape*. Jika *shape* diubah ke dalam bentuk koordinat polar  $(r, \theta)$  maka *shape* tidak akan dipengaruhi oleh posisi dan sudut rotasinya [7]. *Shape*

juga tidak dipengaruhi oleh skala dari *shape* obyek tersebut. *Shape matrix invariant* terhadap translasi, rotasi, dan *scaling* dari *shape* tersebut [7].

Pada konsep *shape matrix*, sebuah *shape* akan diubah menjadi bentuk matrik dengan melakukan kuantisasi polar pada *shape* tersebut (Gambar 5b). Asumsikan titik  $O$  adalah titik tengah dari *shape* dan garis  $OA$  dengan panjang  $L$  adalah radius terjauh *shape* dihitung dari titik tengah  $O$ . Untuk mendapatkan *shape matrix*  $m \times n$ , garis  $OA$  dibagi menjadi  $(n-1)$  bagian dengan jarak yang sama. Kemudian dibuat lingkaran dengan titik pusat  $O$  dengan nilai radius lingkaran masing-masing adalah  $L/(n-1), 2L/(n-1), \dots, (n-1)L/(n-1)$ . Maka akan didapatkan titik potong antara masing-masing lingkaran dengan garis  $OA$  pada  $i_1, i_2, \dots, i_{n-1}$ . Misalkan didapatkan titik potong (1), (2), (3), dan (4), maka dari setiap titik potong tersebut, dengan arah berlawanan jarum jam setiap lingkaran, dibagi menjadi  $m$  busur yang sama dengan sudut  $d\theta = 360/m$  derajat.

Untuk menentukan nilai-nilai elemen pada *shape matrix* dijelaskan pada algoritma berikut:

1. Bentuk sebuah matrik  $M$  berukuran  $m \times n$ .
2. For  $i = 0$  to  $(n-1)$   
For  $j = 0$  to  $(m-1)$   
If titik dengan koordinat polar  $(iL/(n-1), j(360/m))$  berada di dalam *shape*, then  $M(i, j) := 1$   
otherwise  $M(i, j) := 0$

Selain memuat informasi tentang *region*, *shape matrix* juga memuat informasi tentang *boundary* sehingga *shape matrix* juga dapat merepresentasikan sebuah *region* obyek yang memiliki *hole* (Gambar 6).

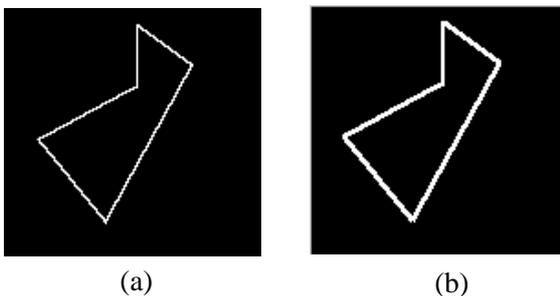
Pada *shape matrix*, sebuah obyek akan direpresentasikan dalam sebuah bentuk matrik ukuran  $m \times n$ . Karakteristik *shape matrix* mirip dengan karakteristik *structuring element*. Keduanya sama berbentuk matrik  $m \times n$  dengan nilai elemen "1" atau "0", dimana nilai-nilai tersebut menunjukkan posisi piksel dalam sebuah obyek. Bentuk *shape matrix* akan berubah-ubah menyesuaikan bentuk obyek yang diteliti. Hal ini menunjukkan bahwa ada kemiripan antara representasi obyek dengan obyek yang diteliti. Fakta ini sesuai dengan alasan pemilihan bentuk *structuring element*. Pemilihan bentuk *structuring element* berdasar

kemiripan dengan obyek yang diteliti. Representasi obyek berbasis *shape matrix* dengan berbagai keunggulannya dapat digunakan untuk menentukan bentuk *structuring element*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan pengujian secara umum untuk estimasi bentuk *structuring element* berbasis *shape matrix* dari penelitian dapat dilihat pada Gambar 7. Langkah-langkah yang dilakukan adalah:

1. Menentukan citra uji dan citra *ground truth*.
2. Menentukan *shape matrix* dari citra uji dan melakukan proses *resizing* pada *shape matrix* untuk dapat menentukan bentuk *structuring element*.
3. Melakukan operasi morfologi gradien pada citra uji dengan *structuring element* hasil langkah (2).
4. Menghitung akurasi citra hasil operasi morfologi gradien berbasis *shape matrix* dengan citra *ground*.



Gambar 9. Citra Hasil Deteksi Tepi, (a) *Ground Truth*, (b) *Shape Matrix*.

Tabel 2. Perbandingan Rata-rata Akurasi Uji Coba Normal.

No	<i>Structuring Element</i>	Rata-rata Akurasi (%)
1	<i>shape matrix</i>	99,6
2	<i>square</i>	99,5
3	<i>diamond</i>	98,9
4	<i>disk</i>	98,9

Pada penelitian ini digunakan 30 citra uji sebagai bahan uji coba. Citra uji ini berupa citra buatan (sintetis). Ukuran citra uji normal adalah 140 x 140 piksel. Tipe citra adalah citra

hitam putih (citra *BW*), dengan warna putih menunjukkan obyek dan warna hitam menunjukkan warna latar belakang. Gambar 8 menunjukkan semua citra uji yang digunakan.

