

# PENGEMBANGAN SISTEM SEGMENTASI GAMBAR DIGITAL MENGGUNAKAN TRANSFORMASI WATERSHED

**Cahyo Crysdian<sup>1)</sup>, Sentot Achmadi<sup>2)</sup>**

Teknik Informatika – Institut Teknologi Nasional Malang<sup>1,2)</sup>

Km 2, Jalan Raya Karanglo Malang

Telepon 0816-4299881 E-mail : crysdian@yahoo.com<sup>1)</sup>

## Abstrak

*Hasil dari penelitian untuk membangun dan mengembangkan sistem segmentasi gambar digital dipaparkan dalam paper ini. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh sulitnya penentuan obyek secara otomatis yang terkandung dalam sebuah gambar. Hal ini disebabkan karena sebuah gambar tersusun atas pixel-pixel gambar yang independent terhadap pixel didekatnya, tetapi terikat secara logic dalam membentuk obyek gambar. Oleh karena itu, terwujudnya suatu sistem yang mampu mengenali obyek yang terkandung dalam sebuah gambar secara otomatis menjadi tujuan dari penelitian ini. Untuk mewujudkan sistem tersebut, beberapa aktifitas penelitian telah dijalankan. Yang pertama adalah persiapan hardware untuk implementasi perangkat lunak. Kemudian diikuti dengan pengembangan algoritma pemrosesan gambar dan implementasi software untuk membangun sistem segmentasi yang diinginkan. Metode pengolahan gambar yang dilakukan adalah gradient image, watershed, sorting, dan view object digital. Tahap berikutnya adalah dilakukannya eksperimen dan analisa terhadap output dari sistem segmentasi yang dibangun. Dalam tahap eksperimen ini, dua buah parameter digunakan sebagai acuan dalam menganalisa gambar digital yang dihasilkan, yaitu ketepatan definisi obyek yang terkandung dalam gambar digital dan pengukuran over-segmentasi yang muncul pada hasil segmentasi. Hasil eksperimen meunjukkan bahwa kombinasi metode segmentasi Watershed Transform dengan Canny Operator menghasilkan hasil segmentasi yang lebih baik dibandingkan metode lain yang dibangun dalam penelitian ini, yaitu kombinasi Watershed Transform dan Sobel Operator maupun Watershed Transform dan Prewitt Operator.*

*Kata Kunci : Sistem Segmentasi, Transformasi Watershed, Gambar Digital.*

## PENDAHULUAN

Metoda segmentasi menggunakan transformasi watershed telah menarik perhatian para peneliti dalam menentukan obyek yang terkandung dalam sebuah gambar digital seperti telah dilakukan oleh [1,2,5]. Hal ini terutama disebabkan karena tidak diperlukannya pengetahuan akan isi gambar sebelum mengaplikasikan transformasi watershed, sehingga teknik ini bisa langsung dijalankan secara otomatis. Namun demikian, teknik ini bukan tanpa kelemahan. Maes et. al [3] mencatat bahwa transformasi watershed mempunyai algoritma yang kompleks dan memerlukan beban perhitungan yang berat bagi computer.

Selain itu, transformasi watershed telah terbukti rentan terhadap noise, dimana kehadiran noise akan menimbulkan masalah over-segmentasi [6,7]. Kondisi ini menyebabkan object hasil segmentasi tidak dapat dikenali. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan usaha-usaha untuk meningkatkan unjuk kerja transformasi watershed. Hasil dari penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam usaha

untuk mewujudkan suatu sistem segmentasi yang efektif dalam mengenali obyek yang terkandung dalam berbagai gambar digital.

## STUDI LITERATUR

Berdasarkan mekanismenya, metode segmentasi dapat dibagi menjadi dua metode, yaitu model-based and region-based. Model-based bergantung pada pengetahuan awal yang disebut dengan model. Banyak teknik telah diusulkan dalam group model-based seperti snake [10], deformable model [9,11,12], active shape model dan active appearance model [8]. Teknik dalam lingkup model-based mempunyai ketergantungan yang besar kepada model awal yang dibuat. Kesalahan pembuatan model menyebabkan hasil segmentasi menjadi tidak bisa diprediksi. Oleh karena itu, untuk mengaplikasikan teknik-teknik tersebut perlu adanya langkah manual untuk menempatkan model dengan tepat.

