



Identifikasi Karakteristik Citra Berdasarkan pada Nilai Entropi dan Kontras

Lussiana ETP¹, Bheta Agus Wardijono², Rozi³

¹Teknologi Informasi, STMIK Jakarta STI&K

²Sistem Komputer, STMIK Jakarta STI&K

³Sistem Informasi, STMIK Jakarta STI&K

¹lussiana.etp@gmail.com, ²bhetaagus@gmail.com*, ³roziborang@gmail.com

Abstract

Determining the object boundaries in an image is a necessary process, to identify the boundaries of an object with other objects as well as to define an object in the image. The acquired image is not always in good condition, on the other hand there is a lot of noise and blur. Various edge detection methods have been developed by providing noise parameters to reduce noise, and adding a blur parameter but because these parameters apply to the entire image, but losing some edges due to these parameters. This study aims to identify the characteristics of the image region, whether the region condition is noise, blurry or otherwise sharp (clear). The step is done by dividing the four regions from the image size, then calculating the entropy value and contrast value of each formed region. The test results show that changes in region size can produce different characteristics, this is indicated by entropy and contrast values of each formed region. Thus it can be concluded that entropy and contrast can be used as a way to identify image characteristics, and dividing the image into regions provides more detailed image characteristics.

Keywords: image edge detection, image characteristics, regionization, entropy, contrast.

Abstra

Penentuan batas objek dalam suatu citra merupakan salah satu proses yang diperlukan, hal ini digunakan untuk mengidentifikasi batas suatu objek dengan objek lainnya demikian juga dapat digunakan untuk mendefinisikan suatu objek dalam citra. Pada kenyataannya citra hasil akuisisi tidak selalu dalam kondisi yang baik, sebaliknya banyak terdapat noise dan blur. Berbagai metode pendeteksian tepi telah banyak dikembangkan diantaranya dengan memberikan parameter noise untuk mereduksi noise, serta menambahkan parameter blur namun karena parameter tersebut berlaku untuk keseluruhan citra tetapi mengakibatkan hilangnya sebagian tepi karena pemberlakuan parameter tersebut. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi karakteristik region citra apakah kondisi region tersebut bernoise, blur atau sebaliknya tajam (*sharp*). Tahap yang dilakukan dengan cara membagi empat region dari ukuran citra, kemudian menghitung nilai entropi dan nilai kontras setiap region yang terbentuk. Hasil pengujian menunjukkan perubahan ukuran region dapat menghasilkan karakteristik yang berbeda, berdasarkan pada nilai entropi dan nilai kontras setiap region yang terbentuk. Berdasarkan pada hasil analisis jika nilai entropi tinggi maka menunjukkan karakteristik citra tersebut bernoise, karakteristik lain ditunjukkan oleh nilai kontras, semakin meningkat nilai kontras maka karakteristik ketajaman citra semakin tajam sehingga dengan mudah dapat mengenali batas tepi citra. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa entropi dan kontras dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk mengidentifikasi karakteristik citra, dan dengan membagi citra ke dalam region-region memberikan karakteristik citra lebih detail.

Kata kunci: pendeteksian tepi citra, karakteristik citra, regionisasi, entropi, kontras.

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pendeteksian tepi citra merupakan tahapan penting dalam pengolahan citra dalam berbagai kebutuhan, antara lain untuk melingkupi area tertentu, memisahkan dan menghasilkan objek yang diinginkan untuk kebutuhan analisis serta yang paling utama adalah untuk mendefinisikan batas objek suatu citra.

Penetapan batas atau tepi objek mudah dilakukan, jika kondisi citra hasil akuisisi jelas dan tajam, namun hal tersebut menjadi sulit apabila kondisi citra bernoise atau buram (blur), bahkan dalam satu citra hasil akuisisi sangat memungkinkan terdapat bagian yang bernoise dan blur.

