

# Review Paper

## Image segmentation by histogram thresholding using hierarchical cluster analysis

Agus Zainal Arifin a,\* , Akira Asano b

a Graduate School of Engineering, Hiroshima University, 1-4-1 Kagamiyama, Higashi Hiroshima 739-8527, Japan  
b Division of Mathematical and Information Sciences, Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University,  
1-7-1 Kagamiyama, Higashi Hiroshima 739-8521, Japan

Received 14 June 2005; received in revised form 22 February 2006

Available online 3 May 2006

Communicated by G. Borgefors

### A. PENDAHULUAN

Sebelum membahas lebih jauh mengenai isi paper maka terlebih dahulu akan diterangkan apa yang dimaksud dengan image segmentation dan thresholding.

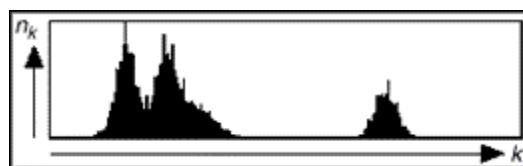
Salah satu proses yang penting dalam pengenalan objek yang tersaji secara visual (berbentuk gambar) adalah segmentasi. Segmentasi objek di dalam citra bertujuan memisahkan wilayah (*region*) objek dengan wilayah latar belakang. Selanjutnya, wilayah objek yang telah tersegmentasi digunakan untuk proses berikutnya (deteksi tepi, pengenalan pola, dan interpretasi objek).

Metode segmentasi yang umum adalah pengambangan citra (*image thresholding*). Operasi pengambangan mensegmentasikan citra menjadi dua wilayah, yaitu wilayah objek dan wilayah latar belakang. Wilayah objek diset berwarna putih sedangkan sisanya diset berwarna hitam (atau sebaliknya). Hasil dari operasi pengambangan adalah citra biner yang hanya mempunyai dua derajat keabuan: hitam dan putih.

Sebelum proses segmentasi, citra mengalami beberapa pemrosesan awal (*preprocessing*) untuk memperoleh hasil segmentasi objek yang baik. Pemrosesan awal adalah operasi pengolahan citra untuk meningkatkan kualitas citra (*image enhancement*).

### B. HISTOGRAM CITRA

Informasi penting mengenai isi citra digital dapat diketahui dengan membuat histogram citra. Histogram citra adalah grafik yang menggambarkan penyebaran kuantitatif nilai derajat keabuan (*grey level*) *pixel* di dalam (atau bagian tertentu) citra. Misalkan citra digital memiliki  $L$  derajat keabuan, yaitu dari nilai 0 sampai  $L - 1$  (misalnya pada citra dengan kuantisasi derajat keabuan 8-bit, nilai derajat keabuan dari 0 sampai 255). Gambar 1 memperlihatkan contoh sebuah histogram citra, yang dalam hal ini  $k$  menyatakan derajat keabuan dan  $n_k$  menyatakan jumlah *pixel* yang memiliki nilai keabuan  $k$ .



Gambar 1. Histogram citra

Histogram citra menunjukkan banyak hal tentang kecerahan (*brightness*) dan kontras (*contrast*) dari sebuah gambar. Puncak histogram menunjukkan intensitas *pixel* yang

menonjol. Lebar dari puncak menunjukkan rentang kontras dari gambar. Citra yang mempunyai kontras terlalu terang (*overexposed*) atau terlalu gelap (*underexposed*) memiliki histogram yang sempit. Histogramnya terlihat hanya menggunakan setengah dari daerah derajat keabuan. Citra yang baik memiliki histogram yang mengisi daerah derajat keabuan secara penuh dengan distribusi yang merata pada setiap derajat keabuan *pixel*.

Histogram adalah alat bantu yang berharga dalam pekerjaan pengolahan citra baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Histogram berguna antara lain untuk perbaikan kontras dengan teknik histogram equalization dan memilih nilai ambang untuk melakukan segmentasi objek.