Citra uji normal dibuat menggunakan aplikasi *Paint*. Citra uji terdiri dari berbagai bentuk baik bentuk yang beraturan maupun bentuk yang tidak beraturan. Hal ini bertujuan untuk menguji apakah bentuk *structuring element* yang diusulkan dalam penelitian ini dapat digunakan untuk mendeteksi tepi sembarang bentuk bangun.

Uji coba pada penentuan bentuk *structuring element* berbasis algoritma *shape matrix* yang dikembangkan pada penelitian ini dilakukan pada semua kelompok sampel data citra uji. Pada masing-masing citra uji, secara garis besar akan dilakukan tiga tahap pengujian. Langkah pertama adalah mencari ukuran *shape matrix* dari obyek pada citra uji. Penentuan ukuran *shape matrix* yang digunakan dalam pengujian berdasarkan ukuran minimal *shape matrix* yang sudah mampu mendeteksi obyek. Langkah kedua adalah melakukan pengujian proses deteksi tepi untuk mencari *boundary* dari obyek citra asli. Langkah terakhir adalah melakukan evaluasi tingkat keberhasilan algoritma dengan menghitung akurasi sistem dalam melakukan deteksi tepi. Akurasi ini akan dibandingkan dengan algoritma yang menggunakan *structuring element* yang berbentuk *disk*, *diamond*, dan *square*.

Setelah dilakukan pengujian terhadap 30 citra uji dengan ukuran *structuring element* 3x3, didapatkan hasil perbandingan tingkat akurasi deteksi tepi menggunakan bentuk *structuring element* berbasis *shape matrix* dengan *structuring element* berbentuk *square*, *diamond*, dan *disk* (Tabel 1).

Secara keseluruhan nilai akurasi rata-rata menggunakan *structuring element* berbasis *shape matrix* ukuran 3x3 adalah 99,6%, *square* 99,5%, sedangkan *diamond* dan *disk* memiliki akurasi yang sama yaitu sebesar 98,9%. Selanjutnya, nilai akurasi yang memiliki rata-rata tertinggi dibanding dengan *structuring element* pembandingan (Tabel 2).

Secara visual, citra hasil deteksi tepi menggunakan bentuk *structuring element* berbasis representasi obyek juga berhasil mendeteksi tepi obyek pada citra uji (Gambar 9). Pada penelitian ini, salah satu faktor yang mempengaruhi akurasi hasil adalah bentuk dari obyek dan citra *ground truth*. Dari penelitian

didapatkan fakta bahwa metode *shape descriptor* berbasis *shape matrix* dapat diandalkan untuk estimasi bentuk *structuring element*. Kelebihan dari metode ini adalah bentuk *structuring element* menyesuaikan dengan obyek yang diteliti, sehingga bentuk *structuring element* yang didapatkan benar-benar merupakan representasi bentuk obyek yang diteliti. Akan tetapi pemilihan ukuran *shape matrix*  $m \times n$  sangat mempengaruhi hasil representasi bentuk obyek. Oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk membahas tentang metode pemilihan ukuran *shape matrix* yang tepat.

## SIMPULAN

Beberapa simpulan yang dapat diambil berdasarkan uji coba yang telah dilakukan:

1. Representasi obyek berbasis *shape matrix* dengan berbagai keunggulannya dapat digunakan untuk menentukan bentuk *structuring element*.
2. Uji coba yang dilakukan pada 30 citra uji untuk mendeteksi tepi menggunakan *structuring element* berbasis *shape matrix*, menghasilkan akurasi rata-rata sebesar 99,6%. Hal ini menunjukkan bahwa metode ini dapat diandalkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cun Jin X, Fen Zhen S, and Jun-qi Z. An Adaptive Algorithm to Define Optimal Size of Structuring Element. *Journal of Image and Graphics*. 11: 317-324. 2006.
- [2] Gang Li T, Su-pin Wang and NanZhao. Gray-scale Edge Detection for Gastric Tumor Pathologic Cell Images by Morphological Analysis. *Biology and Medicine Journal*. 39: 947-952. 2009.
- [3] Obara B. Identification of Transcrystalline Microcracks Observed in Microscope Images of a Dolomite Structure using Image Analysis Methods Based on Linear Structuring Element Processing. *Journal Computers & Geosciences*. 33: 151-158. 2007.
- [4] Loncaric S. *A Survey of Shape Analysis Techniques*, Thesis PhD. Zagreb: University of Zagreb. 1999.
- [5] Goshtasby A. Description and Discrimination of Planar Shapes Using Shape Matrices. *IEEE Transaction On Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 7: 738-743. 1985.
- [6] Costa LF dan Cesar RM Jr. *Shape Representation and Analysis: Theory and Practice, 2nd Edition*. London: CRC Press. 2009.
- [7] Goshtasby A. *Interscience 2-D and 2-D and 3-D Image Registration for Medical, Remote Sensing, and Industrial Applications*. New York: John Wiley & Sons, Inc. 2005.
- [8] Serra J. *Image Analysis and Mathematical Morphology*. London: Academic Press, Inc. 1982.
- [9] Murni A. *Pengolahan Citra Digital*. Diktat kuliah. Jakarta: Universitas Indonesia. 2004.
- [10] Soille P. *Morphological Image Analysis: Principles and Applications*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag. 1999.
- [11] Haralick RM, Sternberg SR, dan Zhuang X. Image Analysis Using Mathematical Morphology. *IEEE Transactions on PAMI*. 9: 532-550. 1987.