Sedangkan teknik dalam under region-based segmentation tidak memerlukan pengetahuan awal akan obyek yang dikenakan operasi segmentasi.

Beberapa teknik dalam lingkup ini adalah region growing and watershed transform. Karena memiliki kelebihan tersebut, proses segmentasi secara otomatis dapat dilakukan menggunakan teknik dalam lingkup region-based.

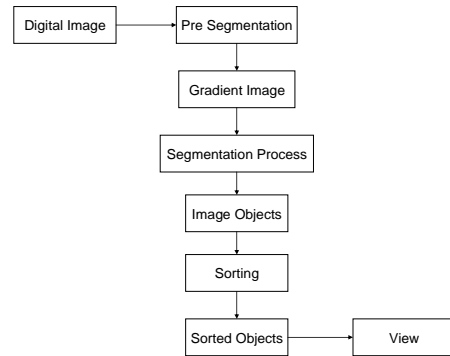
Pada penelitian ini, metoda segmentasi difokuskan pada penerapan watershed transform. Hal ini dimotivasi oleh perkembangan watershed transform yang lebih pesat dan terarah dibandingkan dengan metode yang lain seperti region growing dan snake pada beberapa dekade terakhir. Berbagai penelitian seperti dilakukan oleh [2,6,7] telah membawa dan mengembangkan metoda segmentasi menggunakan watershed transform ke arah aplikasi pada gambar nyata.

Namun demikian, beberapa peneliti telah sepakat bahwa transformasi watershed ternyata rentan terhadap fluktuasi nilai piksel yang mengakibatkan terjadinya over segmentasi. Masalah yang terakhir ini menyebabkan obyek dari gambar yang dianalisa menjadi kabur dan tidak jelas, bahkan dalam beberapa kasus obyek menjadi hilang. Oleh karena itu, pemecahan masalah over-segmentasi menjadi perhatian utama dalam melakukan penelitian ini.

### DESAIN PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan mengikuti desain seperti tampak dalam Gambar 1 berikut. Ada tiga proses utama yang dilakukan, yaitu pre-segmentasi, segmentasi utama dan post-segmentasi. Masing-masing tahap dilakukan secara berurut mengikuti arah panah yang diberikan dalam Gambar 1. Patut dicatat di sini bahwa input dari sistem yang dikembangkan adalah gambar digital. Hasil dari proses pre-segmentasi adalah gradient image.

Object dari gambar akan 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 pokok bahasan selanjutnya.



Gambar 1 Desain Penelitian

### PROSEDUR PENELITIAN

Langkah-langkah dalam penelitian ini dilakukan menurut desain penelitian seperti yang telah ditampilkan pada Gambar 1. Terdapat dua tahapan proses yang dilakukan, yaitu pengembangan sistem dan eksperimen. Penjelasan detil dari masing-masing tahap ini diberikan sebagai berikut:

#### • 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 memberikan nilai pada saat terjadi perubahan intensitas pixel pada gambar input. Hal ini dapat diformulasikan sebagai berikut:

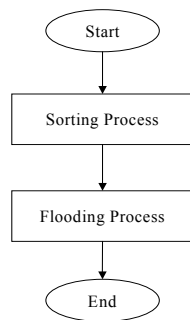
$$\nabla I(x, y) = \left( \frac{\partial I}{\partial x}, \frac{\partial I}{\partial y} \right) = (I_x, I_y) \quad (1)$$

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

Untuk mendapatkan mekanisme seperti didefinisikan dalam Persamaan 1 dan 2 diatas, tiga buah gradient operator, yaitu Sobel, Prewitt dan Canny operator diaplikasikan dalam tahap ini.

#### • Segmentasi Utama

Proses ini bertujuan untuk mendapatkan obyek yang terkandung dalam sebuah gambar digital. Untuk itu, algoritma watershed transform seperti yang dikembangkan oleh Vincent dan Soille (1991) diimplementasikan dalam tahap ini. Algoritma yang dikembangkan dalam transformasi watershed diperlihatkan dalam Gambar 2.



