

Segmentasi Citra Digital Menggunakan Metode Adaptive Split-and-Merge yang Dimodifikasi

Wayan Firdaus Mahmudy, Muh Arif Rahman
Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Brawijaya

ABSTRAK

Segmentasi citra digital merupakan suatu proses membagi suatu citra digital menjadi beberapa area (*region*) yang berbeda. Metode *split-and-merge* adalah salah satu metode segmentasi yang banyak digunakan. *Split-and-merge* dengan struktur *quadtree* adalah pemecahan populer pada segmentasi citra karena sederhana dan komputasinya efisien. Algoritma *split-and-merge* dengan struktur *quadtree* tidak mampu menyesuaikan dengan semantik citra. Tepi-tepi segmen yang dibentuk oleh algoritma ini hanya mempunyai dua arah (vertikal dan horisontal) dan posisinya dibatasi oleh batas node *quadtree*. Kesalahan dalam arah dan posisi tepi akan mengakibatkan kesalahan dalam segmentasi.

Penyesuaian semantik dari tepi-tepi dan segmen adalah kriteria utama dalam segmentasi. Metode *Four Way Adaptive Split-and-Merge* memberikan solusi masalah ini dengan penentuan posisi tepi yang lebih valid. Algoritma ini mengoptimalkan proses *split-and-merge* dengan meminimumkan total kuadrat kesalahan nilai tengah (*total mean-squared error*) dari fungsi intensitas citra. Kelemahan algoritma ini adalah mempunyai waktu komputasi yang cukup tinggi dalam memotong region secara diagonal.

Dalam penelitian ini diajukan algoritma *two way adaptive unbalanced split-and-merge* dengan penentuan arah dan posisi tepi yang lebih valid dan waktu komputasi yang rendah.

Dari hasil uji coba didapatkan algoritma *two way adaptive unbalanced split-and-merge* bekerja baik pada citra sintesis tanpa noise maupun citra sintesis yang bernoise. Hasil yang baik ini ditunjukkan dengan nilai rasio salah dan rasio hilang yang relatif kecil.

ABSTRACT

Digital image segmentation are the process to split digital image to many different areas. Split-and-merge is one of segmentation methods that widely used. Quadtree-structured split-and-merge (two way split-and-merge) is popular approach to digital image segmentation because of its simplicity and computational efficiency. This algorithms is its inability to adapt to the image semantics. The edges of the segments formed by this algorithms can have only two orientation (horizontal and vertical), and their positioning is restricted by the borders of the quadtree nodes. These errors in edge orientation and position inevitably incur errors in segmentation. The semantic conformation of edges and segments is the ultimate validity criterion for segmentation.

The four way adaptive split-and-merge algorithm gives solution for this problems. This algorithms improves validity of edge orientation and position by minimized total mean-squared error of image intensity functions.

Four way adaptive split-and-merge algorithms has higher time complexity to cut diagonal regions. This experiment proposes new split-and-merge that has lower time complexity. Furthermore, this algorithms is called “two way adaptive unbalanced split-and-merge”.

From the experimental result, this new algorithms work better on sintetic images without noise and noisy sintetic image. This better results is showed by small value of miss and falty ratios.

PENDAHULUAN

Segmentasi citra digital merupakan suatu proses membagi suatu citra digital menjadi beberapa area (*region*) yang berbeda. Area-area yang dihasilkan bisa dihitung nilai-nilai karakteristiknya sehingga dihasilkan obyek-obyek yang teridentifikasi. Dengan membandingkan karakteristik obyek yang diidentifikasi dengan data yang tersimpan dalam suatu database, hasil segmentasi citra digital ini bisa dimanfaatkan dalam banyak bidang. Misalnya dalam bidang kedokteran bisa dimanfaatkan untuk mendeteksi penyakit secara otomatis, dalam bidang pertanian dimanfaatkan untuk mendeteksi kualitas benih secara otomatis, dalam bidang industri digunakan untuk menyortir hasil produksi secara otomatis dan cepat.