### **PERBAIKAN KUALITAS CITRA**

Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*) merupakan salah satu proses awal dalam pengolahan citra (*image preprocessing*). Perbaikan kualitas diperlukan karena seringkali citra yang diuji mempunyai kualitas yang buruk, misalnya citra mengalami derau (*noise*) pada saat pengiriman melalui saluran transmisi, citra terlalu terang/gelap, citra kurang tajam, kabur, dan sebagainya. Melalui operasi pemrosesan awal inilah kualitas citra diperbaiki sehingga citra dapat digunakan untuk aplikasi lebih lanjut, misalnya untuk aplikasi pengenalan (*recognition*) objek di dalam citra.

Pada paper ini perbaikan kualitas citra menggunakan operasi pengambangan (*thresholding*).

### **SEGMENTASI CITRA**

Segmentasi citra bertujuan memisahkan wilayah (*region*) objek dengan wilayah latar belakang agar objek di dalam citra mudah dianalisis dalam rangka mengenali objek.

Pengambangan citra (*image thresholding*) merupakan metode yang paling sederhana untuk melakukan segmentasi. Operasi pengambangan membagi citra menjadi dua wilayah, yaitu wilayah objek dan wilayah latar belakang. Wilayah objek diset berwarna putih sedangkan sisanya diset berwarna hitam (atau sebaliknya). Hasil dari operasi pengambangan adalah citra biner yang hanya mempunyai dua derajat keabuan: hitam dan putih.

Dalam paper ini juga dijelaskan algoritma-algoritma apa saja yang dipakai untuk mendapatkan image yang optimal yang salah satunya menggunakan model algoritma Otsu. Model Otsu bekerja dengan menggunakan analisis diskriminan untuk menemukan hal dapat dipisahkan maksimum kelas-kelas. Untuk setiap *thresholding* yang mungkin metode ini mengevaluasi kelebihan dari nilai jika ini digunakan sebagai *thresholding*. Evaluasi metode ini menggunakan heterogenitas kelas-kelas dan homogenitas tiap kelas. Untuk memaksimalkan ukuran fungsi rata-rata dari dua kelas dapat dipisah sejauh mungkin dan perbedaan-perbedaan di dalam kedua kelas menjadi minimal.

Metode diatas hanya salah satu dari *thresholding*. Metode lain dengan menemukan kesalahan minimum dengan menggunakan algoritma iterasi (Kittler dan Illingworth). Metode ini mengasumsikan bahwa suatu image ditandai oleh distribusi campuran bukan dari histogramnya. Pengukuran image dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu persamaan intra class dan inter class.

Paper ini mengusulkan suatu novel dan metode lebih efektif dari *thresholding* dengan organisasi cluster hirarkis kepada pemakai. Metode yang diusulkan mencoba mengembangkan suatu dendogram dari histogram tingkat keabu-abuan yang didasarkan pada ukuran persamaan yang melibatkan perbedaan inter class dan intra class (dapat dilihat pada figure 1). Paper ini juga menyediakan perbandingan-perbandingan dari mutu binarization diantara metode yang diusulkan (metode Otsu dan metode Kwon).