Gambar 2 Algoritma Watershed transform

Seperti tampak dalam Gambar 2, Watershed transform tersusun atas dua buah proses, yaitu sorting process dan flooding process. Untuk mewujudkan proses-proses tersebut, dibuat algoritma sorting process dan flooding process seperti diperlihatkan dalam Gambar 3 dan Gambar 4.

```
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;
Put array [1 ..n] into the ascending order;
end;
```

Gambar 3 Sorting process

- **Post-Segmentasi**

Tahap ini bertujuan untuk memudahkan penampilan obyek yang didapatkan dari hasil tahap sebelumnya. Hal ini sangat penting untuk dilakukan mengingat keberhasilan dari proses segmentasi diukur dari peranan obyek dalam menyusun gambar input. Untuk itu dilakukan proses sorting terhadap obyek-obyek yang telah dihasilkan, dimana ukuran masing-masing obyek menjadi acuan dari proses tersebut. Sehingga usaha untuk menampilkan obyek yang mempunyai peranan signifikan dalam menyusun gambar input dapat dilakukan dengan mudah. Algoritma yang dilakukan oleh proses post-segmentasi diperlihatkan pada Gambar 5.

```
Procedure Flooding Process;
var curlab, h, hmin, hmax, basin, i, j, x, y : integer;
begin
initialize I';
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;
```

```

end;
for  $\forall Ng(x,y)$ ,
if ( $Ng(x,y)=h_{i+1}$  and  $Ng'(x,y)=INIT$ ) then
begin
 $Ng'(x,y) \leq$  basin;
FIFO_flooding  $\leq$  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  $\leq$  (i,j);
FIFO_minima  $\leq$  (i,j);
while FIFO_minima  $\neq$  0 do
begin
(x,y)  $\leq$  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; end;

```

Gambar 4 Flooding process

```

tinggi = ImageHeight(W);
lebar = ImageWidth(W);
Jumlah_Object=1;
for x=1 to lebar do
for y=1 to tinggi do
begin
if Jumlah_Object < W(y,x) then
Jumlah_Object = W(y,x);
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
for y=1 to tinggi do
begin
Object_Number = W(y,x);
if Object_Number > 0 then
Size_Object(Object_Number,1)=Size_Object
ct
(Object_Number,1)+1;
end;
Sorted_Size = sortrows(Size_Object,1);

```

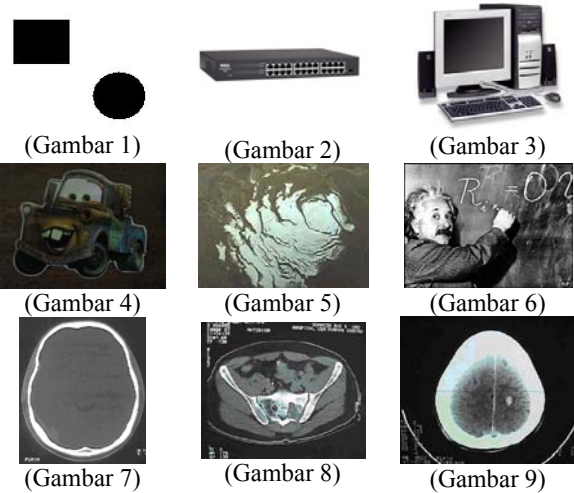
Gambar 5 Proses post-segmentasi

### EKSPERIMEN DAN ANALISA SISTEM

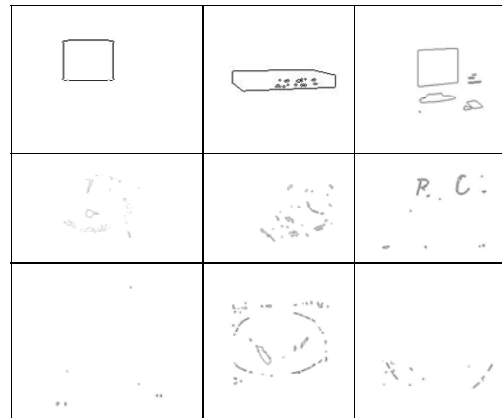
Eksperimen dilakukan untuk mengetahui hasil dari sistem segmentasi yang telah diwujudkan. Hal ini

dilakukan dengan membandingkan obyek yang berhasil dihasilkan dari operasi segmentasi dengan konten dari gambar yang diproses.