Metode *split-and-merge* adalah salah satu metode segmentasi yang banyak digunakan. *Split-and-merge* dengan struktur *quadtree* adalah pemecahan populer pada segmentasi citra karena sederhana dan komputasinya efisien. Algoritma *split-and-merge* dengan struktur *quadtree* tidak mampu menyesuaikan dengan semantik citra. Tepi-tepi segmen yang dibentuk oleh algoritma ini hanya mempunyai dua arah (vertikal dan horisontal) dan posisinya dibatasi oleh batas node *quadtree*. Kesalahan dalam arah dan posisi tepi akan mengakibatkan kesalahan dalam segmentasi.

Penyesuaian semantik dari tepi-tepi dan segmen adalah kriteria utama dalam segmentasi. Metode *Four Way Adaptive Split-and-Merge* memberikan solusi masalah ini dengan penentuan posisi tepi yang lebih valid. Kelemahan algoritma ini adalah mempunyai waktu komputasi yang cukup tinggi dalam memotong region secara diagonal.

Split-and-merge yang optimal ditunjukkan dengan penyesuaian terhadap sebaran intensitas citra dan meningkatkan validitas dari algoritma segmentasi sebelumnya. Efisiensi didapatkan dengan membangun algoritma yang mempunyai waktu komputasi yang rendah.

Dalam penelitian ini disusun algoritma *two way adaptive unbalanced split-and-merge* dengan penentuan arah dan posisi tepi yang lebih valid dan waktu komputasi yang rendah.

TINJAUAN PUSTAKA

Representasi Citra Digital

Secara matematis, suatu citra dapat dipandang sebagai fungsi dua dimensi bernilai real. Nilai-nilai fungsi tersebut, $f(x,y)$ pada koordinat spasial (x,y) di bidang $x-y$ mendefinisikan suatu ukuran intensitas cahaya atau kecemerlangan pada titik tersebut (Fairhurst, 1988).

Suatu citra digital merupakan kumpulan titik-titik (piksel) pada suatu persegi panjang. Titik-titik tersebut menyatakan/bernilai intensitas warna di titik tersebut. Rentang tingkatan intensitas yang tersedia pada sebuah citra disebut derajat keabuan (*grayscale*). Pada penelitian ini digunakan citra berukuran 8 bit sehingga dihasilkan nilai derajat keabuan di $\{0,1,2,\dots,2^8-1\}$ atau $\{0,1,2,\dots,255\}$. Piksel yang berwarna dominan hitam dikaitkan dengan bilangan 0, pixel yang berwarna dominan putih dikaitkan dengan bilangan 255, sedangkan piksel yang berwarna abu-abu dikaitkan dengan bilangan 1 sampai 254 tergantung derajat keabuannya.

Segmentasi

Misal R adalah area keseluruhan dari citra. Segmentasi adalah suatu proses membagi R menjadi n subarea (subregion) R_1, R_2, \dots, R_n yang memenuhi (Gonzales, 1992) :

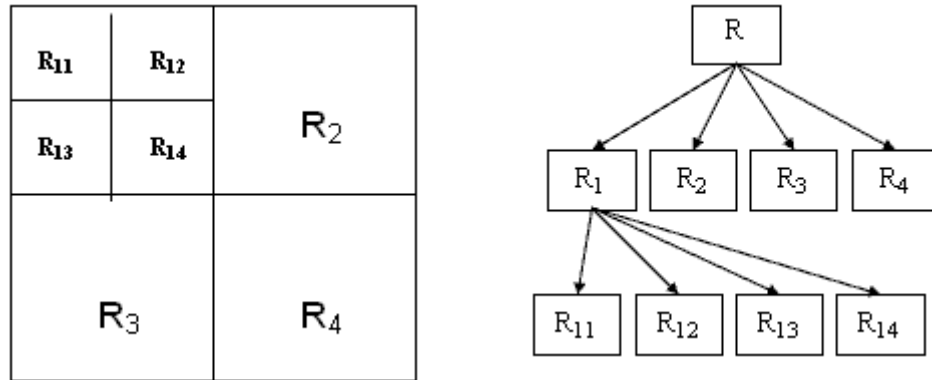
- a. $\cup_{i=1,\dots,n} R_i = R$
- b. R_i ($i=1,\dots,n$) adalah suatu area yang saling berhubungan
- c. $R_i \cap R_j = \emptyset$; untuk semua i dan j , $i \neq j$
- d. $P(R_i) = \text{TRUE}$ untuk $i=1,2,\dots,n$
- e. $P(R_i \cup R_j) = \text{FALSE}$ untuk $i \neq j$

Kondisi (a) menunjukkan bahwa segmentasi harus selesai, artinya setiap piksel dalam citra harus berada pada suatu area. Kondisi (b) menunjukkan bahwa semua titik dalam satu area harus berhubungan. Kondisi (c) menunjukkan bahwa antar area tidak saling beririsan. Kondisi (d) menunjukkan bahwa semua titik dalam satu area bersifat TRUE untuk suatu kriteria yang diberikan. Kondisi (e) menunjukkan bahwa gabungan dari titik dari satu area dengan titik dari area lain bersifat FALSE untuk suatu kriteria.

