



Implementasi Algoritma Homogeneity Untuk Deteksi Tepi Pada Citra Pankromatik

Dedek Kumala Hakim

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Budi Darma, Medan, Indonesia

Email: dedekkh@gmail.com

Abstrak—Penginderaan jauh dengan citra pankromatik beresolusi tinggi memiliki peran penting dalam analisis spasial seperti pemetaan wilayah, perencanaan tata ruang, dan mitigasi bencana. Salah satu tahapan penting dalam pengolahan citra adalah deteksi tepi yang berfungsi untuk mempertegas batas objek seperti bangunan, jalan, dan sungai. Permasalahan yang sering muncul pada citra pankromatik adalah adanya noise, perbedaan kontras, serta kompleksitas data spasial yang menyebabkan metode deteksi tepi tradisional kurang optimal. Penelitian ini mengusulkan penggunaan algoritma Homogeneity sebagai solusi karena kesederhanaannya dalam perhitungan gradien. Algoritma ini bekerja dengan membandingkan nilai intensitas piksel pusat terhadap delapan tetangganya pada kernel 3x3, lalu memilih selisih maksimum untuk menentukan keberadaan tepi. Hasil implementasi pada citra sampel 5x5 menunjukkan bahwa nilai selisih yang besar merepresentasikan tepi, sedangkan nilai kecil menunjukkan daerah homogen. Penerapan lebih lanjut pada citra pankromatik berukuran 500x500 piksel menghasilkan visualisasi tepi yang jelas dan kontras, sehingga batas objek permukaan bumi dapat dikenali dengan lebih baik. Penelitian ini membuktikan bahwa algoritma Homogeneity mampu mengekstraksi tepi citra dengan cepat dan efektif, serta dapat dijadikan alternatif efisien dibandingkan metode konvolusi kompleks untuk aplikasi real-time penginderaan jauh.

Kata Kunci: Pendeteksian Tepi; Citra Pankromatik; Homogeneity

Abstract—Remote sensing with high-resolution panchromatic imagery plays an important role in spatial analysis such as regional mapping, spatial planning, and disaster mitigation. One important stage in image processing is edge detection, which serves to clarify the boundaries of objects such as buildings, roads, and rivers. Problems that often arise in panchromatic images are noise, contrast differences, and spatial data complexity, which cause traditional edge detection methods to be less than optimal. This study proposes the use of the Homogeneity algorithm as a solution due to its simplicity in gradient calculation. This algorithm works by comparing the intensity value of the central pixel to its eight neighbours in a 3x3 kernel, then selecting the maximum difference to determine the presence of edges. The results of implementation on a 5x5 sample image show that large difference values represent edges, while small values indicate homogeneous areas. Further application on a 500x500 pixel panchromatic image produces clear and contrasting edge visualisation, allowing for better recognition of surface object boundaries. This study proves that the Homogeneity algorithm is capable of extracting image edges quickly and effectively, and can be used as an efficient alternative to complex convolution methods for real-time remote sensing applications.

Keywords: Edge Detection; Panchromatic Image; Homogeneity

1. PENDAHULUAN

Penginderaan jauh menjadi teknologi penting dalam pemetaan wilayah di seluruh dunia karena mampu menampilkan permukaan bumi secara detail meskipun pada daerah yang sulit dijangkau [1][2]. Citra pankromatik beresolusi tinggi saat ini banyak digunakan untuk analisis perubahan tutupan lahan, urbanisasi, dan mitigasi bencana [3]. Dengan meningkatnya kebutuhan data spasial, kualitas segmentasi dan deteksi tepi menjadi sangat penting untuk interpretasi objek permukaan bumi [4]. Ketepatan deteksi tepi menentukan akurasi dalam ekstraksi informasi seperti bangunan, jalan, dan vegetasi[5]. Secara global, metode deteksi tepi terus dikembangkan agar mampu menangani kerumitan citra dengan tingkat kebisingan tinggi[6]. Edge detection pada citra pankromatik tidak hanya penting untuk penelitian lingkungan, namun juga untuk keperluan urban planning dan mitigasi bencana [7]. Tantangan global yang muncul adalah bagaimana metode deteksi tepi dapat menghasilkan akurasi tinggi pada citra beresolusi besar dan kompleks. Penelitian terbaru juga menunjukkan kebutuhan integrasi metode tradisional dengan pendekatan modern seperti wavelet atau CNN [8]. Oleh karena itu, isu global deteksi tepi dalam citra pankromatik menjadi salah satu tema penting dalam pengembangan teknologi penginderaan jauh.

