

IMPLEMENTASI METODE MARR-HILDERTH OPERATOR UNTUK MENDETEKSI TEPI CITRA IKONOS

Yusman Zalukhu, Hery Sunandar, Rivalri Kristianto Hondro

Program Studi Teknik Informatika, STMIK Budi Darma, Medan, Indonesia
Email: ¹yusmanzalukhu94@gmail.com, ²herysunandar@gmail.com, ³rivalryhondro@gmail.com

Abstrak

Citra Ikonos adalah citra satelit yang memiliki resolusi spasial tinggi dengan ketelitian piksel satu meter untuk pankromatik dan empat meter untuk multispektral. Citra ikonos sering digunakan untuk proses memetakan, melihat, mengukur serta memonitoring bidang pekerjaan/aktivitas di bumi. Citra ikonos dalam hal ini pemerintah sering menggunakannya citra tersebut untuk hal keamanan nasional seperti penilaian terhadap terjadinya bencana, perencanaan kota, perencanaan tambang eksplorasi mineral dan pemantauan pertanian, dan lain-lain. Citra digital hasil pencitraan jarak jauh dengan menggunakan satelit sering terdapat gangguan berupa distorsi cahaya, noise maupun gangguan lainnya yang menyebabkan objek pada citra kurang jelas ataupun kabur. Pada penelitian ini pembahasan yang dilakukan adalah mengetahui proses deteksi pada citra dengan menghitung selisih antara dua buah titik yang bertetanggan, dan sekaligus melakukan proses smoothing dan thresholding pada citra ikonos. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Marr-Hildreth. Selain itu juga proses yang dilakukan pada penelitian ini adalah melakukan pengujian terhadap metode Marr-Hildreth, dimana dapat diimplementasikan untuk memperbaiki objek kabur pada citra ikonos. Hasil dari penelitian ini adalah menghasilkan citra ikonos dengan tampilan objek yang jelas dengan menerapkan metode Marr-Hildreth dan diuji menggunakan aplikasi matlab versi 7.8 (r2009a).

Kata kunci: Citra Ikonos, Pengolahan Citra, Metode Marr-Hildreth, Matlab 7.8

Abstract

Ikonos imagery is a satellite image that has high spatial resolution with an accuracy of one meter pixels for panchromatic and four meters to multispektral. Ikonos imagery is often used to map the process, view, measure and memonitoring areas of work/activities on the Earth. Ikonos image of Government also often use it for things like national security evaluation against the occurrence of the disaster, city planning, mineral exploration and mine planning monitoring of agriculture, and others. Image digital imaging results over long distances using satellite is often there are disturbances in the form of light distortion, noise or other distractions that cause the object on the image less obvious or obscure. This discussion on the research being done is knowing the process of detection on image by calculating the difference between two dots are bertetanggan, and is in the process of smoothing and thresholding on image ikonos. The methods used in this research is a method of Marr-Hildreth. In addition, a process that is done on this research is conducting a testing method against Marr-Hildreth, which can be implemented to fix the blurry objects on images ikonos. The results of this research is to generate image ikonos with display clear object with the menerapkan method of the Marr-Hildreth and tested using the matlab application version 7.8 (r2009a).

Keywords: Ikonos image, image processing, method of Marr-Hildreth, Matlab 7.8

1. PENDAHULUAN

Berbagi informasi kepada orang lain bukan hanya direpresentasikan dalam teks yang disusun menjadi kalimat yang berisi informasi, namun dengan menggunakan citra atau gambar juga dapat digunakan untuk merepresentasikan suatu informasi kepada orang lain. Untuk mendapatkan informasi dari citra atau gambar tentu perlu dipastikan citra tersebut memberikan tampilan yang jelas sehingga memudahkan pengguna mendapatkan informasi. Pengolahan citra adalah merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memperbaiki citra atau gambar dengan cara memanipulasi data gambar yang memiliki masalah (noise). Citra atau gambar digital yang dihasilkan dari alat pencitraan jarak jauh, akan menghasilkan distorsi cahaya, noise maupun gangguan lainnya yang mengakibatkan objek pada citra kurang jelas atau kabur. Salah satu citra yang dihasilkan dari pencitraan jarak jauh adalah citra ikonos. Citra ikonos adalah citra yang dihasilkan dari satelit yang memiliki nilai resolusi spasi yang sangat tinggi dengan nilai kepadatan piksel satu meter untuk proses pankromatik dengan nilai multispektral sebesar empat meter. Citra ikonos memiliki kelemahan dengan kejelasan pinggir objek yang tidak cukup jelas bahkan memiliki nilai kekaburan yang sangat besar, sehingga pengguna susah menentukan batasan bojek yang ada pada gambar tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan proses pengolahan citra. Salah satu teknik pengolahan citra adalah deteksi tepi (edge detection). Deteksi tepi adalah kegiatan untuk meningkatkan