Saat ini telah banyak dikembangkan metode pendeteksian tepi citra seperti detektor tepi Canny (Canny edge detector) [1,2,3], Filter Deriche (Deriche



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

filter) [4,5], Bourennane [6], and Laggoune [8]. Metode yang dikembangkan sistem pendeteksi tepi ini dengan cara memberikan parameter noise pada citra, yang bertujuan untuk mereduksi noise sehingga pendeteksian tepi menjadi mudah dilakukan [9, 10]. Penerapan parameter noise ini berlaku diseluruh bagian citra. Pada kenyataannya dalam suatu citra dapat mengandung beberapa kondisi, yaitu terdapat bagian citra yang bernoise, sebagian lain blur dan bagian lainnya tajam (*sharp*), dengan adanya parameter noise yang diberikan dan berlaku untuk keseluruhan citra, mengakibatkan ada bagian tepi citra yang menjadi hilang atau menjadi blur karena efek parameter noise tersebut. Berdasarkan kondisi tersebut, Madenda [11] mengembangkan metode pendeteksian tepi citra dengan menambahkan parameter blur selain parameter noise, namun demikian kedua parameter tersebut tetap diberlakukan pada citra secara keseluruhan, sehingga masih mengakibatkan hilangnya bagian tepi citra karena proses reduksi noise dan blur tersebut.

Berdasarkan pada kondisi tersebut, perlu adanya pengembangan metode yang dapat berfungsi mengidentifikasi karakteristik citra, apakah merupakan citra yang bernoise, blur atau sebaliknya merupakan karakteristik citra yang tidak mengandung noise dan blur (bersih dari noise dan blur (*clear*)), selanjutnya jika telah mengetahui karakteristik citra dapat diberikan parameter yang sesuai sehingga dapat mencegah hilangnya tepi akibat ketidaksesuaian parameter yang diberikan.

Berkaitan dengan pengolahan citra, salah satu cara untuk menganalisis citra adalah dengan menggunakan histogram citra, selain digunakan sebagai dasar perbaikan kualitas citra, histogram dapat pula digunakan untuk melakukan segmentasi citra, seperti Histogram Equalization [14, 15] dan Contrast Stretching [13]. Menurut definisi histogram merupakan grafik yang menggambarkan probabilitas kemunculan nilai keabuan suatu citra. Hasil analisis histogram citra inilah yang dapat memberikan keputusan untuk melakukan perbaikan kualitas citra. Kemunculan nilai keabuan suatu citra selain dapat ditampilkan dalam bentuk grafik (histogram) dapat pula diukur tingkat kemunculannya yang random, yang dikenal dengan sebutan entropi (derajat keacakan atau *randomness*).

Mengacu pada kondisi suatu citra yang dapat memiliki berbagai karakteristik, maka artikel ini bertujuan mengidentifikasi karakteristik citra berdasarkan pada nilai entropi dan kontras sebagai dasar analisis.

1.2. Tinjauan Literatur

Pendeteksian Tepi Citra

Pendeteksian tepi merupakan tahap yang penting di dalam pengolahan citra. Pendeteksian tepi adalah proses yang dilakukan untuk menghasilkan tepi-tepi citra. Hal ini diperlukan untuk mengenali batas suatu

objek satu dengan objek yang lain, atau antara objek dengan latar belakang. Tepi suatu objek sangat mudah dikenali bila batas citra tersebut jelas, namun sebaliknya menjadi sulit jika kondisi citra buram dan atau bernoise. Kondisi tersebut dapat terjadi jika saat akuisisi citra, objek yang diinginkan tiba-tiba bergerak, kondisi pencahayaan yang kurang baik atau alat perekam yang kurang baik sehingga menimbulkan noise. Berbagai metode dasar pendeteksian tepi dapat digolongkan antara lain berdasarkan pada turunan pertama dan kedua, seperti Prewitt, Robert dan Sobel; pendeteksian tepi berdasarkan pada pemfilteran diantaranya dikembangkan oleh Canny, Deriche dan Madenda; selain itu berdasarkan pada penerapan metode wavelet.

Tepi citra

Tepi didefinisikan sebagai perubahan intensitas yang mendadak antara satu piksel dengan piksel tetangganya [7], [12]. Secara visual, kontur atau tepi dalam citra dapat dikategorikan dalam:

- Tepi citra yang cerah yaitu citra yang batas antara satu region dengan region yang lain atau antara satu objek dengan objek yang lain tampak secara jelas. Dengan kata lain kontur atau tepi antar region atau antar objek sangat tajam (*sharp edge*).
- Tepi citra yang buram yaitu tepi antar region atau antar objek kurang jelas atau buram akibat adanya efek blur. Hal ini biasanya diakibatkan oleh pengaturan lensa kamera atau alat perekam citra yang kurang tepat, atau adanya pergerakan objek yang jauh lebih cepat dari kecepatan akuisisi citra oleh kamera.
- Tepi citra yang ber-noise yaitu batas tepi antar region atau antar objek menjadi tidak jelas akibat distorsi atau gangguan oleh noise. Hal ini dapat berasal dari sumber citra (misalnya citra ultrasonografi) atau peralatan elektronik (misalnya digitizer) dan juga akibat kompresi citra.