Masalah utama dalam deteksi tepi pada citra pankromatik adalah adanya noise yang menyebabkan tepi objek sulit dikenali secara akurat. Ketika citra diambil dari satelit, gangguan atmosfer, variasi pencahayaan, dan resolusi tinggi sering menimbulkan kesulitan pada proses segmentasi. Hal ini membuat metode deteksi tepi tradisional seperti Sobel atau Prewitt sering tidak optimal. Selain itu, perbedaan tekstur dan kontras antar objek memperburuk hasil deteksi. Permasalahan lain adalah hasil deteksi tepi seringkali menghasilkan kontur ganda yang tidak merepresentasikan bentuk objek sebenarnya. Kondisi ini mengurangi efektivitas citra untuk keperluan interpretasi dan analisis spasial. Oleh karena itu, dibutuhkan metode yang lebih robust dan sederhana namun tetap efisien untuk mendeteksi tepi citra. Permasalahan inilah yang menjadi dasar penelitian ini, yaitu mencari algoritma deteksi tepi yang mampu mengatasi keterbatasan metode lama.

Penelitian sebelumnya banyak berfokus pada metode matematis kompleks, namun sering kali mengorbankan kecepatan komputasi. Untuk aplikasi real-time seperti pemetaan bencana, kecepatan menjadi faktor yang sangat penting [7]. Namun banyak algoritma yang membutuhkan komputasi tinggi sehingga sulit diterapkan pada data spasial besar [8]. Tantangan lainnya adalah bagaimana menyeimbangkan akurasi deteksi dengan efisiensi proses [3].



Oleh sebab itu, penelitian ini mencoba menyoroiti kebutuhan akan metode sederhana tetapi mampu menghasilkan hasil yang optimal [1].

Solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah penggunaan algoritma Homogeneity sebagai metode deteksi tepi citra pankromatik karena kesederhanaannya dalam perhitungan gradien[9]. Algoritma ini bekerja dengan menghitung perbedaan nilai intensitas piksel tengah dengan delapan tetangga sekitarnya dan mengambil nilai maksimum[10]. Dengan cara ini, tepi objek dapat teridentifikasi secara cepat tanpa memerlukan operasi matriks kompleks. Keunggulan lainnya adalah kemampuannya bekerja lebih efisien dibanding metode Prewitt yang berbasis konvolusi [3]. Algoritma Homogeneity juga relatif tahan terhadap variasi tekstur dan kontras yang sering muncul pada citra pankromatik [1]. Dalam konteks pemetaan, solusi ini memungkinkan pemrosesan cepat untuk mendukung aplikasi real-time seperti mitigasi bencana[11]. Oleh karena itu, algoritma Homogeneity dipandang sebagai solusi praktis sekaligus efektif[12].

Penelitian terdahulu berbasis CNN telah mulai digunakan untuk meningkatkan deteksi tepi pada citra resolusi sangat tinggi [8]. Meskipun memberikan hasil lebih akurat, metode ini memerlukan komputasi yang sangat tinggi sehingga kurang cocok untuk aplikasi cepat seperti pemetaan bencana[7]. Hal ini menunjukkan adanya celah penelitian dalam menemukan metode yang menyeimbangkan akurasi dan efisiensi [3].

GAP lain terlihat pada kurangnya penelitian yang secara khusus membandingkan algoritma Homogeneity dengan metode populer seperti Prewitt pada citra pankromatik [1]. Sebagian besar studi lebih banyak berfokus pada metode berbasis fuzzy atau wavelet, sehingga keunggulan algoritma Homogeneity dalam hal kesederhanaan dan kecepatan masih kurang dieksplorasi. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba mengisi kekosongan tersebut dengan melakukan analisis perbandingan secara sistematis antara Homogeneity dan Prewitt.

Tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis kinerja algoritma Homogeneity dalam mendeteksi tepi pada citra pankromatik penginderaan jauh. Dengan menguji berbagai nilai ambang (threshold), penelitian ini berusaha mengetahui keunggulan Homogeneity dibanding algoritma Prewitt dalam hal akurasi hasil citra [3]. Penelitian juga bertujuan mengevaluasi kualitas citra hasil deteksi tepi berdasarkan parameter MSE dan PSNR.