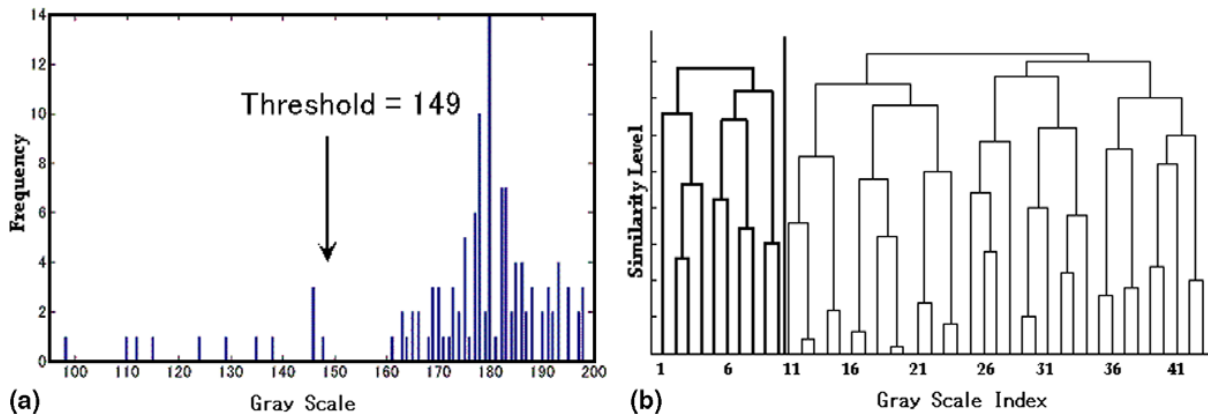


Fig. 1. (a) Histogram of the sample image and (b) the obtained dendrogram.

Pada bagian 2 diceritakan konsep histogram thresholding dimana secara garis besar konsep ini menggambarkan suatu histogram gray scale dari suatu objek dan diambil titik tengahnya di 149. Dari grafik histogram tersebut dibuatkan dendrogram nya sehingga dihasilkan 2 buah data yang saling berdekatan dari titik tengah tresholding yang sudah ditentukan sebesar 149.

Pada dasarnya strategi yang dilakukan adalah dengan mengumpulkan cluster pada area yang memiliki similiarity sama dan distance yang saling berdekatan. Similiarity adalah kemiripan dari suatu image dan distance adalah jarak dari suatu image. Apabila similiarity nya jauh maka distance pasti jauh dan begitu sebaliknya jika similiarity dekat maka distance akan dekat. Sebagai contoh orang Indonesia dengan Malaysia hampir tidak bisa dibedakan karena jarak negara keduanya berdekatan. Tapi untuk orang Amerika dan Afrika akan berbeda karena jarak negara keduanya berjauhan.

### C. HASIL EKSPERIMEN

Pada bagian 3 dilakukan eksperimen terhadap 5 image (a,b,c,d,e) untuk membuktikan algoritma tresholding dengan image segmentation. Figure 2 (a,b,c,d,e) adalah image asli yang diuji. Tampak pada figure 3 menampilkan gambaran histogram dari tiap image yang diuji. Tidak hanya menunjukkan gambaran histogram yang bimodal tapi juga yang unimodal atau multimodal. Setiap image mempunyai varian frekuensi yang berbeda-beda dan gambaran itu mewakili dari berbagai image yang diuji coba. Figure 3 (d dan e) menunjukkan gambaran frekuensi yang tampak ekstrim dibandingkan dengan figure 3 (a,b,c).

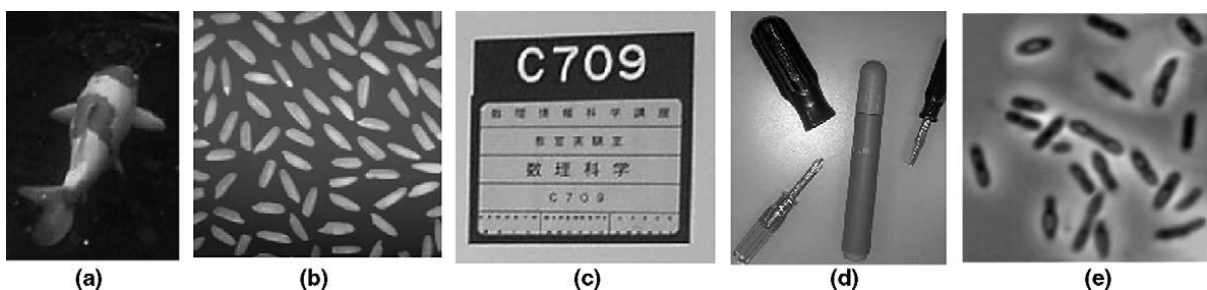


Fig. 2. Original images: (a) image 1, (b) image 2, (c) image 3, (d) image 4 and (e) image 5.