Split-And-Merge

Metode ini dimulai dengan mengasumsikan bahwa keseluruhan citra (region R) adalah homogen. Jika asumsi ini tidak terpenuhi, maka citra dibagi (*split*) menjadi empat subregion (R_1, R_2, R_3, R_4) yang luasnya sama (Gambar 1). Prosedur ini dilaksanakan secara rekursif terhadap subregion-subregion yang dihasilkan sampai didapatkan subregion-subregion yang homogen. Subregion-

subregion yang bertetangga akan digabung (*merge*) jika memenuhi kriteria tertentu (Pitas, 1993).



Gambar 1. Proses Split Region

Four Way Adaptive Split-And-Merge

Pada metode ini, yang berbeda adalah cara memotong suatu region. Region R dipotong menjadi dua subregion (R_1 dan R_2) yang luasnya sama dengan meminimumkan total kuadrat kesalahan nilai tengah (*total mean-squared error*):

$$E(R) = \sum_{i=1}^2 \left(r_{(x,y) \in R_i}(x,y) - \mu(R_i) \right)^2 \quad (1)$$

$$R_i \neq \Phi, \cup_{1 \leq i \leq 2} R_i = R, R_i \cap_{i \neq j} R_j = \Phi$$

$r(x,y)$ adalah intensitas citra di titik (x,y) , $\mu(R_i)$ adalah rata-rata intensitas subregion R_i .

Ada banyak cara pemotongan yang mungkin dari R yang harus dites. Pada penelitian ini dilakukan pemotongan R menjadi R_1 dan R_2 dengan potongan horisontal, 45° , vertikal, dan 135° . Dengan kata lain pemotongan dioptimumkan (diminimumkan kesalahannya) untuk semua potongan yang terbatas $45j^\circ$, dengan $j=0,1,2,3$ yang dikenal sebagai *four-way cuts* (Wu, 1993).

Dari cara pemotongan di atas dihasilkan algoritma yang disebut algoritma *Recursive Optimal Four Way Split (ROFS)*:

```

procedure ROFS( $R$ )
begin
  if  $E(R) < \epsilon$  then return( $R$ )
  else begin
    partition  $R$  into  $R_1$ 
    and  $R_2$  by minimizing
       $\sum_{1 \leq i \leq 2} \sum_{(x,y) \in R_i} [r(x,y) - \mu(R_i)]^2$ 
    over all possible
    45j-degree cuts,
  end

```

```

    j=0,1,2,3,...
    ROFS (R1) ; ROFS (R2) ;
end
end

```

Penggabungan (*Merging*) Region

Subregion-subregion yang bertetangga (yang dihasilkan proses *split*) akan digabung (*merge*) jika memenuhi kriteria tertentu. Algoritma penggabungan (*merging*) region adalah sebagai berikut:

```

procedure MERGE
begin
  for i=1 to n (number of regions)
  begin
    Rj = ClosedNeighbor (Ri) ;
    if P(Ri ∪ Rj)=true then
      DoMerge (Ri, Rj) ;
    end
  end
end

```

Kriteria Tes Homogenitas

Algoritma *split-and-merge* dimulai dengan mengasumsikan bahwa suatu area citra (region R) adalah homogen. Jika asumsi ini tidak terpenuhi, maka citra dibagi (*split*) menjadi beberapa subregion.

Jika $f(x,y)$ adalah intensitas citra di titik (x,y) , maka dapat disusun suatu aturan kehomogenan suatu region (*uniformity predicate*, UP) sebagai berikut (Jain, 1992):

$$UP (R) = \text{true} \text{ jika } \max(f(x,y)) - \min(f(x,y)) \leq \text{threshold} \quad (2)$$

$f(x,y)$ adalah nilai intensitas citra di titik (x,y) .

