



Segmentasi Citra Spektrum Menggunakan Algoritma Region Growing

Riccy Erwandy Marbun

Program Studi Teknik Informatika, Universitas BUDI DARMA, Medan, Indonesia

Email: milyani209@gmail.com

Abstrak—Segmentasi citra merupakan proses yang ditunjukkan untuk mendapatkan objek-objek yang terkandung didalam citra atau membagi citra kedalam beberapa daerah dengan setiap objek atau daerah memiliki kemiripan atributsi. Algoritma Region growing merupakan sebuah prosedur yang mengelompokkan piksel-piksel atau subwilayah menjadi wilayah yang lebih besar berdasarkan kriteria yang sudah didefenisikan pendekatan dasarnya dimulai dari himpunan titik awal, kemudian wilayah diperbesar dengan menambahkan setiap titik piksel tetangga yang mempunyai sifat mirip dengan titik tersebut misalnya range sfesifikasi intensitas atau warna. Tujuan segmentasi berbasis wilayah (region) yaitu mebagi sebuah gambar menjadi beberapa wilayah, hal ini dilakukan dengan cara mengelompokkan bagian-bagian citra yang memiliki karakteristik yang sama berupa perubahan warna antara titik yang berdekatan. Penerapan algoritma Region Growing dapat digunakan dalam menganalisa segmentasi Citra spektrum Inframerah dalam pendeteksian tepi citra berdasarkan wilayah pertumbuhan dengan proses segmentasi citra dengan menggunakan algoritma Region Growing.

Kata Kunci: Segmentasi; Citra Spektrum; Region Growing

Abstract—Image segmentation is a process shown to get the objects contained in the image or to divide the image into several areas with each object or area having similar attributes. The Region growing algorithm is a procedure that groups pixels or sub-regions into larger areas based on defined criteria. The basic approach starts from the set of starting points, then the area is enlarged by adding each neighboring pixel point that has similar properties to that point, for example the range specification intensity or color. The purpose of region-based segmentation (region) is to divide an image into several regions, this is done by grouping parts of the image that have the same characteristics in the form of color changes between adjacent points. The application of the Region Growing algorithm can be used in analyzing the segmentation of Infrared Spectrum Image in detecting image edges based on the growth area with the image segmentation process using the Region Growing algorithm.

Keywords: Segmentation; Image Spectrum; Region Growing

1. PENDAHULUAN

Segmentasi pada pengolahan citra berbasis komputer adalah proses memisahkan wilayah (*region*) objek dengan wilayah latar belakang. Hal ini agar objek mudah dianalisis dalam rangka mengenali objek yang banyak melibatkan persepsi visual. Proses segmentasi citra merupakan tahapan penting dalam proses pengenalan pola. Setelah objek berhasil tersegmentasi, maka dapat dilakukan proses ekstraksi ciri citra yang bertujuan untuk mengekstrak ciri dari suatu objek yang satu dengan objek lainnya.

Citra Spektrum lebih dikenal pada teknologi kartografi. Kartografi adalah ilmu peta permukaan bumi. Kartografi modren didasarkan pada kombinasi pengamatan tanah dan penginderaan jauh. Penggunaan pertama kata spektrum dalam ilmu alam adalah di bidang optik untuk menggambarkan pelangi warna dalam cahaya tampak ketika cahaya tersebut terdispersi oleh sebuah prisma, dan sejak itu diterapkan sebagai analogi di berbagai bidang lain. Istilah spektrum banyak diterapkan untuk gelombang-gelombang lain, seperti gelombang suara, dan sekarang diterapkan untuk semua sinyal yang dapat diuraikan ke dalam komponen-komponen frekuensi. Sebuah spektrum biasanya adalah plot 2 dimensi dari sekumpulan sinyal, menggambarkan komponen-komponennya dengan ukuran lain. Kadang-kadang, kata spektrum merujuk pada kumpulan sinyal itu sendiri, seperti pada "spektrum cahaya tampak", yang merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat dikesani oleh mata manusia (T Sutoyo, 2009).