Selain itu, penelitian ini ingin memberikan kontribusi praktis bagi bidang pemetaan digital dengan menghadirkan metode deteksi tepi yang cepat dan efisien [1]. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat diaplikasikan dalam berbagai kebutuhan seperti pemetaan wilayah bencana, perencanaan tata ruang, dan analisis lingkungan. Selain kontribusi praktis, penelitian ini juga diharapkan mengisi kesenjangan akademis dengan membandingkan algoritma sederhana Homogeneity dengan metode klasik Prewitt yang masih banyak digunakan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Citra Digital

Citra digital adalah fungsi $f(x, y)$ berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y adalah koordinat spasial, dan amplitudo f di titik koordinat (x, y) dinamakan intensitas atau tingkat keabuan pada citra di titik tersebut dan nilai x, y serta nilai amplitudo f secara keseluruhan berhingga (finite) dan bernilai diskrit maka dapat dikatakan bahwa citra tersebut adalah citra digital[13][14].

2.2 Penginderaan Jauh

Menurut Lillesand dan Kiefer, Penginderaan jauh atau remote sensing adalah ilmu, seni, dan teknik untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena yang dikaji dan hasil bentukannya berupa cetak kertas atau data digital[15]. Proses analisis data meliputi pengujian data dengan menggunakan alat interpretasi, alat pengamatan dan komputer untuk menganalisis data sensor numerik[16]. Setelah dilakukan analisis, data dapat disajikan dalam bentuk tabel, peta atau laporan tertulis yang akan dimanfaatkan untuk proses pengambilan keputusan.

2.3 Deteksi Tepi

Deteksi tepi berfungsi untuk memperoleh tepi objek, deteksi tepi memanfaatkan perubahan nilai intensitas yang dratis pada batas dua area[17]. Defenisi tepi disini adalah himpunan piksel yang terhubung yang terletak pada batas dua area Perlu diketahui, tepi sesungguhnya mengandung informasi sangat penting, informasi yang diperoleh dapat berupa bentuk maupun ukuran objek[18].

Umumnya deteksi tepi menggunakan dua macam detector, yaitu detector baris (Hy), dan detector kolom (Hx). Beberapa contoh yang tergolong jenis ini adalah operator Roberts, prewit, Sobel, dan Frei-chen[17]. Deteksi tepi dapat dibagi menjadi dua golongan, golongan pertama disebut deteksi tepi orde pertama, yang bekerja dengan menggunakan turunan atau diferensial orde pertama. Termasuk kelompok ini adalah operator Roberts, prewit, dan Sobel. Golongan kedua dinamakan deteksi tepi orde kedua, yang menggunakan turunan orde kedua yang termasuk Laplacian of Gaussian (Log)[19].

2.4. Algoritma Homogeneity

Algoritma homogeneity[10][20] merupakan Deteksi tepi yang paling sederhana dan tercepat menentukan nilai maksimum dari serangkaian pengurangan nilai tengah piksel. Menghitung hasil pengurangan nilai tengah piksel dengan sisi piksel tetangga yakni 8 arah. Algoritma deteksi tepi yang populer adalah operator homogenitas yang mengurangi dari setiap nilai piksel di sekelilingnya dari piksel tengah. Operator homogenitas dapat dirumuskan sebagai berikut[21]:

$$H_p = \begin{cases} \text{Max}(\{|I_p - I_{Ni}| \mid i = 1 \dots 8\}) & \text{if } > \text{threshold} \\ \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

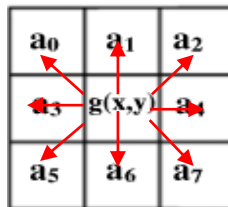
Dimana P adalah pixel tertentu yang akan kita hitung HP. Ni adalah daerah piksel P. Dalam persamaan ini, IP adalah intensitas pixel P. Threshold adalah angka antara 0 dan 255 yang dapat ditentukan oleh pengguna.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Deteksi tepi citra proses dimana suatu proses yang menghasilkan tepi-tepi dari objek-objek citra yang bertujuan untuk menandai bagian yang menjadi detail citra serta memperbaiki detail citra yang kabur sehingga dapat diterima oleh penglihatan manusia. Deteksi tepi dapat dilakukan dengan banyak metode atau algoritma. Pada aplikasi yang akan dirancang, deteksi tepi menggunakan algoritma Homogeneity. Citra yang digunakan pada pendeteksian tepi ini adalah citra pankromatik.

Deteksi tepi pada citra pankromatik proses untuk mencari perbedaan intensitas yang menyatakan batas-batas objek yang ada di dalam citra dengan latar belakang (Background) pada citra, sehingga membedakan dalam mengenali batasan daerah atau objek dalam keseluruhan objek citra. Tujuan deteksi tepi pada citra pankromatik untuk meningkatkan penampakan garis batas suatu daerah atau objek yang ada didalam citra tersebut.