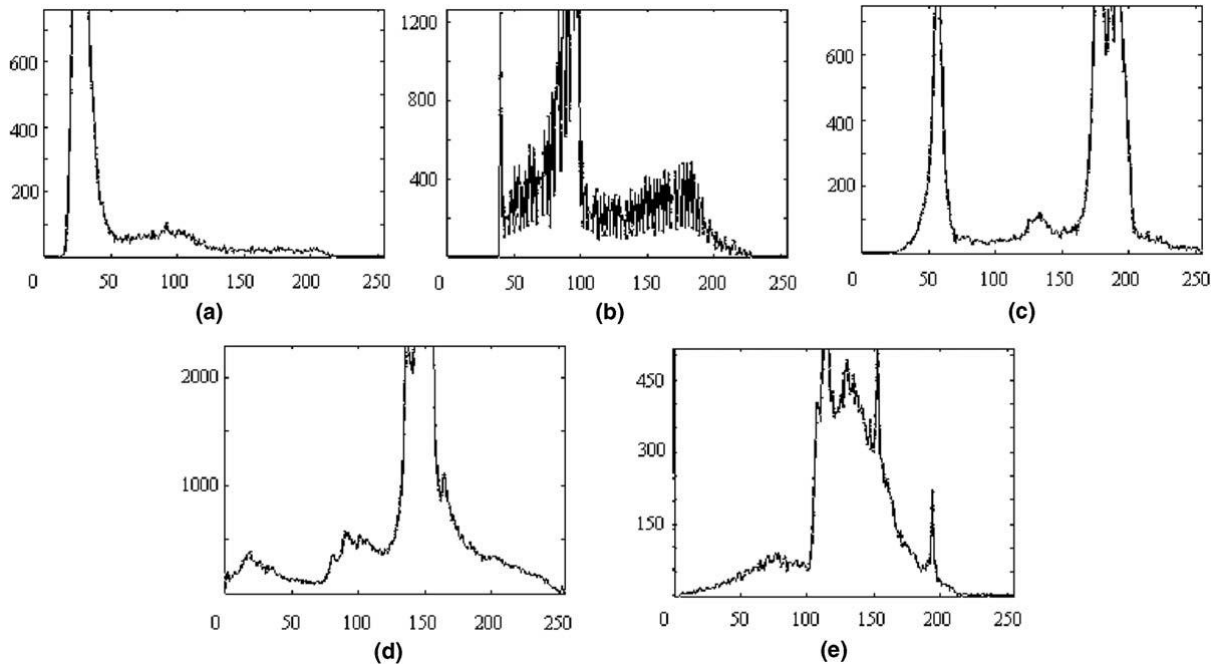


Fig. 3. Histogram of the experimental images: (a) image 1, (b) image 2, (c) image 3, (d) image 4 and (e) image 5.

Hasil uji coba dengan metode thresholding image dapat dilihat pada gambar 4 (a,b,c,d,e). Dari hasil eksperimen dapat dilihat secara visual suatu gambaran image yang jelas dan detail dari kelima image yang diuji. Pemisahan antara background dan object terlihat lebih jelas khususnya untuk figure 4b dan 4c.

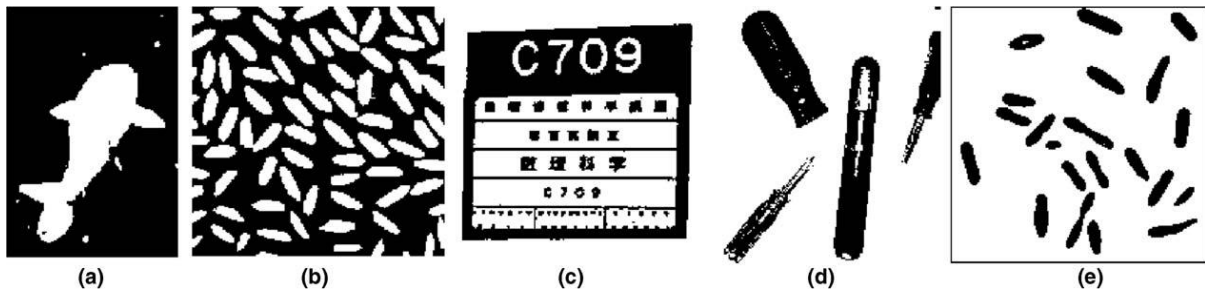


Fig. 4. Thresholded image obtained by the proposed method: (a) image 1, (b) image 2, (c) image 3, (d) image 4 and (e) image 5.