Kartografi digital dapat diartikan sebagai penggunaan teknologi komputer dalam ilmu kartografi. Pemetaan citra spektrum juga disebut kartografi digital dimana suatu kumpulan data dikompilasi dan diformat menjadi gambar spektrum. Fungsi utama dari teknologi ini adalah untuk menghasilkan peta yang memberikan representasi akurat dari daerah tertentu, merinci jalan utama dan tempat menarik lainnya.

Region growing merupakan sebuah prosedur yang mengelompokkan piksel-piksel atau subwilayah menjadi wilayah yang lebih besar berdasarkan kriteria yang sudah didefenisikan pendekatan dasarnya dimulai dari himpunan titik awal, kemudian wilayah diperbesar dengan menambahkan setiap titik piksel tetangga yang mempunyai sifat mirip dengan titik tersebut misalnya range sfesifikasi intensitas atau warna. Tujuan segmentasi berbasis wilayah (*region*) yaitu membagi sebuah gambar menjadi beberapa wilayah, hal ini dilakukan dengan cara mengelompokkan bagian-bagian citra yang memiliki karakteristik yang sama berupa perubahan warna antara titik yang berdekatan, nilai rata-rata, varian, dan standar deviasi (Nanda, Dari, & Ihsan, 2019; Panjaitan, 2020). Penelitian yang menggunakan algoritma *Region Growing* dengan tujuan pembahasan pengolahan citra juga dilakukan oleh Yasir Hasan, Ismail Saritas, and Huseyin Korkmaz. *Region Growing* telah diterapkan untuk Segmentasi *Region Growing* untuk Clahe membatasi sebaran region growing pada RGB citra digital.

Aminah Abdul Maleka, juga menyebutkan dalam penelitiannya yang berjudul "Segmentasi Wilayah dan Batas *Microcalcifications* menggunakan Region Growing Berbasis Benih dan Morfologi Matematika. Region Growing merupakan Penumbuhan wilayah berbasis benih (SBRG) melakukan segmentasi gambar sehubungan dengan suatu titik, yang dikenal sebagai benih dimulai dengan titik seed area akan tumbuh dengan menambahkan setiap pixel yang memiliki

pixel tetangga. Sifatnya mirip dengan benih Di daerah tumbuh segmentasi, yang pertama tujuannya adalah untuk menentukan titik benih awal. Titik benih awal untuk pertumbuhan wilayah dan pemilihannya sangat penting untuk hasil segmentasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Citra

Citra merupakan salah satu bentuk informasi yang diperlukan manusia selain teks, suara dan video. Informasi ini diperlukan bukan hanya untuk komunikasi antar manusia saja tetapi juga antara manusia dengan mesin. Informasi yang terkandung dalam sebuah citra dapat diinterpretasikan berbeda-beda oleh manusia satu dengan yang lain. Artinya, nilai informasi pada sebuah citra bersifat subyektif tergantung keperluan masing-masing manusia. Oleh karena itu diperlukan pengolahan citra untuk mendapatkan citra yang memiliki informasi yang dikehendaki (Darma, 2010; Prasetyo, 2011).

2.2 Citra Digital

Secara umum pengolahan citra digital menunjuk pada pemrosesan gambar dua dimensi (2D) menggunakan komputer. Dalam konteks yang lebih luas, pengolahan citra digital mengacu pada pemrosesan setiap data dua dimensi. Citra digital merupakan sebuah larik (*array*) yang berisi nilai-nilai real maupun kompleks yang direpresentasikan dengan deretan bit tertentu. Dalam tinjauan matematis merupakan fungsi kontinu dari intensitas cahaya pada citra digital bidang dua dimensi (T Sutoyo, 2009).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa pendeteksian tepi dilakukan pada citra spektrum dengan kualitas infrared, berikut spesifikasi objek citra infrared yang digunakan, sebagai berikut:



Gambar 1. Citra Satelit Spektrum Dengan Kualitas Inframerah

pada citra inframerah yang terlebih dahulu dicari nilai pixel RGB yang berukuran 15x21. Adapun skema alur implementasi algoritma yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