Histogram Citra

Hasil akuisisi citra belum tentu seperti yang diinginkan, apabila kurang pencahayaan maka citra akan cenderung gelap, sedangkan jika pencahayaan berlebih mengakibatkan citra yang dihasilkan terlalu terang, keduanya tentu bukan merupakan citra yang diharapkan. Untuk mengetahui secara jelas kondisi suatu citra, dalam pengolahan citra dapat menggunakan bantuan histogram citra. Histogram citra adalah suatu grafik yang menggambarkan frekuensi kemunculan nilai-nilai intensitas piksel suatu citra. [7]

Bila diketahui nilai intensitas derajat keabuan sebagai z_k , maka besar probabilitas kemunculan nilai intensitas keabuan dapat direpresentasikan dalam persamaan (1) berikut [4]:

$$p(z_k) = \frac{n_k}{n}, 0 \leq z_k \leq 1, \text{ dan } k = 0, L, \dots, L - 1 \quad (1)$$

dimana

$p(z_k)$ adalah probabilitas kemunculan derajat keabuan ke- k

n_k adalah banyaknya derajat keabuan yang muncul

n adalah jumlah total piksel dalam citra

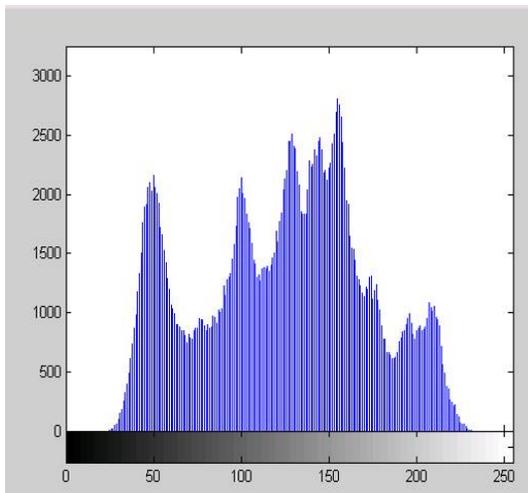
$L = 2^{nb}$, dimana nb = jumlah bit per pixel

Plot dari $p(z_k)$ terhadap z_k inilah yang kemudian disebut dengan histogram.

Gambar 1. merupakan contoh citra Lena dan histogramnya



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Citra Lena, (b) Histogram Citra Lena

Entropi

Entropi merupakan representasi tingkat atau derajat keacakan (*randomness*) dari suatu citra, yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) berikut ini:

$$e = - \sum_{k=0}^{L-1} p(z_k) \log_2 p(z_k) \quad (2)$$

Kontras

Kontras adalah ciri yang digunakan untuk mengukur kekuatan perbedaan intensitas dalam citra. Nilai kontras membesar jika variasi intensitas citra tinggi dan menurun bila variasi rendah. Kontras dihitung berdasarkan pada *moment* citra orde 2 :

$$\mu_n = \sum_{k=0}^{L-1} (z_k - m)^n p(z_k) \quad (3)$$

$$\text{kontras} = \sqrt{\mu_2} \text{ untuk } n = 2 \quad (4)$$

$$\mu_n = \sum_{k=0}^{L-1} (z_k - m)^n p(z_k) \quad (5)$$

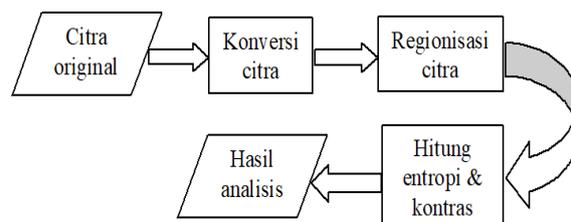
dengan m adalah rata-rata intensitas.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi karakteristik region citra apakah kondisi region tersebut bernoise, blur atau sebaliknya tidak bernoise dan tidak blur (*clear*).