penampakan garis batas suatu objek dalam sebuah citra atau gambar. Citra ikonos dalam hal ini pemerintah sering menggunakannya citra tersebut untuk hal keamanan nasional seperti penilai terhadap terjadinya bencana, perencanaan kota, perencanaan tambang eksplorasi mineral dan pemantauan pertanian, dan lain-lain.

Pada penelitian ini pembahasan yang dilakukan adalah mengetahui proses deteksi pada citra dengan menghitung selisih antara dua buah titik yang bertetanggan, dan sekaligus melakukan proses smoothing dan thresholding pada citra ikonos. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Marr-Hildreth. Selain itu juga proses yang dilakukan pada penelitian ini adalah melakukan pengujian terhadap metode Marr-Hildreth, dimana dapat diimplementasikan untuk memperbaiki objek kabur pada citra ikonos. Pada penelitian K. J. Pithadiya, C. K. Modi, and J. D. Chauhan, yang berjudul "Comparison of optimal edge detection algorithms for liquid level inspection in bottles," Dalam tulisan ini Pithadiya menjelaskan beberapa teknik Deteksi pinggir optimal, digunakan untuk memeriksa di atas dan di bawah mengisi cair tingkat botol di sistem visi mesin dibandingkan. Teks ini menunjukkan langkah-langkah dan pendekatan untuk pemeriksaan atas dan di bawah tingkat penuh dalam botol yang tidak hanya akan membantu untuk inspeksi kualitas tetapi dalam precised waktu, juga menggunakan teknik deteksi tepi berbeda. Hasil algoritma Deteksi pinggir optimal yang berbeda seperti LoG Marr-Hildreth algoritma, Canny algoritma dan Shen Castan algoritma yang ditemukan untuk menjadi jauh lebih baik daripada metode tradisional berbasis template seperti Sobel dan Kirsch operator [1]. Analisis Intensitas Metode Pendeteksian Tepi Marr-Hildreth Operator merupakan salah satu bentuk operator yang menggunakan turunan kedua. Tanda turunan kedua digunakan untuk menentukan apakah tepi tersebut ada sisi gelap atau sisi terang dari suatu tepi. Jika negatif, berarti ada sisi terang dan jika positif maka titik tersebut berada disisi gelap [2].

Hasil dari penelitian ini adalah menghasilkan citra ikonos dengan tampilan objek yang jelas dengan menerapkan metode Marr-Hildreth yang telah melalui proses pengujian metode menggunakan aplikasi matlab versi 7.8 (r2009a).

2. KERANGKA TEORI

Defensi Citra

Citra Ikonos adalah citra satelit yang memiliki resolusi spasial tinggi dengan ketelitian piksel satu meter untuk pankromatik dan empat meter untuk multispektral. Spesifikasi ini memberikan citra ikonos kemampuan merekam obyek sebesar satu meter. Oleh karena itu, penggunaan citra Ikonos untuk mengidentifikasi obyek Pajak Bumi dan bangunan (PBB) sangat dimungkinkan. Untuk mengetahui kemampuan citra Ikonos dalam identifikasi objek Pajak Bumi dan Bangunan (PBB) dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui tingkat ketelitian interpretasi citra Ikonos untuk identifikasi objek PBB, memetakan obyek PBB berdasarkan hasil interpretasi citra Ikonos, dan mengevaluasi Peta Blok dari hasil survey lapangan menggunakan peta hasil interpretasi citra Ikonos [3].