Algoritma homogeneity merupakan deteksi tepi yang paling sederhana dan tercepat menentukan nilai maksimum dari serangkaian pengurangan nilai sisi tengah piksel. Menghitung hasil pengurangan nilai sisi tengah dari piksel dengan piksel tetangga yakni 8 arah. Pada algoritma homogeneity, nilai piksel citra dibagi kedalam matriks 3x3 yang kemudian nilai piksel pada posisi tengah dilakukan pengurangan terhadap masing-masing posisi disisi atas, bawah, kanan, kiri dan sisi diagonalnya. Hasil pengurangan masing-masing sisi kemudian diambil nilai maksimum untuk mendapatkan nilai gradien, maka didapatkan citra hasil deteksi tepi.

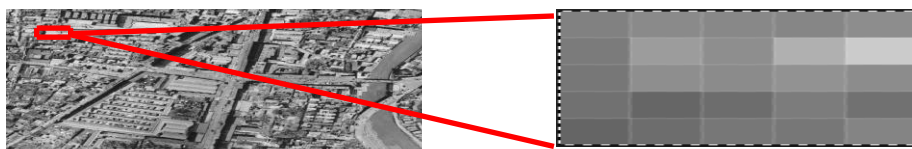


Gambar 1. Kernel 3x3 dengan Piksel Pusat dan Arah Perbedaan Intensitas pada Algoritma Homogeneity

Gambar 1 merupakan representasi kernel 3x3 dengan piksel pusat $g(x,y)$ dan delapan tetangga (a_0 – a_7) yang digunakan pada algoritma Homogeneity Edge Detection. Panah merah menunjukkan arah perhitungan selisih intensitas antara piksel pusat dengan setiap tetangganya, baik horizontal, vertikal, maupun diagonal. Prinsip kerja algoritma ini adalah membandingkan nilai $g(x,y)$ dengan delapan piksel di sekitarnya, lalu mengambil nilai selisih terbesar sebagai gradien untuk menentukan keberadaan tepi. Jika nilai selisih maksimum besar, maka piksel tersebut dianggap bagian dari tepi karena menandakan adanya perubahan intensitas yang signifikan, sedangkan jika kecil berarti daerah tersebut homogen atau seragam. Untuk Menghitung gradient, berikut perhitungannya.

$$G(x, y) = (g(x, y) - a_0), (g(x, y) - a_1), (g(x, y) - a_2), (g(x, y) - a_3), (g(x, y) - a_4), (g(x, y) - a_5), (g(x, y) - a_6), (g(x, y) - a_7)$$

Citra input yang digunakan untuk contoh ini diambil dari citra satelit penginderaan jauh. Untuk menganalisa deteksi tepi dengan algoritma *homogeneity* maka harus diketahui nilai dari setiap *pixel* citra tersebut. Untuk mengetahui nilai *pixel* citra tersebut menggunakan bantuan software matlab versi 6.1 Sebelum melakukan perhitungan menggunakan algoritma *homogeneity*. Citra pankromatik yang akan menjadi contoh dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Citra pankromatik

Citra Pankromatik pada Gambar 2 berukuran 500x500, dipotong menjadi ukuran resolusi 5x5 pixel sebagai sampel pengolahan data citra menggunakan algoritma *Homogeneity*. Dari citra diatas untuk menampilkan nilai piksel citra tersebut dengan menggunakan bantuan aplikasi matlab. Sehingga didapat nilai piksel citra diatas pada gambar 3 berikut.

	129	138	138	132	143
	123	157	139	177	203
	121	142	138	148	140
	113	102	107	119	122
	99	110	123	124	127

Gambar 3. Citra sampel dengan Nilai piksel citra 5x5

Gambar 3 menunjukkan citra sampel berukuran 5x5 piksel beserta nilai intensitas keabuan pada setiap pikselnya, yang diperoleh dari pemotongan sebagian kecil citra pankromatik untuk keperluan analisis deteksi tepi menggunakan algoritma Homogeneity. Nilai intensitas piksel bervariasi antara 99 hingga 203, di mana variasi ini mencerminkan perbedaan tingkat kecerahan dalam citra keabuan. Pada bagian citra dengan nilai piksel yang relatif mirip, area tersebut dianggap homogen atau seragam sehingga tidak membentuk tepi. Sebaliknya, perbedaan nilai yang cukup kontras, seperti pada piksel bernilai 177 dan 203 dibandingkan dengan tetangganya yang lebih rendah, akan teridentifikasi sebagai tepi karena menunjukkan perubahan intensitas yang tajam. Representasi numerik ini penting untuk menghitung gradien dengan mengurangi nilai piksel pusat terhadap delapan tetangganya, lalu menentukan nilai selisih terbesar untuk mendeteksi tepi secara akurat. Dengan demikian, tabel nilai piksel dalam citra 5x5 ini menjadi dasar dalam implementasi langkah-langkah perhitungan algoritma Homogeneity Edge Detection pada citra pankromatik. Adapun proses penerapan algoritma homogeneity adalah sebagai berikut. Untuk Menghitung gradient, menggunakan :

$$G(x, y) = g(x, y) - a0), g(x, y) - a1), g(x, y) - a2), g(x, y) - a3), g(x, y) - a4), g(x, y) - a5), g(x, y) - a6), g(x, y) - a7)$$