2. Metode Penelitian

Untuk mengidentifikasi karakteristik citra yang diperlukan dalam pendeteksian tepi, usulan metode terkait penelitian ini, dilakukan dengan menganalisis nilai entropi dan nilai kontras citra. Agar mendapatkan hasil yang lebih akurat maka sebelum menentukan entropi dan kontras, pada citra yang akan dianalisis dibuat region-region citra terlebih dahulu. Skema tahapan identifikasi karakteristik citra seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Tahapan Penelitian

Berdasarkan skema pada Gambar 2, citra hasil akuisisi (citra original) sebagai masukan kemudian pertama kali dilakukan tahap konversi citra, yaitu mengubah citra RGB ke dalam citra keabuan, selanjutnya tahap regionisasi citra merupakan tahap mensegmentasi atau membagi citra sesuai dengan kebutuhan. Cara pembuatan region-region ini dilakukan dengan cara membagi ukuran citra menjadi empat (4) bagian, yaitu membagi 2 ukuran baris citra ($N/2$) begitu pula untuk ukuran kolom citra ($N/2$). Pada penelitian ini citra original berukuran 512x512 dengan format jpg dan regionisasi citra diujicoba sampai berukuran 128x128. Perlu diketahui bahwa pembentukan region bukan berarti berhenti sampai ukuran 128x128, tetapi dapat

dilakukan sesuai kebutuhan. Pembentukan region baru berdasarkan region yang terbentuk sebelumnya dilakukan dengan cara yang sama, yaitu membagi empat bagian dari satu region sebelumnya. Tahap penghitungan entropi dan kontras dilakukan dengan menggunakan persamaan 2 dan persamaan 3 pada setiap region yang terbentuk. Nilai entropi dan nilai kontras yang didapatkan inilah yang menunjukkan karakteristik region citra.

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mengetahui karakteristik citra berdasarkan regionisasi, penelitian ini menggunakan citra Lena [<http://www.lenna.org/>] yang diberi noise, seperti terlihat pada Gambar 3 (b). Gambar 3 (a) adalah merupakan citra Lena original yang belum diberikan noise, sedangkan Gambar 3 (b) adalah citra Lena yang telah diberikan noise di sebagian citra.



(a)



(b)

Gambar 3 (a) Citra original sebelum diberi noise
(b) Citra original yang sudah diberi noise

3.1. Ukuran Region 256x256

Telah disebutkan bahwa ukuran citra awal yang digunakan adalah 512x512, untuk mendapatkan empat region dengan membagi panjang citra $N/2$ ($512:2=256$) dan lebar citra $N/2$, sehingga didapatkan ukuran region citra terkecil adalah 256. Setelah mendapatkan region-region citra, di setiap region yang terbentuk dilakukan penghitungan nilai entropi dan nilai kontras citra. Hasil pembagian region citra seperti pada Gambar 4, dan Tabel 1 menunjukkan hasil penghitungan entropi dan kontras tiap region yang terbentuk.



Gambar 4. Hasil pembagian region citra Lena

Tabel 1. Region Entropi dan Kontras citra Lena ukuran 256x256

Region	Entropi	Kontras
Kiri atas (01)	2.2510	11.4322
Kanan atas (02)	3.0078	16.4568
Kiri bawah (03)	2.2428	4.34127
Kanan bawah (04)	2.11826	12.13277

Berdasarkan pada Tabel 1 masing-masing region memiliki karakteristik yang ditunjukkan dengan nilai entropi dan kontras.

Pada region 01₂₅₆ nilai entropi yang dihasilkan sebesar 2.2510 dan nilai kontras 11.4322. Merujuk pada gambar 4, region 01₂₅₆ mengandung noise yang telah diinjeksikan sebelumnya, apabila diamati secara visual, ketajaman kontras citra pada region 01₂₅₆ memiliki ketajaman yang baik, hal ini menunjukkan nilai intensitas satu piksel dengan piksel tetangga sebagai tepi memiliki perbedaan yang tajam; pengamatan pada region 02₂₅₆, nilai entropi yang diperoleh 3.0078, lebih tinggi dibandingkan region 01₂₅₆, berdasarkan gambar 4 pada region 02₂₅₆ lebih banyak mengandung noise yang diinjeksikan sebelumnya, dengan demikian dapat dinyatakan apabila terdapat noise lebih banyak maka nilai entropi meningkat, berkaitan dengan nilai kontras sebesar 16.4568 maka ketajaman pada region 02₂₅₆ adalah tajam, tidak blur; untuk region 03₂₅₆ memiliki nilai entropi 2.2428 dan nilai kontras 4.34127 dengan mengacu pada gambar 4, pada citra tidak mengandung