Citra Ikonos

Citra Ikonos adalah citra satelit yang memiliki resolusi spasial tinggi dengan ketelitian piksel satu meter untuk pankromatik dan empat meter untuk multispektral. Spesifikasi ini memberikan citra ikonos kemampuan merekam obyek sebesar satu meter. Oleh karena itu, penggunaan citra Ikonos untuk mengidentifikasi obyek Pajak Bumi dan bangunan (PBB) sangat dimungkinkan. Untuk mengetahui kemampuan citra Ikonos dalam identifikasi objek Pajak Bumi dan Bangunan (PBB) dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui tingkat ketelitian interpretasi citra Ikonos untuk identifikasi objek PBB, memetakan obyek PBB berdasarkan hasil interpretasi citra Ikonos, dan mengevaluasi Peta Blok dari hasil survey lapangan menggunakan peta hasil interpretasi citra Ikonos [4].

Marr-Hildreth Operator

Marr-Hildreth Operator merupakan salah satu bentuk operator yang menggunakan turunan kedua. Tanda turunan kedua digunakan untuk apakah tepi tersebut ada di sisi gelap atau di sisi terang dari suatu tepi. Jika negatif, berarti ada di sisi terang. Dan jika positif maka titik tersebut berada di sisi gelap.[1]

Catatan tentang sifat tambahan dari turunan kedua disekitar:

1. Turunan kedua menghasilkan dua nilai untuk tepi dari sebuah citra.
2. Dapat dibayangkan bahwa sebuah garis lurus menggabungkan nilai turunan kedua positif dan negatif yang akan memotong nol di titik tengah tepinya. Sifat zero-crossing dari turunan kedua berguna untuk menentukan lokasi pusat tepi yang tebal.

Metode Marr-Hildreth Operator merupakan metode yang paling populer dan metode yang paling sederhana untuk memadukan dua macam citra yang berbeda resolusi spasial. Transformasi brovey mengubah nilai spektral asli pada setiap saluran multispektral, misalnya saluran Merah berkode (M), Hijau (H) dan Biru (B), menjadi saluran-saluran baru (MP, HP, BP) yang masing-masing telah diperinci secara spasial oleh citra pankromatik (P) dan dinormalisasi nilai kecerahannya dengan pertimbangankan nilai-nilai pada saluran lainnya sehingga akan meningkatkan komponen intensitas dari citra hasil fusi tersebut.

$$\text{Saluran_MP} = \left(\frac{\text{saluran_M}}{\text{saluran_M} + \text{saluran_H} + \text{saluran_B}} \right) \times \text{Saluran_P}$$

$$\text{Saluran_HP} = \left(\frac{\text{saluran_H}}{\text{saluran_M} + \text{saluran_H} + \text{saluran_B}} \right) \times \text{Saluran_P}$$

$$\text{Saluran_BP} = \left(\frac{\text{saluran_B}}{\text{saluran_M} + \text{saluran_H} + \text{saluran_B}} \right) \times \text{Saluran_P}$$

Dimana:

MP = hasil fusi saluran merah.

HP = hasil fusi saluran hijau.

BP = hasil fusi saluran biru.

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisa proses yang dilakukan dengan metode Marr-Hildreth Operator adalah tiga langkah yaitu:

Langkah 1: Proses smoothing dengan menggunakan filter Gaussian

Langkah 2: Konvolusikan citra input dengan filter H

Langkah 3: Melakukan zero crossing untuk menandai transisi antara hitam dan putih

Berikut contoh penerapan metode Marr-Hildreth Operator:

Citra input yang digunakan pada contoh ini adalah citra satelit *GeoEye1* dengan resolusi spasial untuk citra multispektral 1,65 meter dan resolusi spasial untuk citra pankromatik 0,5 meter. Untuk menganalisa Tepi Citra dengan Metode Marr-Hildreth Operator maka harus diketahui nilai setiap *pixel* citra tersebut. Untuk mengetahui nilai *pixel* citra tersebut menggunakan bantuan *software* matlab versi 7.10.0.499 (R2010a). Untuk analisa ini yang digunakan hanya nilai *pixel* dari baris pertama sampai baris keenam dan dari kolom pertama sampai kolom keenam. Untuk citra input diatas dapat diperoleh skalanya sebagai berikut:

Skala citra multispektral = resolusi spasial citra multispektral x 2 x 1000

Skala citra multispektral = 1,65 m x 2 x 1000

Skala citra multispektral = 3300 atau 1:3300

Dari hasil perhitungan diatas maka citra multispektral dengan resolusi spasial 1,65 meter memiliki skala 1: 3300

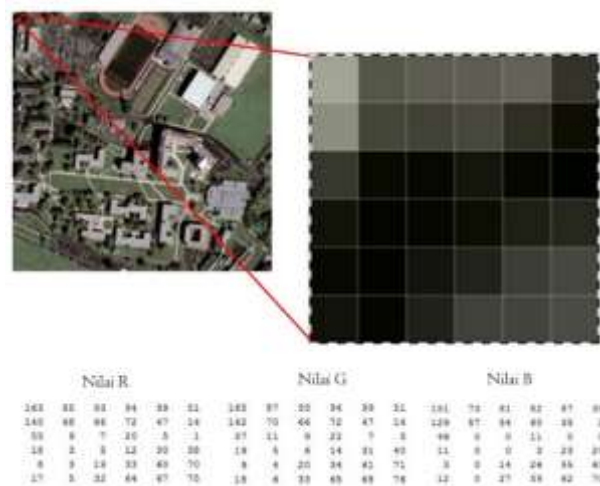
Skala citra pankromatik = resolusi spasial citra pankromatik x 2 x 1000

Skala citra pankromatik = 0,5 x 2 x 1000

Skala citra pankromatik = 1000 atau 1:1000

Dari hasil perhitungan diatas maka citra pankromatik dengan resolusi spasial 0,5 meter memiliki skala 1:1000

Input citra multispektral

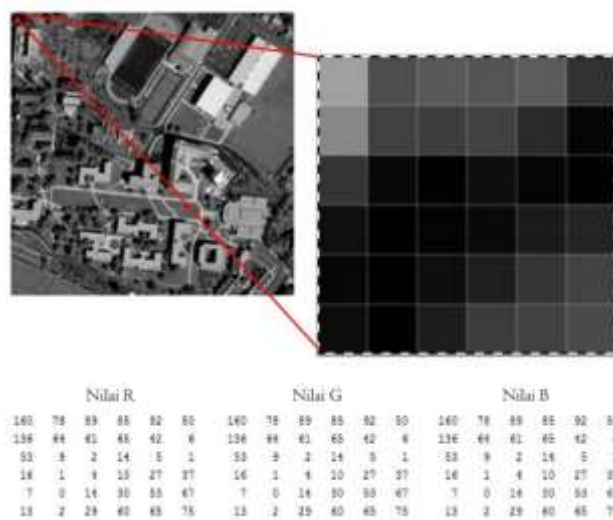


Gambar 1 Citra Ikonos dengan nilai *pixel* RGB

$$\text{Saluran_M} = \begin{bmatrix} 163 & 85 & 93 & 94 & 99 & 51 \\ 140 & 68 & 66 & 72 & 47 & 14 \\ 55 & 9 & 7 & 20 & 5 & 1 \\ 18 & 3 & 5 & 12 & 30 & 38 \\ 8 & 3 & 19 & 30 & 60 & 70 \\ 17 & 5 & 32 & 64 & 67 & 75 \end{bmatrix}$$

$$\text{Saluran_H} = \begin{bmatrix} 165 & 87 & 93 & 94 & 99 & 51 \\ 142 & 70 & 66 & 72 & 47 & 14 \\ 57 & 11 & 9 & 22 & 7 & 3 \\ 19 & 5 & 6 & 14 & 31 & 40 \\ 9 & 4 & 20 & 34 & 61 & 71 \\ 18 & 6 & 33 & 65 & 68 & 76 \end{bmatrix}$$

$$\text{Saluran}_B = \begin{bmatrix} 151 & 73 & 81 & 82 & 87 & 39 \\ 129 & 57 & 54 & 60 & 35 & 2 \\ 46 & 0 & 0 & 11 & 0 & 0 \\ 11 & 0 & 0 & 3 & 23 & 29 \\ 3 & 0 & 14 & 26 & 55 & 63 \\ 12 & 0 & 27 & 59 & 62 & 70 \end{bmatrix}$$