129	138	138	132	143
123	157	139	177	203
121	142	138	148	140
113	102	107	119	122
99	110	123	124	127

Gambar 4. Input citra

- Langkah 1 : Tempatkan *kernel* pada sudut kiri keatas, kemudian hitung nilai pixel pada posisi (2, 2) baris kali kolom dari *kernel*

129	138	138	132	143
123	157	139	177	203
121	142	138	148	140
113	102	107	119	122
99	110	123	124	127

$$G(x, y) = (157 - 129), (157 - 138), (157 - 138), (157 - 123), (157 - 157), (157 - 139), (157 - 121), (157 - 142), (157 - 138) = (28, 19, 19, 34, 0, 18, 36, 15, 19)$$

Adapun hasil Pengurangan dari permasalahan di atas menggunakan *Kernel/ mask* 3x3 nilai mask sebelumnya 157 menjadi titik mask yang baru dari hasil nilai pengurangan diambil nilai maksimumnya adalah 36.

- Langkah 2 : Geser *kernel* pada satu pixel ke kanan, kemudian hitung nilai pixel pada posisi (2, 3) dari *kernel*

129	138	138	132	143
123	157	139	177	203
121	142	138	148	140
113	102	107	119	122
99	110	123	124	127

$$G(x,y) = (139 - 138), (139 - 138), (139 - 132), (139 - 157), (139 - 139), (139 - 177), (139 - 142), (139 - 138), (139 - 148) = (1, 1, 7, -18, 0, -38, -3, 1, -9)$$

Adapun hasil Pengurangan dari permasalahan di atas menggunakan *Kernel/ mask* 3x3 nilai mask sebelumnya 139 menjadi titik mask yang baru dari hasil nilai pengurangan diambil nilai maksimumnya adalah 7 .

3. Langkah 3 : Geser *kernel* pada satu pixel ke kanan, kemudian hitung nilai pixel pada posisi (2, 4) dari *kernel*

129	138	138	132	143
123	157	139	177	203
121	142	138	148	140
113	102	107	119	122
99	110	123	124	127

$$G(x,y) = (177 - 138), (177 - 132), (177 - 143), (177 - 139), (177 - 177), (177 - 203), (177 - 138), (177 - 148), (177 - 140) = (39, 45, 34, 38, 0, -26, 39, 29, 37)$$

Adapun hasil Pengurangan dari permasalahan di atas menggunakan *Kernel/ mask* 3x3 nilai mask sebelumnya 177 menjadi titik mask yang baru dari hasil nilai pengurangan diambil nilai maksimumnya adalah 39.

4. Langkah 4 : Selanjutnya geser *kernel* pada satu pixel ke bawah, lalu mulai lagi melakukan konvolusi dari sisi kiri citra. kemudian hitung nilai pixel pada posisi (3, 2) dari *kernel*

129	138	138	132	143
123	157	139	177	203
121	142	138	148	140
113	102	107	119	122
99	110	123	124	127

$$G(x,y) = (142 - 123), (142 - 157), (142 - 139), (142 - 121), (142 - 142), (142 - 138), (142 - 113), (142 - 102), (142 - 107) = 19, -15, 3, 21, 0, 4, 29, 40, 35)$$

Adapun hasil Pengurangan dari permasalahan di atas menggunakan *Kernel/ mask* 3x3 nilai mask sebelumnya 142 menjadi titik mask yang baru dari hasil nilai pengurangan diambil nilai maksimumnya adalah 40.

5. Langkah 5 : geser *kernel* pada satu pixel ke kanan, kemudian hitung nilai pixel pada posisi (3, 3) dari *kernel*

129	138	138	132	143
123	157	139	177	203
121	142	138	148	140
113	102	107	119	122
99	110	123	124	127

$$G(x,y) = (138 - 157), (138 - 139), (138 - 177), (138 - 142), (138 - 138), (138 - 148), (138 - 102), (138 - 107), (138 - 119) = (-19, -1, -39, -4, 0, -10, 36, 31, 19)$$

Adapun hasil Pengurangan dari permasalahan di atas menggunakan *Kernel/ mask* 3x3 nilai mask sebelumnya 138 menjadi titik mask yang baru dari hasil nilai pengurangan diambil nilai maksimumnya adalah 36.