Dibandingkan dengan thresholding dengan metode otsu (figure 5) pada image yang sama didapatkan hasil yang kurang detail untuk figure 4b dan 4c.

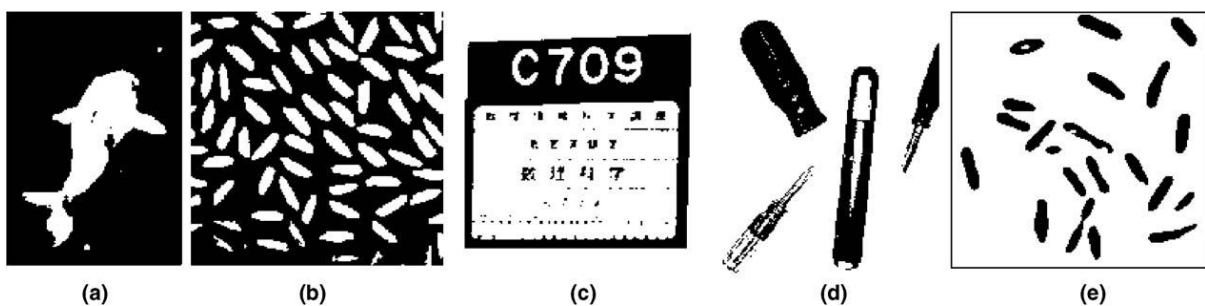


Fig. 5. Thresholded image obtained by Otsu's method: (a) image 1, (b) image 2, (c) image 3, (d) image 4 and (e) image 5.

Bahkan untuk thresholding image yang dilakukan dengan metode KI (figure 6) didapatkan hasil yang lebih jelek daripada 2 metode sebelumnya. Khususnya untuk figure 6c, 6d dan 6e image terlihat kabur dan kurang jelas detailnya.

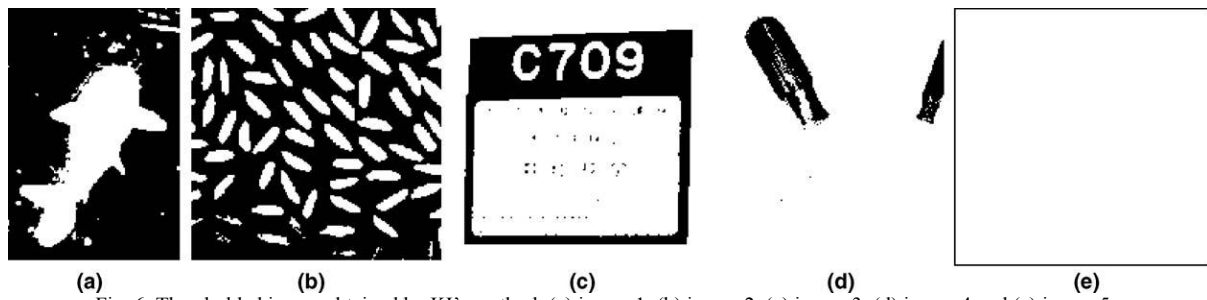


Fig. 6. Thresholded image obtained by KI's method: (a) image 1, (b) image 2, (c) image 3, (d) image 4 and (e) image 5.

Pada figure 7 thresholding image dilakukan dengan metode Kwon. Hasilnya dapat dilihat terjadi percampuran antara objek dan background sehingga menyebabkan ada detail yang hilang seperti pada figure 7a,7b, 7d dan 7e.