Gambar 2 Citra ikonos dengan nilai *pixel* grayscale

$$\text{Saluran}_P = \begin{bmatrix} 160 & 78 & 89 & 85 & 92 & 50 \\ 136 & 64 & 61 & 65 & 42 & 6 \\ 53 & 9 & 2 & 14 & 5 & 1 \\ 16 & 1 & 4 & 10 & 27 & 37 \\ 7 & 0 & 14 & 30 & 53 & 67 \\ 13 & 2 & 29 & 60 & 65 & 75 \end{bmatrix}$$

Berikut adalah langkah dalam mendapatkan tepi dengan menggunakan marr-hildert operator untuk citra input 6x6:

1. Proses smoothing dengan menggunakan filter gaussian :

$$\text{Saluran}_{MP} = \left(\frac{\text{saluran}_M}{\text{saluran}_M + \text{saluran}_H + \text{saluran}_B} \right) \times \text{Saluran}_P$$

$$= \left(\begin{bmatrix} 163 & 85 & 93 & 94 & 99 & 51 \\ 140 & 68 & 66 & 72 & 47 & 14 \\ 55 & 9 & 7 & 20 & 5 & 1 \\ 18 & 3 & 5 & 12 & 30 & 38 \\ 8 & 3 & 19 & 30 & 60 & 70 \\ 17 & 5 & 32 & 64 & 67 & 75 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 165 & 87 & 93 & 94 & 99 & 51 \\ 142 & 70 & 66 & 72 & 47 & 14 \\ 57 & 11 & 9 & 22 & 7 & 3 \\ 19 & 5 & 6 & 14 & 31 & 40 \\ 9 & 4 & 20 & 34 & 61 & 71 \\ 18 & 6 & 33 & 65 & 68 & 76 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 151 & 73 & 81 & 82 & 87 & 39 \\ 129 & 57 & 54 & 60 & 35 & 2 \\ 46 & 0 & 0 & 11 & 0 & 0 \\ 11 & 0 & 0 & 3 & 23 & 29 \\ 3 & 0 & 14 & 26 & 55 & 63 \\ 12 & 0 & 27 & 59 & 62 & 70 \end{bmatrix} \right) \times$$

$$= \begin{bmatrix} 0,315 & 0,297 & 0,303 & 0,303 & 0,305 & 0,276 \\ 0,313 & 0,292 & 0,290 & 0,250 & 0,271 & 0,066 \\ 0,291 & 0,000 & 0,000 & 0,207 & 0,000 & 0,000 \\ 0,229 & 0,000 & 0,000 & 0,096 & 0,273 & 0,271 \\ 0,150 & 0,000 & 0,264 & 0,288 & 0,312 & 0,308 \\ 0,255 & 0,000 & 0,329 & 0,313 & 0,314 & 0,316 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 160 & 78 & 89 & 85 & 92 & 50 \\ 136 & 64 & 61 & 65 & 42 & 6 \\ 53 & 9 & 2 & 14 & 5 & 1 \\ 16 & 1 & 4 & 10 & 27 & 37 \\ 7 & 0 & 14 & 30 & 53 & 67 \\ 13 & 2 & 29 & 60 & 65 & 75 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 50,40 & 23,16 & 26,96 & 25,75 & 28,06 & 13,80 \\ 42,56 & 18,68 & 17,69 & 16,25 & 11,38 & 0,396 \\ 15,42 & 0,000 & 0,000 & 2,898 & 0,000 & 0,000 \\ 3,664 & 0,000 & 0,000 & 0,960 & 7,371 & 10,02 \\ 1,050 & 0,000 & 3,696 & 8,640 & 16,53 & 20,63 \\ 3,315 & 0,000 & 9,541 & 18,78 & 20,41 & 23,70 \end{bmatrix}$$

Output:

$$\text{Saluran_MP} = \begin{bmatrix} 54 & 27 & 31 & 30 & 32 & 18 \\ 46 & 22 & 22 & 20 & 15 & 3 \\ 18 & 4 & 1 & 5 & 2 & 0 \\ 6 & 0 & 2 & 4 & 10 & 13 \\ 3 & 0 & 5 & 10 & 18 & 23 \\ 5 & 1 & 11 & 20 & 22 & 25 \end{bmatrix}$$

$$\text{Saluran_HP} = \begin{bmatrix} 55 & 28 & 31 & 30 & 32 & 18 \\ 47 & 23 & 22 & 20 & 15 & 3 \\ 19 & 5 & 1 & 6 & 3 & 1 \\ 6 & 1 & 2 & 4 & 10 & 14 \\ 3 & 0 & 5 & 11 & 18 & 23 \\ 5 & 1 & 12 & 21 & 22 & 26 \end{bmatrix}$$