noise, tingkat keacakan yang muncul menunjukkan akibat variasi intensitas tekstur citra, selanjutnya ketajaman pada region 03₂₅₆ menunjukkan tingkat yang rendah dan mengandung sedikit blur; berikutnya untuk region 04₂₅₆, nilai entropi diperoleh sebesar 2.11826 dan nilai kontras 12.13277, dari gambar 4 dapat dilihat bahwa citra tajam dan mengandung noise lebih sedikit dibandingkan dengan kandungan noise pada region 02₂₅₆. Berdasarkan pada analisis nilai entropi dan kontras pada gambar 4, dapat dinyatakan bahwa semakin banyak kandungan noise maka nilai entropi meningkat, sedangkan nilai kontras semakin rendah menunjukkan ketajaman yang rendah atau mendekati blur.

3.2. Ukuran Region 128x128

Untuk menghasilkan region terkecil yang berukuran 128x128, didapatkan dengan cara membagi region sebelumnya menjadi empat bagian kembali, yaitu $256/2 \times 256/2$, sehingga diperoleh 16 region baru.

Gambar 5 merupakan citra hasil regionisasi dengan ukuran region terkecil 128x128, kemudian hasil penghitungan entropi dan kontras disajikan pada tabel 2.

Berdasarkan informasi hasil penghitungan pada tabel 2 menunjukkan perubahan nilai entropi dan kontras pada masing-masing region. Sebagai contoh pada region citra 01₂₅₆ memiliki entropi 2.2510 dan nilai kontras 11.4322 setelah dilakukan pembagian region dengan ukuran yang lebih kecil, maka region 01₂₅₆ terregionisasi menjadi 011₁₂₈, 012₁₂₈, 013₁₂₈ dan 014₁₂₈ nilai entropi yang didapatkan 1.319, 1.3982, 1.393 dan 3.489 serta nilai kontrasnya 1.105, 3.947, 1.475 dan 19.996, dapat dinyatakan bahwa nilai entropi dan kontras berubah. Dengan kata lain nilai entropi yang dihasilkan menjadi lebih detil karena ukuran region yang lebih kecil, pada awalnya 2.2510 menjadi memiliki empat nilai entropi seperti yang telah disebutkan di atas, demikian pula untuk nilai kontras.

Nilai entropi dan nilai kontras pada region 011₁₂₈ sebesar 1.319 dan 1.105 berdasarkan pada nilai-nilai yang diperoleh maka karakteristik citra pada region 011₁₂₈ tidak bernoise karena nilai entropi rendah dan ketajaman rendah atau sedikit blur, karena nilai kontras yang rendah. Apabila dikonfirmasi pada gambar 5, menunjukkan karakteristik yang sama. Region 012₁₂₈ hasil penghitungan nilai entropi yang didapatkan sebesar 1.3982 dan nilai kontras 3.947, berdasarkan nilai-nilai tersebut maka karakteristik citra region 012₁₂₈ tidak bernoise dan lebih tajam dibandingkan dengan region 011₁₂₈, dan karakteristik tersebut sesuai dengan gambar 5; selanjutnya untuk region 013₁₂₈ didapatkan hasil nilai entropi 1.393 dan nilai kontras 1.475, dari nilai entropi karakteristik citra menunjukkan tidak bernoise dan berdasarkan nilai kontras dapat dinyatakan sedikit blur (ketajaman rendah), hal ini juga sesuai dengan gambar 5; untuk region 014₁₂₈ diperoleh

nilai entropi 3.489 dan nilai kontras 19.996, mengacu pada nilai entropi dan gambar 5, maka karakteristik citra region 014₁₂₈ mengandung noise dan memiliki tingkat ketajaman yang jelas.