3.1 Analisa Kasus

Setelah gambar sampel selesai dirubah kedalam piksel maka terlebih dahulu melakukan seleksi bagian yang diinginkan. Pada penelitian ini piksel yang dibutuhkan untuk proses segmentasi citra berukuran 15x21 piksel. piksel ini nantinya akan dibagi kembali menjadi 3 warna yang berbeda seperti Merah, Hijau dan Biru. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
66	73	87	84	92	70	61	64	88	77	81	85	93	84	70
35	43	56	51	60	43	39	41	62	50	55	59	64	52	41
88	89	85	69	66	59	57	65	94	93	90	81	89	85	90
85	86	82	66	65	59	59	63	87	82	80	74	82	78	83
52	53	49	33	35	33	37	38	59	54	53	48	56	50	55
88	85	78	77	79	64	65	66	97	96	102	82	93	98	100
80	80	75	74	75	64	67	64	88	82	91	75	83	86	88
44	48	44	43	46	38	43	39	59	53	63	49	58	60	62
88	86	75	78	80	73	65	72	102	99	107	93	99	103	88
80	81	74	74	79	76	69	68	88	84	98	83	83	83	77
44	51	44	47	51	49	44	43	61	55	69	56	57	56	49
87	77	73	83	77	73	59	71	110	104	99	94	117	116	96
82	73	72	79	76	76	62	65	94	87	88	83	98	95	87
50	44	44	52	46	47	35	41	69	61	60	55	68	66	58
71	72	77	85	80	74	73	76	107	100	98	110	117	114	77
70	71	73	80	75	73	72	70	93	83	81	93	97	97	70
39	41	44	50	45	43	44	44	67	57	53	65	70	71	42
68	72	80	86	88	87	89	89	106	105	115	115	100	100	88
67	72	77	82	82	80	84	82	95	88	96	95	84	88	78

37	38	42	47	50	51	54	53	67	60	66	68	59	66	53
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Gambar 2. Posisi Pemotongan Gambar dengan Piksel 15x21

Selanjutnya memisah piksel yang telah ditentukan menjadi tiga warna yang berbeda yaitu Merah, Hijau dan Biru.

1. *Red Pixels*

Tabel 1. Nilai Piksel Warna Merah

65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
88	89	85	69	66	59	57	65	94	93	90	81	89	85	90
88	85	78	77	79	64	65	66	97	96	102	82	93	98	100
88	86	75	78	80	73	65	72	102	99	107	93	99	103	88
87	77	73	83	77	73	59	71	110	104	99	94	117	116	96
71	72	77	85	80	74	73	76	107	100	98	110	117	114	77
68	72	80	86	88	87	89	89	106	105	115	115	100	100	88

2. *Green Pixels*

Tabel 2. Nilai Piksel Warna Hijau

66	73	87	84	92	70	61	64	88	77	81	85	93	84	70
85	86	82	66	65	59	59	63	87	82	80	74	82	78	83
80	80	75	74	75	64	67	64	88	82	91	75	83	86	88
80	81	74	74	79	76	69	68	88	84	98	83	83	83	77
82	73	72	79	76	76	62	65	94	87	88	83	98	95	87
70	71	73	80	75	73	72	70	93	83	81	93	97	97	70
67	72	77	82	82	80	84	82	95	88	96	95	84	88	78

3. *Blue Pixels*

Tabel 3. Nilai Piksel Warna Hijau

35	43	56	51	60	43	39	41	62	50	55	59	64	52	41
52	53	49	33	35	33	37	38	59	54	53	48	56	50	55
44	48	44	43	46	38	43	39	59	53	63	49	58	60	62
44	51	44	47	51	49	44	43	61	55	69	56	57	56	49
50	44	44	52	46	47	35	41	69	61	60	55	68	66	58
39	41	44	50	45	43	44	44	67	57	53	65	70	71	42
37	38	42	47	50	51	54	53	67	60	66	68	59	66	53

Berdasarkan nilai piksel RGB pada tabel di atas yang telah dilakukan proses ekstraksi menjadi 3 bagian maka dilakukan proses pertumbuhan wilayah untuk mengetahui wilayah (*Region*)