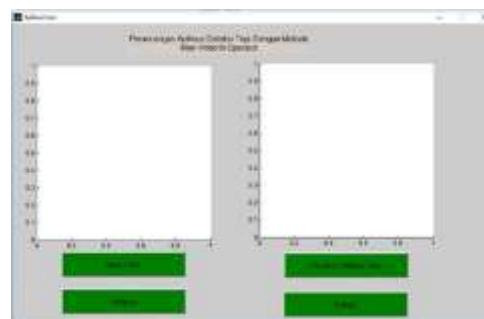
$$\text{Saluran_BP} = \begin{bmatrix} 50 & 23 & 27 & 26 & 28 & 14 \\ 43 & 19 & 18 & 16 & 11 & 0 \\ 15 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 1 & 7 & 10 \\ 1 & 0 & 4 & 9 & 16 & 21 \\ 3 & 0 & 10 & 19 & 20 & 24 \end{bmatrix}$$



Gambar 3. Citra output hasil deteksi tepi dengan metode marr-hilderth operator

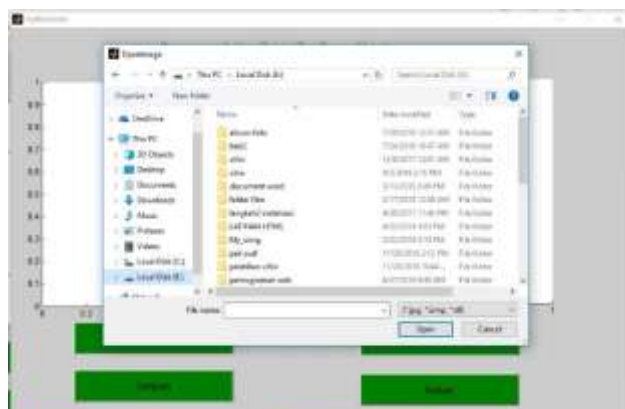
Hasil: Pengujian sistem yang dilakukan setelah perancangan sistem selesai, pengujian sistem yang dilakukan seperti gambar berikut:

1. Form utama



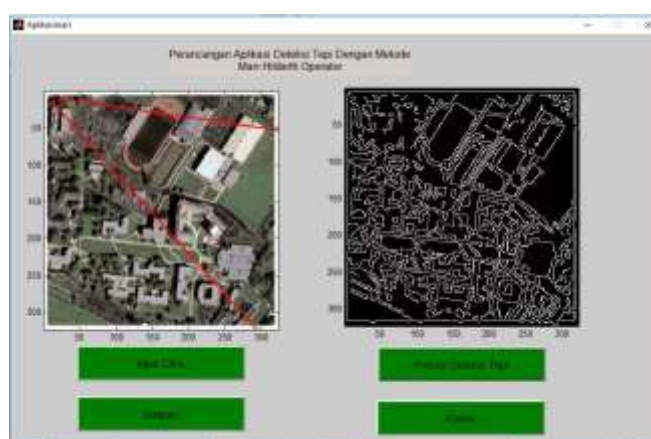
Gambar 4. Tampilan Awal Pengaksesan Citra

2. Menu Open



Gambar 5. Tampilan Form Explorer Pengaksesan Citra

3. Menu Proses Hasil



Gambar 6. Tampilan Form Hasil Proses Deteksi Tepi Citra

4. KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen yang dilakukan kesimpulan yang dihasilkan yaitu Mendeteksi tepi pada citra ikonos dengan menggunakan Metode Marr-Hildreth Operator untuk mengidentifikasi objek dan meningkatkan penampakan garis batas suatu objek didalam citra menghasilkan nilai pinggir yang sangat baik. Penerapan metode Marr-Hildreth Operator dengan menggunakan karnel 6x6 menghasilkan kepadatan piksel pinggir objek menjadi lebih jelas. Serta proses pengujian dengan menggunakan perangkat lunak matlab versi 7.8 (r2009a) membuat proses perhitungan lebih mudah.