Pada region 021₁₂₈ nilai entropi hasil penghitungan adalah 2.999 dan nilai kontras sebesar 15.2838, berdasarkan nilai tersebut dan gambar 5, region 021₁₂₈ memiliki karakteristik bernoise atau memiliki keacakan tinggi dan memiliki ketajaman yang baik, tidak blur; nilai entropi dan nilai kontras untuk region 022₁₂₈ sebesar 1.7488 dan 3.838, sehingga karakteristik citra pada region 022₁₂₈ termasuk tidak bernoise namun agak blur; selanjutnya pada region 023₁₂₈ nilai entropi yang diperoleh adalah 3.7578 dan nilai kontras sebesar 17.3579, dari kedua nilai tersebut menunjukkan bahwa karakteristik citra region 023₁₂₈ memiliki noise dan ketajaman yang baik, tidak blur; untuk region 024₁₂₈ memiliki nilai entropi 2.956 dan nilai kontras 20.883 berdasarkan nilai entropi maka citra menunjukkan bernoise sedangkan berdasarkan pada nilai kontras citra memiliki ketajaman yang baik, tidak blur.

Nilai entropi dan nilai kontras pada region 031₁₂₈ masing-masing sebesar 2.047 dan 3.4828, dengan cara yang sama yaitu juga mengacu pada gambar 5, maka dari kedua nilai tersebut dapat dikategorikan region 031₁₂₈ tidak bernoise, entropi atau keacakan intensitas yang terukur disebabkan oleh variasi tekstur dari region tersebut, tingkat ketajaman rendah atau sedikit blur; untuk region 032₁₂₈ besar nilai entropi adalah 2.4842 dan nilai kontras 5.4449, berdasarkan pada nilai entropi dan gambar 5, region 032₁₂₈ karakteristik citra tidak bernoise atau keacakan intensitas citra rendah, keacakan disebabkan oleh variasi tekstur citra dan tingkat ketajaman rendah; berikutnya region 033₁₂₈ nilai hasil penghitungan entropi yang diperoleh 2.0213 dan nilai kontras sebesar 3.1991, merujuk pada nilai entropi maka karakteristik citra memiliki keacakan rendah, tidak bernoise sehingga keacakan timbul akibat variasi tekstur citra, sedangkan terkait dengan kontras menunjukkan sedikit blur; selanjutnya pada region 034₁₂₈, nilai entropi yang diperoleh sebesar 2.3468 dan nilai kontras 4.6187, sehingga karakteristik region 034₁₂₈ tidak bernoise (keacakan rendah), keacakan disebabkan oleh variasi tekstur dan ketajaman rendah (sedikit blur).

Merujuk pada tabel 2 dan gambar 5, region 041₁₂₈ nilai entropi hasil penghitungan didapatkan 3.4528 dan nilai kontras 21.2908, maka dapat dinyatakan bahwa region 041₁₂₈ memiliki karakteristik bernoise tetapi memiliki ketajaman yang baik, tidak blur; pada region 042₁₂₈ nilai entropi diperoleh sebesar 1.2994 dan nilai kontras 2.7289 berdasarkan informasi tersebut maka karakteristik citra untuk region 042₁₂₈ memiliki noise yang sangat rendah atau tidak bernoise, selain itu juga memiliki ketajaman yang rendah (sedikit blur); berikutnya region 043₁₂₈, hasil penghitungan nilai entropi dan nilai kontras masing-masing adalah 1.4847

dan 2.1097 sehingga region 043₁₂₈ memiliki karakteristik citra tidak bernoise atau noise sangat rendah dan sedikit blur; terakhir region 044₁₂₈, pada region ini diperoleh hasil nilai entropi 1.5230 dan nilai kontras 1.9385 dengan demikian dapat dinyatakan karakteristik citra region 044₁₂₈ tidak bernoise karena memiliki nilai keacakan yang rendah dan ketajaman yang rendah (blur).



Gambar 4. Hasil pembagian region citra Lena

Tabel 2. Region Entropi dan Kontras citra Lena region ukuran 128x128

Region	Entropi	Kontras
011	1.319	1.105
012	1.3982	3.947
013	1.393	1.475
014	3.489	19.996
021	2.999	15.2838
022	1.7488	3.838
023	3.7578	17.3579
024	2.956	20.883
031	2.047	3.4828
032	2.4842	5.4449
033	2.0213	3.1991
034	2.3468	4.6187
041	3.4528	21.2908
042	1.2994	2.7289
043	1.4847	2.1097
044	1.5230	1.9385

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil pengujian pembentukan region citra, pada masing-masing region telah berhasil ditentukan nilai entropi dan nilai kontras sesuai dengan karakteristik region yang diukur. Perubahan ukuran region menunjukkan karakteristik citra tiap region yang dihasilkan berbeda.