Aturan diatas tidak memperhitungkan nilai sebaran keseluruhan region R , sehingga digunakan aturan (Wu, 1993):

$$UP (R) = \text{true} \text{ jika } \sum (f(x,y) - \mu(R))^2 \leq \text{threshold} \quad (3)$$

$\mu(R)$ adalah rata-rata intensitas subregion R .

Kriteria Tes Merging

Dua region bertetangga (R_1 dan R_2) bisa digabung menjadi satu region R jika memenuhi kriteria (Pitas, 1993):

$$\mu(R_1) - \mu(R_2) \leq \text{threshold} \quad (4) \quad (5)$$

Aturan di atas tidak memperhitungkan nilai sebaran region R_1 dan R_2 sehingga digunakan aturan yang berdasarkan pada suatu tes kesamaan dua sample dengan uji *t student*. Dua region dikatakan tidak berbeda nyata (menduga satu nilai tengah yang sama) jika memenuhi (Jain, 1992):

$$\frac{|\mu(R_1) - \mu(R_2)|}{\sqrt{S^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \leq \text{threshold} \quad (5)$$

dengan

$$S^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{(n_1 + n_2 - 1)}$$

$$S_i^2 = \frac{\sum f^2(x, y) - \frac{(\sum f(x, y))^2}{n}}{n}$$

S_i^2 dan n_i adalah ragam (varians) dan luas region R_i .

Perancangan Algoritma *Two Way Adaptive Unbalanced Split-And-Merge*

Algoritma ini merupakan hasil modifikasi algoritma *For Way Adaptive Split-and-Merge*. Untuk mendapatkan posisi tepi yang lebih valid, maka pemotongan R tidak harus menjadi dua subregion yang luasnya sama, tetapi dicari semua kemungkinan luas subregion (R_1 dan R_2) yang menghasilkan total kuadrat kesalahan nilai tengah paling kecil. Pemotongan region cukup secara vertikal dan horisontal sehingga menghemat waktu perhitungan.

Dari modifikasi di atas, maka algoritma *ROFS* dapat dimodifikasi menjadi:

```

procedure ROTS ( $R$ )
begin
  if  $E(R) < \epsilon$  then return ( $R$ )
  else begin
    partition  $R$  into
       $R_1$  and  $R_2$ 
    where [ $A(R_1) = A(R_2)$ ] or
      [ $A(R_1) \neq A(R_2)$ ];
     $A(R_1) > 0$ ;  $A(R_2) > 0$ ;
    by minimizing
       $\sum_{1 \leq i \leq 2} \sum_{(x,y) \in R_i} [r(x,y) - \mu(R_i)]^2$ 
    over all possible  $90^\circ$ 
  end

```

```

    degre cuts, j=1,2

    ROTS (R1) ; ROTS (R2) ;
end
end

```

$A(R_i)$ adalah luas subregion R_i .

Deskripsi Sistem

Perangkat lunak menerima masukan berupa file citra bitmap dan keluarannya juga berupa citra bitmap serta file text yang berisi informasi setiap obyek hasil segmentasi. Untuk memasukkan nilai dan jenis threshold disediakan sebuah *dialog form* yang bisa diisi saat program dijalankan.

Perancangan Obyek

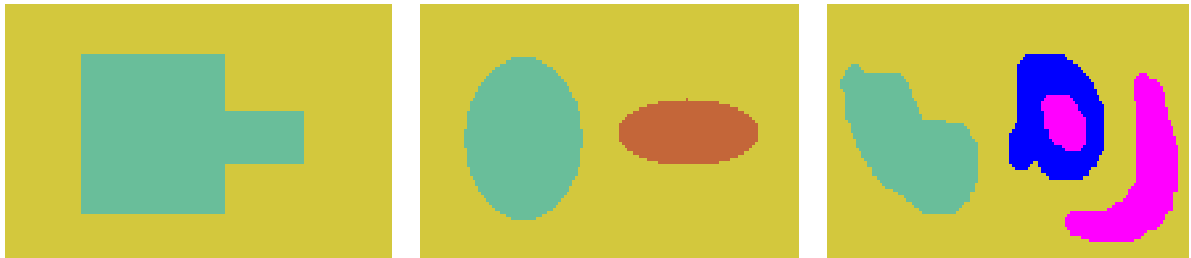
Untuk mengimplementasikan perangkat lunak diperlukan sebuah kelas **TSplitMerge** untuk melakukan proses segmentasi dengan algoritma *two way split-and-merge* dan *two way adaptive split-and-merge*. Kelas ini mempunyai interface sebagai berikut:

- pImg, sebuah pointer yang merujuk image yang akan diproses.
- Map (variant), array dua dimensi yang digunakan untuk mencatat nomer region pada suatu piksel
- ThresType (byte), type threshold yang digunakan (1:statis, 2:dinamis).
- ThresHomogen (real), threshold untuk tes homogenitas region.
- ThresMerging (real), threshold untuk tes penggabungan region.
- NoiseArea (longint), menyatakan luas region terbesar dianggap noise.
- Height (longint), menyatakan tinggi (dalam piksel) citra bitmap masukan.
- Width (longint), menyatakan lebar (dalam piksel) citra bitmap masukan.
- NumObjectSplit (longint), menyatakan banyaknya obyek/region yang terbentuk dari proses *split*.
- NumObject (longint), menyatakan banyaknya obyek/region yang terbentuk dari proses *split-and-merge*.
- DataRegion, pointer yang menunjuk data karakteristik tiap region. Berisi:
 - x1,x2,y1,y2 (integer) : menyatakan batas kiri, kanan, atas, bawah region dalam citra masukan
 - Area (longint), menunjukkan luas (satuan piksel) region
 - TotColor, TotColor2 (longint) : menunjukkan jumlah dan jumlah kuadrat dari intensitas piksel anggota region
- procedure MakeContourBitmap, untuk menghasilkan file citra hasil segmentasi.
- procedure WriteInfoToText, untuk menghasilkan file teks yang berisi informasi tiap region hasil segmentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

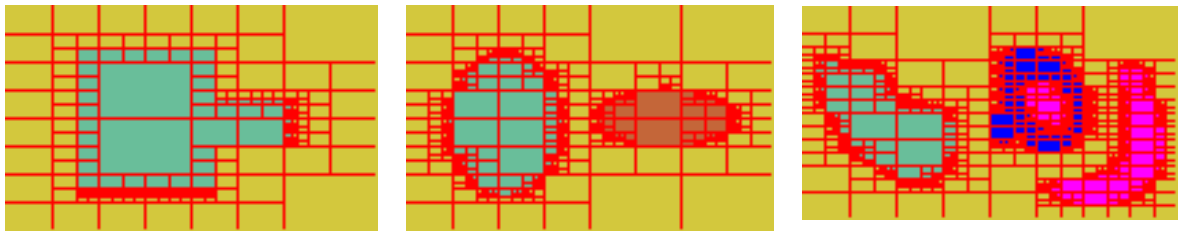
Segmentasi pada Citra Sintetis

Pada uji coba ini akan dilihat kehandalan dua algoritma (*two way split-and-merge*, *two way adaptive unbalanced split-and-merge*) pada tiga citra sintetis dengan intensitas setiap obyek yang seragam (Gambar 2).



Gambar 2. Citra sintetis

Pada proses *split*, kedua algoritma tersebut menghasilkan banyaknya region yang berbeda (Gambar 3 dan 4), algoritma *two way adaptive unbalanced split-and-merge* menghasilkan region paling sedikit karena algoritma ini dirancang untuk memotong pada tempat yang “semestinya”. Hal ini akan mempercepat pada saat proses penggabungan (*merge*) region.