5. REFERENSI

- [1] K. J. Pithadiya, C. K. Modi, and J. D. Chauhan, "Comparison of optimal edge detection algorithms for liquid level inspection in bottles," in 2009 2nd International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, ICETET 2009, 2009, pp. 447–452.
- [2] A. Sulistyohati, T. Hidayat, K. Kunci: Ginjal, S. Pakar, and M. Dempster-Shafer, "Aplikasi Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Ginjal Dengan Metode Dempster-Shafer," Semin. Nas. Apl. Teknol. Inf., vol. 2008, no. Snati, pp. 1907–5022, 2008.
- [3] D. W. Widodo, . K., and E. Boedijanto, "Perancangan Sistem Pakar Deteksi Dini Tumbuh Kembang Anak Berbasis Multimedia," Sisfotenika, vol. 4, no. 2, pp. 128–139, 2014.
- [4] B. Y. Dwiandiyanta, U. Atma, and J. Yogyakarta, "Pengembangan Aplikasi Deteksi Tepi Citra Medis menggunakan Operator Kompas Disusun oleh : Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri," 2011.
- [5] Y. G.H.L and Y. Melita, "Segmentasi Iris Mata Dengan Menggunakan Transformasi Hough," J. Ilm. Teknol. Inf. Asia, vol. 7, no. 2, 2013.
- [6] Sinaga ASRM, "Implemententasi Teknik Thresholding Pada Segmentasi Citra Digital," Mantik Penusa, vol. 1, pp. 48–51, 2017.
- [7] T. Zebua, R. K. Hondro, and E. Ndruru, "Message Security on Chat App based on Massey Omura Algorithm," Int. J. Inf. Syst. Technol., vol. 1, no. 2, pp. 16–23, 2018.

- [8] R. E. Wibowo, R. R. Isnanto, and A. A. Zahra, "Perbandingan Kinerja Operator Sobel dan Laplacian of Gaussian (LoG) Terhadap Acuan Canny untuk Mendeteksi Tepi Citra," *Transient*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2014.
- [9] I. D. Reja and A. J. Santoso, "Pengenalan Motif Sarung (Utan Maumere) Menggunakan Deteksi Tepi," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun. Terap.*, vol. 2013, no. November, pp. 161–168, 2013.
- [10] N. Effendy, R. Imanto, J. T. Fisika, F. Teknik, U. Gadjah, and J. S. Tiruan, "Deteksi Pornografi Pada Citra Digital Menggunakan Pengolahan Citra dan Jaringan Syaraf Tiruan," *Proc. Natl. Conf. Inf. Technol. Res.*, 2008.
- [11] D. Kurnianto, I. Soesanti, and H. A. Nugroho, "Deteksi Iris Berdasarkan Metode Black Hole dan Circle Curve Fitting," *J. Infotel*, vol. 5, no. 2, pp. 10–16, 2013.
- [12] R. I. SAA Bowo, A Hidayatno, "Analisis deteksi tepi untuk mengidentifikasi pola daun," Undergrad. thesis, Diponegoro Univ., pp. 1–7, 2011.
- [13] and N. K. A. W. Krisna Putra, Putu Teguh, "Pengolahan Citra Digital Deteksi Tepi Untuk Membandingkan Metode Sobel, Robert dan Canny," *MERPATI*, vol. 2, no. 2, pp. 253–261, 2014.
- [14] V. A. Dave and P. S. K. Hadia, "Liquid Level and Cap Closure United Inspection using Image Processing," *Int. J. Innov. Res. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 12, pp. 62–68, 2015.
- [15] M. Moganti and F. Ercal, "A Subpattern Level Inspection System for Printed Circuit Boards," *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 70, no. 1, pp. 51–62, 1998.
- [16] M. Yazdani, W. Fraczak, F. Welfeld, and I. Lambadaris, "Two level state machine architecture for content inspection engines," in *Proceedings - IEEE INFOCOM*, 2006.
- [17] A. Majumder, "Image processing algorithms for improved character recognition and components inspection," in *2009 World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing, NABIC 2009 - Proceedings*, 2009, pp. 531–536.