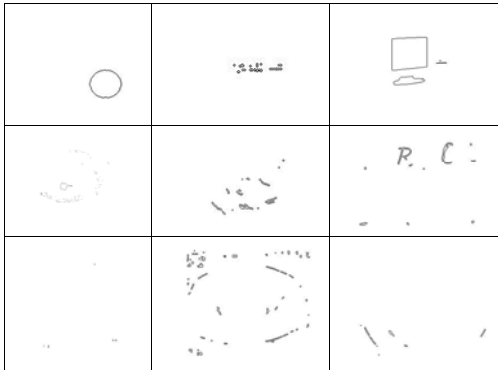
Untuk melakukan eksperimen terhadap sistem segmentasi yang dikembangkan, sekumpulan gambar digital seperti diperlihatkan dalam Gambar 6 dikenakan operasi segmentasi. Hasil dari operasi ini diperlihatkan dalam Gambar 7 untuk sistem segmentasi dengan memanfaatkan Sobel Operator, Gambar 8 untuk Prewitt Operator, serta Gambar 9 untuk Canny Operator.



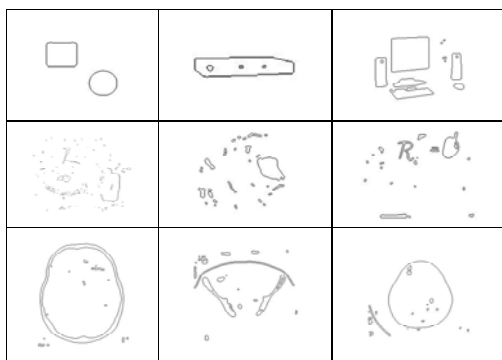
Gambar 6 Gambar input



Gambar 7 Hasil segmentasi Sobel Watershed



Gambar 8 Hasil segmentasi Prewitt Watershed



Gambar 9 Hasil segmentasi Canny Watershed

Data eksperimen seperti ditampilkan dalam Gambar 7, 8, dan 9 menghasilkan jumlah obyek seperti ditampilkan dalam Tabel 1 berikut.

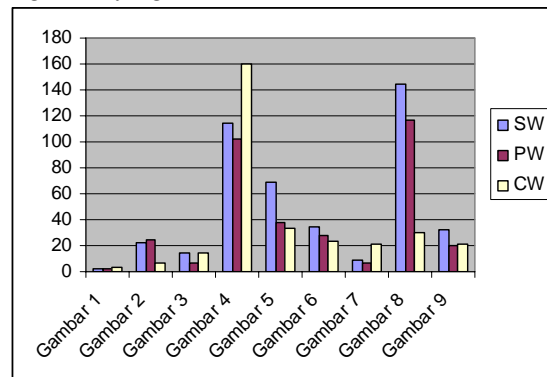
Tabel 1 Perbandingan jumlah obyek hasil segmentasi

Input	Sobel - Watershed	Prewitt - Watershed	Canny - Watershed
Gambar 1	2	2	3
Gambar 2	22	24	7
Gambar 3	14	7	15
Gambar 4	114	102	160
Gambar 5	69	38	33
Gambar 6	34	28	23
Gambar 7	9	7	21
Gambar 8	144	117	30
Gambar 9	32	20	21

Hasil eksperimen pada Gambar 7, 8, dan 9 memperlihatkan bahwa kombinasi Canny Operator dengan Watershed Transform secara kualitatif menghasilkan bentuk obyek segmentasi yang lebih merepresentasikan isi dari gambar input dibandingkan

dengan dua metoda segmentasi yang lain, yaitu kombinasi Sobel Operator dengan Watershed Transform maupun Prewitt Operator dengan Watershed Transform. Dari pengamatan isi gambar input dengan membandingkan kelompok gambar pada Gambar 6 dengan hasil segmentasi pada Gambar 7, 8, dan 9, dapat ditarik kesimpulan bahwa secara rata-rata kualitas hasil segmentasi metode kombinasi Canny Operator dengan Watershed Transform melebihi hasil segmentasi kombinasi metode yang lain.

Namun demikian, perlu dicatat bahwa tidak semua obyek dalam gambar input dapat dikenali oleh metode segmentasi yang dikembangkan. Hal ini terutama sekali disebabkan oleh kelemahan gradient operator yang digunakan, baik Canny, Sobel, maupun Prewitt operator. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk membangun gradient yang lebih bagus dari yang telah ada saat ini.