6. Langkah 6 : geser *kernel* pada satu pixel ke kanan, kemudian hitung nilai pixel pada posisi (3, 3) dari *kernel*

129	138	138	132	143
123	157	139	177	203
121	142	138	148	140
113	102	107	119	122
99	110	123	124	127

$$G(x,y) = (148 - 139), (148 - 177), (148 - 203), (148 - 138), (148 - 148), (148 - 140), (148 - 107), (148 - 119), (148 - 122) = (9, -29, -55, 10, 0, 8, 41, 29, 26)$$

Adapun hasil Pengurangan dari permasalahan di atas menggunakan *Kernel/ mask* 3x3 nilai mask sebelumnya 148 menjadi titik mask yang baru dari hasil nilai pengurangan diambil nilai maksimumnya adalah 41.

7. Langkah 7 : Selanjutnya geser *kernel* pada satu pixel ke bawah, lalu mulai lagi melakukan konvolusi dari sisi kiri citra. kemudian hitung nilai pixel pada posisi (4, 2) dari *kernel*

129	138	138	132	143
123	157	139	177	203
121	142	138	148	140
113	102	107	119	122
99	110	123	124	127

$$G(x, y) = (102 - 121), (102 - 142), (102 - 138), (102 - 113), (102 - 102), (102 - 107), (102 - 99), (102 - 110), (102 - 123) = (-19, -40, -36, -11, 0, -5, 3, -8, -21)$$

Adapun hasil Pengurangan dari permasalahan di atas menggunakan *Kernel/ mask* 3x3 nilai mask sebelumnya 102 menjadi titik mask yang baru dari hasil nilai pengurangan diambil nilai maksimumnya adalah 3.

8. Langkah 8 : geser *kernel* pada satu pixel ke kanan, kemudian hitung nilai pixel pada posisi (4, 3) dari *kernel*

129	138	138	132	143
123	157	139	177	203
121	142	138	148	140
113	102	107	119	122
99	110	123	124	127

$$G(x, y) = (107 - 142), (107 - 138), (107 - 148), (107 - 102), (107 - 107), (107 - 119), (107 - 110), (107 - 123), (107 - 124) = (-35, -31, -41, 5, 0, -12, -12, -3, -16, -17)$$

Adapun hasil Pengurangan dari permasalahan di atas menggunakan *Kernel/ mask* nilai mask sebelumnya 107 menjadi titik mask yang baru dari hasil nilai pengurangan diambil nilai maksimumnya adalah 5.

9. Langkah 9 : geser *kernel* pada satu pixel ke kanan, kemudian hitung nilai pixel pada posisi (4, 4) dari *kernel*

129	138	138	132	143
123	157	139	177	203
121	142	138	148	140
113	102	107	119	122
99	110	123	124	127

$$G(x, y) = (119 - 138), (119 - 148), (119 - 140), (119 - 107), (119 - 119), (119 - 122), (119 - 123), (119 - 124), (119 - 127) = (-19, -29, -21, 12, 0, -3, -4, -5, -8)$$

Adapun hasil Pengurangan dari permasalahan di atas menggunakan *Kernel/ mask* nilai mask sebelumnya 119 menjadi titik mask yang baru dari hasil nilai pengurangan maksimum adalah 12. Hasil perhitungan dengan menerapkan algoritma *homogeneity* untuk mendeteksi tepi citra pada citra pankromatik dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.

129	138	138	132	143
123	36	7	39	203
121	30	36	41	140
113	3	5	12	122
99	110	123	124	127

Gambar 5. Citra Hasil

Gambar 5 memperlihatkan hasil perhitungan deteksi tepi dengan algoritma Homogeneity pada citra sampel berukuran 5x5 piksel, di mana nilai hasil perhitungan gradien ditampilkan pada area yang dibatasi kotak merah. Nilai-nilai seperti 36, 39, 30, 41, 3, 5, dan 12 menunjukkan nilai selisih maksimum antara piksel pusat dengan

tetangganya pada matriks 3x3 sesuai prinsip homogeneity. Nilai yang besar, seperti 41 atau 39, menandakan adanya perbedaan intensitas yang signifikan sehingga piksel tersebut teridentifikasi sebagai tepi, sedangkan nilai yang kecil, seperti 3 atau 5, menunjukkan daerah homogen yang tidak dianggap sebagai tepi. Dengan demikian, gambar ini membuktikan bahwa algoritma Homogeneity mampu mengekstraksi batas-batas objek dengan cara sederhana namun efektif, yaitu menghitung perbedaan maksimum pada lingkungan lokal. Hasil ini menjadi representasi awal dari citra hasil deteksi tepi sebelum diaplikasikan pada ukuran citra pankromatik yang lebih besar. Adapun hasil pengolahan citra pankromatik menerapkan algoritma *homogeneity* dengan resolusi citra 500x500 piksel dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Citra Pankromatik 500x500 Piksel dan Hasil deteksi tepi