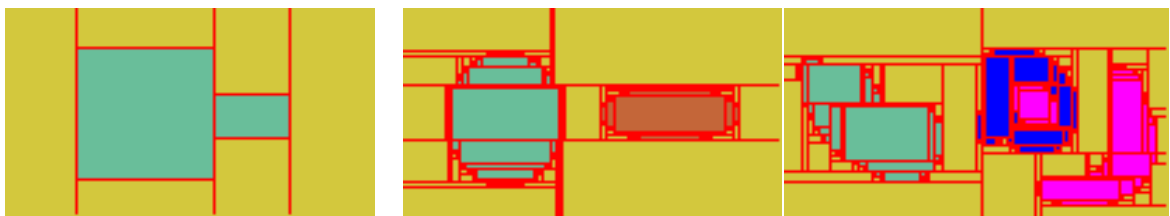


274 region

562 region

1118 region

Gambar 3. Citra hasil proses *two-way split*



8 region

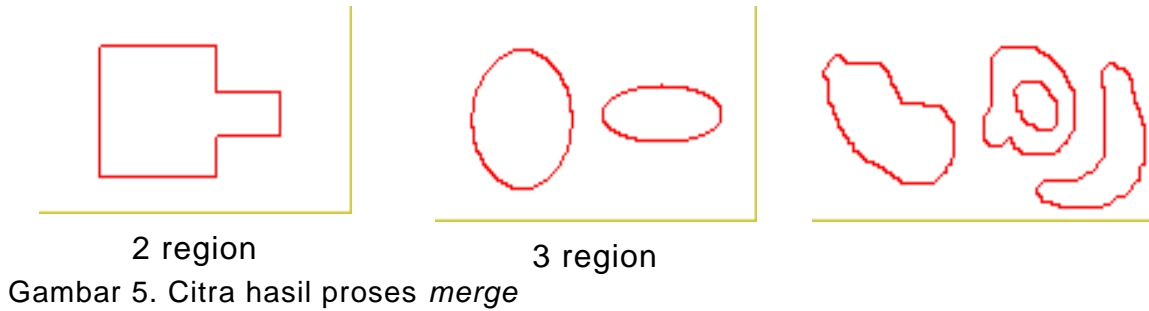
161 region

283 region

Gambar 4. Citra hasil proses *two-way adaptive split*

Pada proses *merge* kedua algoritma tersebut menghasilkan banyaknya region yang sama (Gambar 4). Keakuratan kedua algoritma tersebut bisa dilihat pada Tabel 1 sampai Tabel 3 yang ternyata menghasilkan nilai rasio hilang dan

rasio salah bernilai nol. Berarti kedua algoritma tersebut bekerja sempurna pada citra sintetis dengan intensitas setiap obyek yang seragam.



Tabel 1. Pengukuran ketepatan tepi hasil segmentasi pada citra sintetis 1

Algoritma	T_O	T_S	γ_O	γ_S	R_m	R_f
<i>Two way</i>	258	258	0	0	0	0
<i>Two way adaptive</i>	258	258	0	0	0	0

Tabel 2. Pengukuran ketepatan tepi hasil segmentasi pada citra sintetis 2

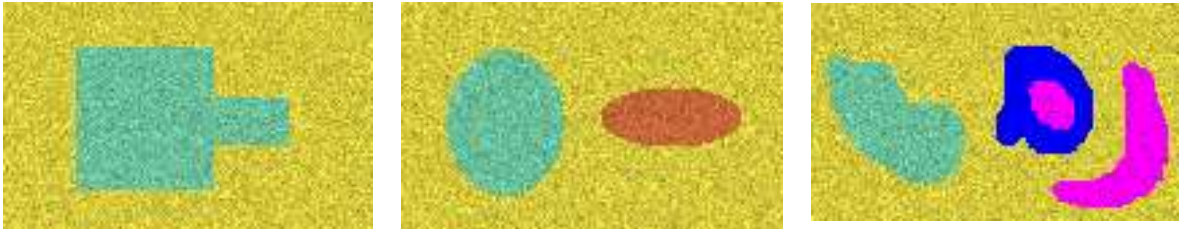
Algoritma	T_O	T_S	γ_O	γ_S	R_m	R_f
<i>Two way</i>	287	287	0	0	0	0
<i>Two way adaptive</i>	287	287	0	0	0	0

Tabel 3. Pengukuran ketepatan tepi hasil segmentasi pada citra sintetis 3

Algoritma	T_O	T_S	γ_O	γ_S	R_m	R_f
<i>Two way</i>	568	568	0	0	0	0
<i>Two way adaptive</i>	568	568	0	0	0	0

Segmentasi pada Citra Sintetis Bernoise

Ukuran penting berkualitas-nya algoritma segmentasi citra adalah ketahanannya pada noise. Pada uji coba ketiga ini akan dilihat kehandalan kedua algoritma (*two way split-and-merge*, *two way adaptive split-and-merge*,) pada citra sintetis pada Gambar 2 yang telah terkorupsi oleh *zero-mean Gaussian noise* (Gambar 6).