Gambar 10 Jumlah obyek hasil segmentasi masing-masing metode yang dikembangkan

Sementara itu, jumlah obyek hasil segmentasi yang ditampilkan dalam Tabel 1 serta representasi data dalam bentuk diagram batang pada Gambar 10, tampak bahwa metode segmentasi hasil kombinasi Canny Operator dengan Watershed Transform menghasilkan jumlah obyek segmentasi yang relative tetap dibandingkan dengan kombinasi metode yang lain, yaitu Sobel atau Prewitt Operator dengan Watershed Transform, dimana dua metode kombinasi yang disebutkan terakhir menghasilkan jumlah obyek segmentasi yang berfluktuasi.

Data dalam Tabel 1 juga memperlihatkan bahwa over-segmentasi masih terdapat dalam sistem yang dibangun meskipun jumlahnya telah dapat dikurangi. Hal ini juga disebabkan oleh tidak sempurnanya gradient image yang dibangun, yang notabene dihasilkan oleh ketidaksempurnaan Gradient Operator yang digunakan.

## KESIMPULAN

Pengembangan sistem segmentasi dengan menggunakan kombinasi watershed transform dengan berbagai gradient operator, yaitu Sobel, Prewitt, dan Canny operator telah dilaksanakan pada penelitian ini. Kombinasi watershed transform dan Canny operator

menghasilkan output yang lebih baik dibandingkan dengan kombinasi watershed transform dengan gradient operator yang lain. Hal ini disebabkan karena Canny operator mampu mendeteksi tepi obyek yang lebih detil dibandingkan dengan Sobel maupun Prewitt. Namun demikian, tidak semua obyek yang terkandung dalam gambar input dapat dideteksi oleh sistem segmentasi yang dibangun. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan gradient operator yang digunakan dalam mengenali tepi dari obyek. Seringkali obyek tidak dapat dibedakan dengan latar belakangnya, terutama bila intensitas piksel yang menyusun obyek hampir sama dengan latar belakang. Oleh karena itu perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan gradient operator yang lebih baik.

the Fifth International Conference on Computer Vision, Cambridge, MA, USA, June 1995.

- [11]McInerney, T. and Terzopoulos, D. (1996). "Deformable Models in Medical image Analysis: A Survey". *Medical Image Analysis*, 1(2), 1996.
- [12]McInerney, T. and Terzopoulos, D. (1997). "Medical Image Segmentation Using Topologically Adaptable Surfaces". *Proceedings CVRMed'97*, Grenoble, France, March, 1997.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Meyer, F. (1994). "Topographic Distance and Watershed Lines". *Signal Processing* 38, 1994, 113-125.
- [2] Vincent, L. and Soille, P. (1991). "Watershed in digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations". *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 13, No. 6, June 1991.
- [3] Maes, F., Vandermeulen, D., Suetens, P. and Marchal, G. (1995). "Automatic Image Partitioning for Generic Object Segmentation in Medical Images". *Proceedings XIV International Conference on Information Processing in Medical Imaging*, June 1995.
- [4] Wegner, S., Harms, T., Oswald, H. and Fleck, E. (1996). "Medical Image Segmentation Using The Watershed Transformation on Graphs". *IEEE*, 1996.
- [5] Beucher, S. (1991). "The Watershed Transformation Applied to Image Segmentation". *Conference on Signal and Image Processing in Microscopy and Microanalysis*, September 16-19, 1991.
- [6] Haris, Kostas, Efstratiadis, S.N. and Maglaveras, N. (1998). "Watershed-based image Segmentation with Fast region Merging". *IEEE*, 1998.
- [7] Kuhne, G., Poliwoda, C., Reinhart, C., Gunther, T., Hesser, J., Manner, R. (1997). "Interactive Segmentation and Visualization of Volume Data Sets". *IEEE Visualization '97 Conference*.
- [8] Cootes, T.F. and Taylor, C.J. (2000). "Statistical Models of Appearance for Computer Vision". *Report on Active Shape Models and Active Appearance Models*, July 2000.
- [9] Ferryman, J.M., Worrall, A.D., Sullivan, G.D. and Baker, K.D. (1995). "A Generic Deformable Model for Vehicle recognition". *Proceedings 6<sup>th</sup> British Machine Vision Conference*, September 11-14, 1995, pp. 127-136.
- [10]McInerney, T. and Terzopoulos, D. (1995). "Topologically Adaptable Snakes". *Proceeding of*