Gambar 6 menampilkan citra pankromatik berukuran 500x500 piksel (kiri) dan hasil deteksi tepi menggunakan algoritma Homogeneity (kanan), yang menunjukkan perbedaan signifikan antara citra asli dan citra hasil olahan. Pada citra asli, objek seperti bangunan, jalan, dan sungai tampak menyatu dalam gradasi keabuan yang terkadang sulit dibedakan batasnya, sedangkan pada citra hasil deteksi tepi, batas-batas objek terlihat lebih jelas karena perbedaan intensitas antar piksel telah diekstraksi menjadi garis tepi. Deteksi tepi ini mempertegas struktur spasial wilayah sehingga objek seperti gedung, jalan raya, serta aliran sungai dapat dikenali dengan lebih mudah. Nilai gradien maksimum dari perbandingan piksel pusat dan tetangganya menghasilkan garis batas yang kontras sehingga memperbaiki keterbacaan detail citra. Dengan demikian, penerapan algoritma Homogeneity pada citra pankromatik beresolusi tinggi terbukti efektif untuk memperjelas kontur objek permukaan bumi dan mendukung keperluan analisis spasial maupun pemetaan wilayah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan implementasi, dapat disimpulkan bahwa algoritma Homogeneity mampu mendeteksi tepi citra pankromatik secara efektif dengan metode sederhana dan cepat, yaitu melalui perhitungan selisih maksimum antara piksel pusat dengan delapan tetangganya. Hasil pengolahan menunjukkan bahwa batas-batas objek seperti bangunan, jalan, dan sungai pada citra pankromatik dapat terlihat lebih jelas setelah proses deteksi tepi dibandingkan citra aslinya, sehingga mempermudah dalam identifikasi serta pemetaan objek. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan keterbacaan detail citra, tetapi juga memberikan efisiensi komputasi karena prosesnya lebih ringan dibandingkan metode berbasis konvolusi kompleks. Dengan demikian, algoritma Homogeneity dapat dijadikan alternatif yang andal dalam pengolahan citra digital, khususnya untuk keperluan analisis spasial dan pemetaan berbasis citra penginderaan jauh.

REFERENCES

- [1] Y.-M. Tan, J.-Z. Huai, dan Z.-S. Tang, "An object-oriented remote sensing image segmentation approach based on edge detection," *Guang pu xue yu Guang pu fen xi= Guang pu*, vol. 30, no. 6, hal. 1624–1627, 2010, [Daring]. Tersedia pada: <https://europemc.org/article/med/20707163>
- [2] X. Shen, Y. Guo, dan J. Cao, "Object-based multiscale segmentation incorporating texture and edge features of high-resolution remote sensing images," *PeerJ. Computer science*, vol. 9. College of Big Data and Internet, Shenzhen Technology University, Shenzhen, China., hal. e1290, 2023. doi: <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1290>.
- [3] M. Peng dan S. Li, "Evaluation of edge detection for panchromatic remote sensing image based on ROC curve," in *MIPPR 2007: Remote Sensing and GIS Data Processing and Applications; and Innovative Multispectral Technology and Applications*, 2007, vol. 6790, hal. 619–626. doi: <https://doi.org/10.1117/12.750499>.
- [4] Y. Wang, X. Li, W. Zhang, dan L. Zhang, "Building extraction of urban area from high resolution remotely sensed panchromatic data of urban area," in *Geoinformatics 2008 and Joint Conference on GIS and Built Environment: The Built Environment and Its Dynamics*, Nov 2008, vol. 7144, hal. 71441E. doi: 10.1117/12.812745.
- [5] L. Xia, X. Zhang, J. Zhang, H. Yang, dan T. Chen, "Building extraction from very-high-resolution remote sensing images using semi-supervised semantic edge detection," *Remote Sens.*, vol. 13, no. 11, hal. 2187, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/rs13112187>.
- [6] B. Guo, J. Zhang, dan X. Li, "River extraction method of remote sensing image based on edge feature fusion,"



IEEE Access, vol. 11, hal. 73340–73351, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3296641.