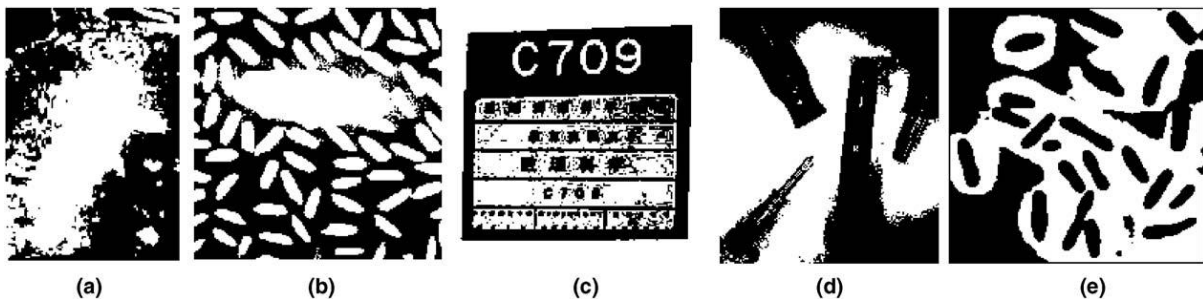


Fig. 7. Thresholded image obtained by Kwon's method: (a) image 1, (b) image 2, (c) image 3, (d) image 4 and (e) image 5.

Hasil akhir dari keempat metode dapat dilihat pada table 1.

Sample images	Threshold selection methods			
	Otsu's method	Kwon's method	KI's method	The proposed method
Image 1	77	30	44	59
Image 2	125	96	132	105
Image 3	122	174	92	161
Image 4	110	146	56	121
Image 5	96	127	0	102

Dari table kita dapat melihat perbandingan nilai untuk thresholding dari 4 metode yang dipakai di dalam pengujian image. Untuk image 1 hasil terbaik dengan nilai 59, image 2 dengan nilai 105, image 3 dengan nilai 161, image 4 dengan nilai 121 dan image 5 dengan nilai 102. Dari nilai table terlihat untuk metode yang diusulkan memberikan nilai ME yang lebih baik dari 3 metode yang lain (otsu, KI, Kwon).

Hasil segmentasi image yang sebenarnya dapat dilihat pada figure 8. Pada gambar terlihat jelas pemisahan antara background dan object secara jelas.

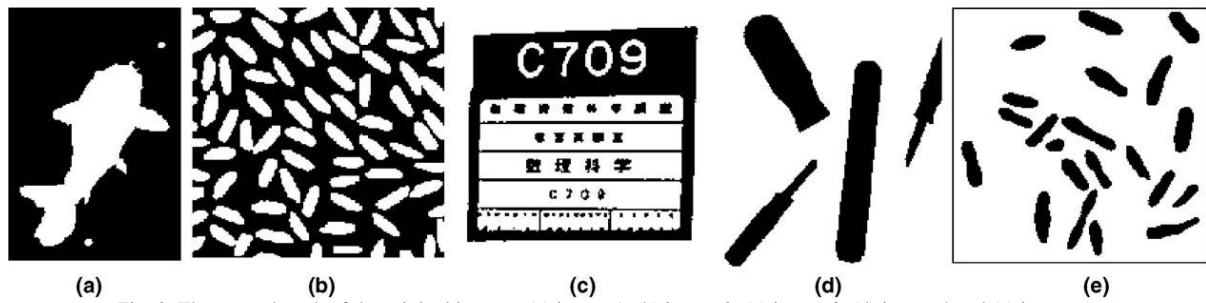


Fig. 8. The ground-truth of the original images: (a) image 1, (b) image 2, (c) image 3, (d) image 4 and (e) image 5.

Untuk menguji hasil kualitas image diantara 2 metode digunakan suatu teknik pengujian yang dinamakan misclassification error (ME), relative foreground area error (RAE) dan modified hausdorff distance (MHD) yang hasilnya dapat dilihat di Tabel 2. Dengan demikian, menurut tiga evaluasi, yang diusulkan algoritma hasil terbaik akan didapat jika mempunyai lebih sedikit misclassification error, lebih sedikit relative foreground area error dan lebih sedikit modified hausdorff distance.