Nilai entropi tinggi mengindikasikan karakteristik citra bernoise, seperti pada region 02₂₅₆, 014₁₂₈, 023₁₂₈ dan 041₁₂₈, nilai kontras tinggi menyatakan tingkat ketajaman yang baik, tidak blur sehingga tepi citra

dapat dengan mudah dikenali, seperti pada region 01₂₅₆, 02₂₅₆, 04₂₅₆, 014₁₂₈, 021₁₂₈, 023₁₂₈, 024₁₂₈ dan 041₁₂₈.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa karakteristik citra dapat ditentukan berdasarkan pada nilai entropi dan kontras citra. Proses regionisasi yang sesuai dapat membantu mengidentifikasi karakteristik citra secara lebih detail.

Berdasarkan pada hasil analisis karakteristik citra inilah dapat membuka peluang penelitian lanjutan dalam mengembangkan tahap pendeteksian tepi yang adaptif.

Daftar Rujukan

- [1] E. Bourennane, P. Gouton, M. Paindavoine, F. Truchetet, "Generalization Of Canny – Deriche Filter For Detection Of Noisy Exponential Edge", *Signal Processing*, vol. 82, no. 10, pp. 1317–1328, 2002.
- [2] P. Zhou, Ye, W., & Wang, Q., "An Improved Canny Algorithm for Edge Detection", *Journal of Computational Information Systems*, vol. 7, no. 5, pp. 1516-1523, 2011.
- [3] C. Bustacara-Medina, Leonardo Florez-Valencia, Luis Carlos Diaz, "Improved Canny Edge Detector Using Principal Curvatures", *Journal of Electrical and Electronic Engineering*, vol. 8, no. 4, pp. 109-116, 2020.
- [4] J. Canny, "A Computational Approach To Edge Detection", *IEEE on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 8, pp. 679-698, 1986.
- [5] G. Farneback, and Carl-Fredrik Westin, 2006. "Improving Deriche-style Recursive Gaussian Filters", *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, vol. 26, pp. 293-299, 2006.
- [6] R. Deriche, "Using Canny's Criteria To Derive A Recursively Implemented Optimal Edge Detector", *Computer Vision*, vol. 1, no. 2, pp. 167-187, 1987.
- [7] R.C. Gonzalez, R.E.Woods, dan S.L. Eddins, *Digital Image Processing using MATLAB*. Pearson Education, 2004.
- [8] P. Gouton, Hayet Laggoune, R. K. Kouassi, and Michel Paindavoine, "Ridge-line optimal detector", *Optical Engineering*, vol. 39, no. 6, pp. 1602-1611, 2000.
- [9] M. Lievin, F. Luthon, E. Keeve, "Entropic Estimation of Noise for Medical Volume Restoration", *International Conference on Pattern Recognition*, vol 3, pp. 30871, 2002.
- [10] S. Pyatykh, Hesser J, Zheng L, "Image noise level estimation by principal component analysis". *IEEE Trans Image Process*, vol. 22, no. 2, pp.687-699, 2013.
- [11] P. Fu, Changyang Li, Yong Xia, Zexuan Ji, Quansen Sun, Weidong Cai, David Dagan Feng, "Adaptive noise estimation from highly textured hyperspectral images", *Appl. Opt.* Vol.53, no.30, pp.7059-7071, October 2014.
- [12] S. Madenda, R. Missaoui, J. Vaillancourt and M. Paindavoine, "An Enhanced Detector of Blurred and Noisy Edges", *Signal Processing for Image Enhancement and Multimedia Processing*, pp. 127-140, 2008.
- [13] R. Munir, 2004. *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Penerbit Informatika Bandung.
- [14] R. Dorothy, R.M. Joany, R. Joseph Rathish, S. Prabha, S. Rajendran, "Image enhancement by Histogram Equalization", *International Journal of Nano Corrosion Science and Engineering*, vol. 2, pp. 21-30, 2015.
- [15] H. Budi, dan Veronica Lusiana, "Analisa Teknik Adaptive Histogram Equalization dan Contrast Stretching untuk Perbaikan Kualitas Citra", *Jurnal Teknologi Informasi Dinamik*, vol. 19, no. 1, pp 1-10, 2014.