- [7] H. Zhang, K. Zhang, F. Wang, dan W. Qian, “Edge detection algorithm for noisy remote sensing image using directional filter,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2023, vol. 2478, no. 6, hal. 1–9. doi: 10.1088/1742-6596/2478/6/062018.
- [8] D. Prabhakar dan P. K. Garg, “Building Edge Detection from Very High-Resolution Remote Sensing Imagery Using Deep Learning,” *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. 48, hal. 189–196, 2023, doi: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-3-2023-189-2023>.
- [9] Y. Liao *et al.*, “A two-stage mutual fusion network for multispectral and panchromatic image classification,” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 60, hal. 1–18, 2022, doi: 10.1109/TGRS.2022.3222458.
- [10] Y. Zhao, C. Xian, G. Wen, P. Huang, dan W. Ren, “Design of distributed event-triggered average tracking algorithms for homogeneous and heterogeneous multiagent systems,” *IEEE Trans. Automat. Contr.*, vol. 67, no. 3, hal. 1269–1284, 2021, doi: 10.1109/TAC.2021.3060714.
- [11] M. I. Alhari, H. Nuraliza, dan A. A. N. Fajrillah, “Implementasi Aplikasi Smart City Pada Management Informasi Mitigasi Bencana Kekeringan,” *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 16, no. 1, hal. 9–18, 2022, doi: <https://doi.org/10.32815/jitika.v16i1.654>.
- [12] R. Yan *et al.*, “Label-efficient self-supervised federated learning for tackling data heterogeneity in medical imaging,” *IEEE Trans. Med. Imaging*, vol. 42, no. 7, hal. 1932–1943, 2023, doi: 10.1109/TMI.2022.3233574.
- [13] R. Archana dan P. S. E. Jeevaraj, “Deep learning models for digital image processing: a review,” *Artif. Intell. Rev.*, vol. 57, no. 1, hal. 11, 2024, doi: <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10631-z>.
- [14] F. G. Cunha, T. G. Santos, dan J. Xavier, “In situ monitoring of additive manufacturing using digital image correlation: a review,” *Materials (Basel)*, vol. 14, no. 6, hal. 1–22, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/ma14061511>.
- [15] S. D. Rahmawati dan D. Apriyanti, “Klasifikasi Area Vegetasi dan Non Vegetasi pada Citra Sentinel-2 Menggunakan Metode EVI dengan Google Earth Engine (Studi Kasus: Kabupaten Klaten),” *J. Ilm. Geomatika*, vol. 3, no. 1, hal. 1–13, 2023, doi: <https://doi.org/10.31315/imagi.v3i1.7484>.
- [16] A. A. G. Ekayana, “Implementasi Dan Analisis Data Logger Sensor Temperature Menggunakan Web Server Berbasis Embedded System,” *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 17, no. 1, hal. 64–74, 2020, doi: <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v17i1.22411>.
- [17] H. Pangaribuan dan S. Sitohang, “Peningkatan Kualitas Deteksi Tepi dengan Metode Segmentasi Citra,” *REMIK Ris. dan E-Jurnal Manaj. Inform. Komput.*, vol. 7, no. 1, hal. 591–601, 2023, doi: 10.33395/remik.v7i1.12050.
- [18] P. E. Debevec, C. J. Taylor, dan J. Malik, “Modeling and rendering architecture from photographs: A hybrid geometry-and image-based approach,” in *Seminal Graphics Papers: Pushing the Boundaries, Volume 2*, 2023, hal. 465–474. doi: <https://doi.org/10.1145/3596711.3596761>.
- [19] H. Rayra, Y. Yassir, dan R. Rachmawati, “Penggunaan Koreksi Gamma Dengan Metode Robert, Prewitt, Dan Sobel Untuk Penyempurnaan Gambar Pada Citra Dalam Air,” *J. TEKTR0*, vol. 7, no. 1, hal. 65–71, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.30811/tektro.v7i1.3863>.
- [20] M. T. Ramakrishna, V. K. Venkatesan, I. Izonin, M. Havryliuk, dan C. R. Bhat, “Homogeneous adaboost ensemble machine learning algorithms with reduced entropy on balanced data,” *Entropy*, vol. 25, no. 2, hal. 2–13, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/e25020245>.
- [21] R. Sianturi, “Uji homogenitas sebagai syarat pengujian analisis,” *J. Pendidikan, Sains Sos. Dan Agama*, vol. 8, no. 1, hal. 386–397, 2022, doi: <https://doi.org/10.53565/pssa.v8i1.507>.