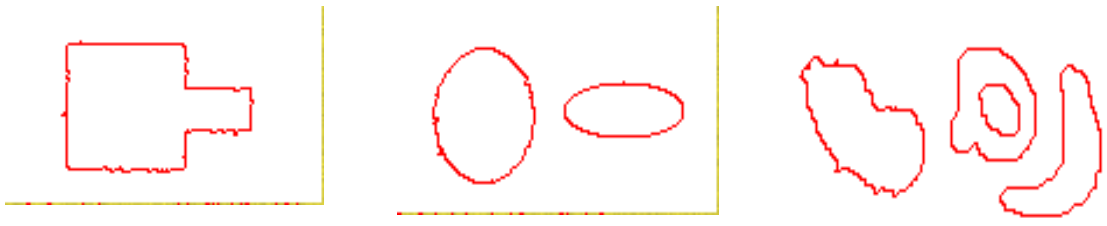


Gambar 6. Citra sintetis bernoise

Ketiga algoritma menghasilkan banyaknya region yang sama (Gambar 7 dan Gambar 8), tetapi keakuratan penentuan tepinya berbeda. Algoritma *two way adaptive unbalanced split-and-merge* menghasilkan nilai rasio hilang dan rasio salah paling kecil (Tabel 4 sampai Tabel 6), sehingga bisa dikatakan algoritma ini bekerja lebih baik pada citra bernoise dibanding algoritma lainnya.



Gambar 7. Hasil segmentasi *two-way-split-merge*



Gambar 8. Hasil segmentasi *two-way-adaptive-split-merge*

Tabel 4. Pengukuran ketepatan tepi hasil segmentasi pada citra sintetis 1 bernoise

Algoritma	T_O	T_S	γ_O	γ_S	R_m	R_f
<i>Two way</i>	258	283	25	50	0.0969	0.1767
<i>Two way adaptive</i>	258	283	24	48	0.0930	0.1702

Tabel 5. Pengukuran ketepatan tepi hasil segmentasi pada citra sintetis 2 bernoise

Algoritma	T_O	T_S	γ_O	γ_S	R_m	R_f
<i>Two way</i>	287	300	10	23	0.0348	0.0639
<i>Two way adaptive</i>	287	295	8	16	0.0279	0.0542

Tabel 6. Pengukuran ketepatan tepi hasil segmentasi pada citra sintetis 3 bernoise

Algoritma	T_O	T_S	γ_O	γ_S	R_m	R_f
<i>Two way</i>	568	586	22	40	0.0387	0.0683
<i>Two way adaptive</i>	568	583	18	34	0.0317	0.0583

KESIMPULAN

- Kedua algoritma *split-and-merge* yang diuji bekerja sempurna pada citra sintetis dengan intensitas setiap obyek yang seragam.
- Pada citra sintetis bernoise algoritma *two way adaptive unbalanced split-and-merge* memberikan hasil yang terbaik yang ditunjukkan dengan nilai rasio salah dan rasio hilang yang lebih kecil.
- Algoritma *two way adaptive unbalanced split-and-merge* memberikan banyak region terkecil pada proses *split*. Hal ini akan mempercepat proses *merge*.

SARAN

Untuk meningkatkan validitas hasil segmentasi, perlu dikembangkan algoritma untuk menentukan nilai threshold secara tepat karena bila nilai threshold terlalu kecil akan mengakibatkan satu region terpisah menjadi beberapa region. Sebaliknya bila nilai threshold terlalu besar akan mengakibatkan dua atau lebih region yang sebenarnya berbeda dijadikan satu region.

DAFTAR PUSTAKA

- Fairhurst, Michael C. (1988). *Computer Vision for Robotic Systems, an Introduction*. Prentice Hall Int.
- Jain, A.K. (1992), *Fundamental of Digital Image Processing*, Prentice Hall Int.
- Gonzales, R.C. & Woods, R.E. (1993). *Digital Image Processing*. Addison-Wesley Publishing Company.
- Lim, Jae, S. (1990). *Two-Dimension Signal and Image Processing*. Prentice Hall Int.
- Pitas, Ioannis (1993). *Digital Image Processing Algorithm*. Prentice Hall Int.
- Wu, Xiaolin (1993). *Adaptive Split-and-Merge Segmentation Based on Piecewise Least-Square Approximation*. IEEE Transaction On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, No. 8, August 1993.