Table 2  
Performance evaluations of the proposed method and comparison with three other methods

Sample images	Threshold selection methods			
	Otsu's method	Kwon's method	KI's method	The proposed method
<i>ME</i>				
Image 1	5.71%	26.66%	2.72%	<b>1.91%</b>
Image 2	8.51%	13.12%	10.35%	<b>4.68%</b>
Image 3	6.30%	9.72%	9.37%	<b>1.38%</b>
Image 4	5.06%	26.68%	16.64%	<b>3.05%</b>
Image 5	3.60%	30.69%	15.50%	<b>2.89%</b>
<i>RAE</i>				
Image 1	25.66%	54.52%	10.68%	<b>7.81%</b>
Image 2	22.05%	19.73%	27.80%	<b>4.65%</b>
Image 3	18.06%	21.78%	26.85%	<b>3.80%</b>
Image 4	18.90%	50.38%	66.70%	<b>7.59%</b>
Image 5	19.47%	63.02%	87.40%	<b>13.99%</b>
<i>MHD</i>				
Image 1	0.77	7.93	1.04	<b>0.11</b>
Image 2	0.64	0.87	0.84	<b>0.18</b>
Image 3	0.54	0.53	1.21	<b>0.04</b>
Image 4	0.53	18.30	42.23	<b>0.18</b>
Image 5	0.25	6.35	31.50	<b>0.18</b>

Note: Least values are bold-faced.

Pada figure 9 diperlihatkan suatu tes yang dilakukan untuk menguji noise dari image 2 (butiran beras) untuk setiap metode yang ada. Hasilnya terlihat dengan memberikan noise yang berbeda pada image yaitu 42,7 dB dan 4,5 dB memperlihatkan hasil yang lebih baik untuk noise yang lebih kecil. Hasilnya dapat dilihat pada histogram figure 9b dan 9e.

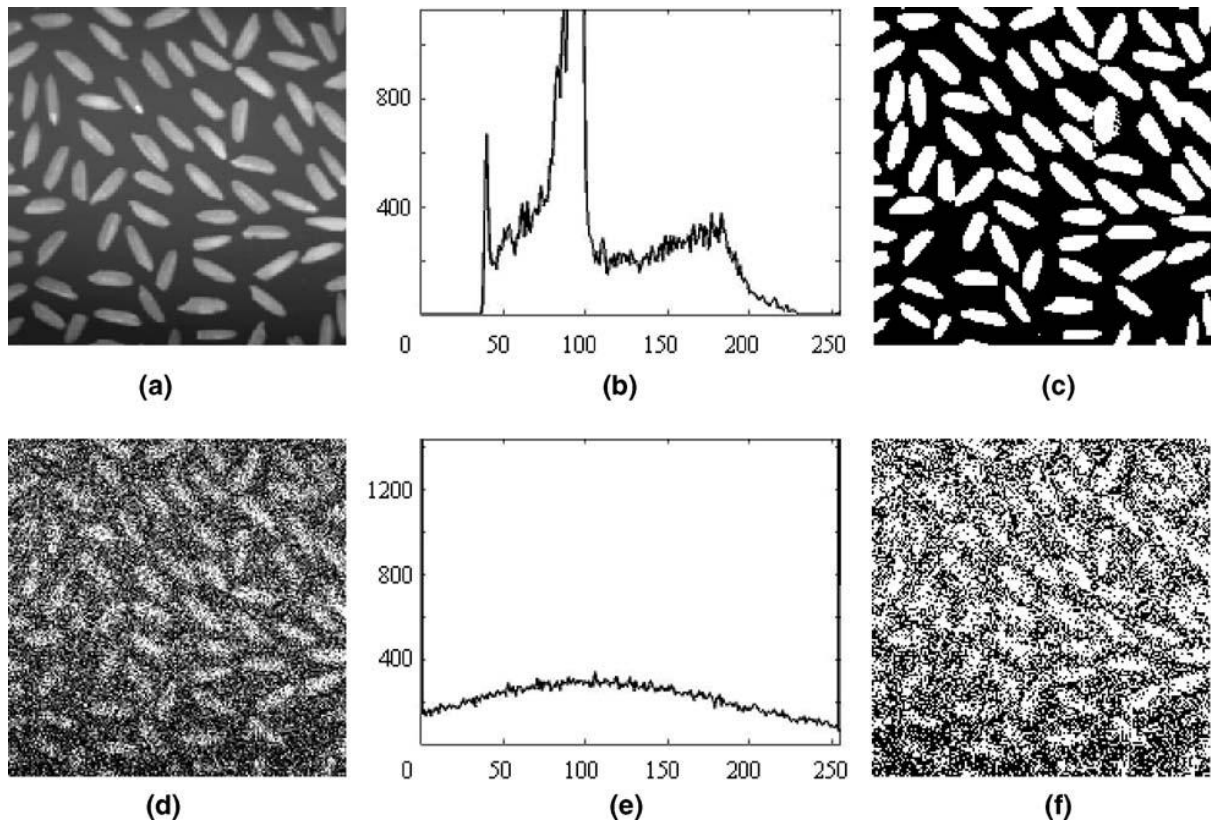


Fig. 9. Test images obtained by adding noise to image 2: (a) noisy image with SNR of 42.7 dB, (b) histogram of (a), (c) thresholded image of (a), (d) noisy image with SNR of 4.5 dB, (e) histogram of (d) and (f) thresholded image of (d).

Hasil lengkap pengujian dengan noise dapat dilihat pada Tabel 3.

Table 3  
Performance evaluations of the proposed method for noise robustness

SNR of test images (in dB)	Performance criteria		
	ME (%)	RAE (%)	MHD
4.5	36.58	30.38	2.08
6.8	29.55	19.92	1.73
13.3	19.19	18.35	1.19
23.2	6.91	15.30	0.24
42.7	<b>4.86</b>	<b>2.05</b>	<b>0.11</b>

Note: Least values are bold-faced.

#### D. KESIMPULAN

1. Pada bagian kesimpulan dapat dikatakan penggunaan metode tresholding dengan menggunakan hierarchical cluster analysis lebih baik hasilnya untuk setiap image dibandingkan dengan metode Otsu, Kwan dan KI. Dan ini juga sudah dibuktikan dengan pengujian noise dan robustness (kekuatan) dari algoritma tersebut.
2. Suatu metode pendekatan peningkatan mutu citra yang terbaik untuk satu implementasi belum tentu baik untuk implementasi lainnya, sebab karakteristik citra dapat saling berbeda.
3. Secara subyektif citra yang dihasilkan lebih bagus.
4. Konversi dari citra hitam-putih ke citra biner dilakukan dengan operasi pengambangan (*thresholding*). Operasi pengambangan mengelompokkan nilai derajat

keabuan setiap *pixel* ke dalam 2 kelas, hitam dan putih. Dua pendekatan yang digunakan dalam operasi pengambangan adalah pengambangan secara global dan pengambangan secara lokal.

#### **E. KELEBIHAN METODE IMAGE SEGMENTATION DENGAN HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS**

- Secara visual metode ini memiliki hasil akhir yang baik di dalam meminimal kan kehilangan piksel sehingga gambar yang dihasilkan dapat terlihat detilnya atau pemisahan antara objek dan background terlihat dengan jelas.
- Pengujian metode ini dengan 3 pengujian yaitu ME, RAE dan MHD menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode Otsu, KI dan Kwan.
- Untuk image yang diberi noise metode ini juga memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan 3 algoritma yang lain.

#### **F. KELEMAHAN METODE IMAGE SEGMENTATION DENGAN HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS**

- Secara visual metode diatas dapat memisahkan antara objek dan background dengan baik tapi untuk detil image masih kurang dibandingkan dengan metode Otsu.
- Dari segi penyajian paper ini tidak menjelaskan secara lengkap / kurang rinci dalam menyajikan informasi metode lama yang dijadikan acuan untuk membuat metode baru yang lebih efektif.
- Dalam paper ini juga tidak menampilkan gambar histogram dari hasil akhir pengujian sehingga kita tidak dapat melihat perbedaan yang significant terhadap metode baru yang diusulkan tersebut.