3.2 Proses Region Growing

Dalam *Region Growing*, daerah awal yang terdiri dari satu titik benih mulai tumbuh secara iteratif dengan menambahkan lebih banyak piksel tetangga yang memenuhi beberapa yang telah ditentukan Kriteria. Kriteria ini dapat didasarkan pada intensitas, tekstur, atau informasi tepi. Awalnya, wilayah tersebut terdiri dari satu titik benih tunggal. Itu adalah $R_0 = \{(x^0, y^0)\}$ Kemudian saat iterasi, wilayah diberikan oleh persamaan $R_0 = \bigcup_{R_{i-1}} \{(x^0, y^0)\}$ if $|\mu_{R_{i-1}} - I(x, y)| < T$ Di mana T adalah ambang batas yang telah ditentukan, $I(x, y)$ adalah intensitas piksel kandidat (x,y) dan μ_R adalah intensitas rata-rata piksel di dalam wilayah R yang didefinisikan sebagai, $\mu_R = \frac{1}{n} \sum_{(x,y) \in R} I(x, y)$ Di mana n adalah kardinalitas himpunan R Pada layar warna merah ditentukan sebagai piksel seed bernilai 77 pada x=3 dan y=2. Berikut posisi x=3 dan y=2 bernilai 77 dapat dilihat pada tabel matrik di bawah ini.

Tabel 4. Seed Pixels Matrik Merah Citra

(x,y)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
1	88	89	85	69	66	59	57	65	94	93	90	81	89	85	90
2	88	85	78	77	79	64	65	66	97	96	102	82	93	98	100
3	88	86	75	78	80	73	65	72	102	99	107	93	99	103	88
4	87	77	73	83	77	73	59	71	110	104	99	94	117	116	96



5	71	72	77	85	80	74	73	76	107	100	98	110	117	114	77
6	68	72	80	86	88	87	89	89	106	105	115	115	100	100	88

Dari $x=3, y=2$ mulai dihitung dari *seed* piksel tetangga terdekat selanjutnya menggunakan perbandingan hasil pengurangan *Seed* dengan piksel tetangga, dengan ketentuan nilai *threshold* yang digunakan $t=2$ dan dengan menggunakan rumus :

$$if |\mu R_{i-1} - I(x, y)| < T$$

atau dapat dijelaskan jika nilai *seed* – dengan nilai tetangga yang dipilih menghasilkan nilai lebih kecil atau sama dengan nilai *threshold*, maka jadikan nilai tetangga yang dipilih tersebut menjadi *seed*, akan tetapi jika nilai lebih besar maka nilai tetangga yang dikunjungi tidak berubah.

Dari tabel di atas untuk penyelesaian dilakukan dengan memilih *seed* pada layer *red* citra di $x=3$ dan $y=2$, yaitu nilai 77. Dengan demikian nilai $seed=77$ akan diproses dengan nilai tetangga nya pada matrik 3×3 seperti di bawah ini:

85	69	66
78	77	79
75	78	80

$$g(x_i, y_i) = Seed(x_i, y_i) - h(x_i, y_i) \leq t$$

$g(x_i, y_i) = 77 - 79 = -2$	Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka	$g(x_i, y_i) = 77$
$g(x_i, y_i) = 77 - 85 = -8$	Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka	$g(x_i, y_i) = 77$
$g(x_i, y_i) = 77 - 78 = -1$	Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka	$g(x_i, y_i) = 77$
$g(x_i, y_i) = 77 - 69 = 8$	Nilai lebih besar dari nilai $t=2$, maka	$g(x_i, y_i) = 69$
$g(x_i, y_i) = 77 - 78 = -1$	Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka	$g(x_i, y_i) = 77$
$g(x_i, y_i) = 77 - 66 = 11$	Nilai lebih besar dari nilai $t=2$, maka	$g(x_i, y_i) = 66$
$g(x_i, y_i) = 77 - 75 = 2$	Nilai sama besar dari nilai $t=2$, maka	$g(x_i, y_i) = 77$
$g(x_i, y_i) = 77 - 80 = -3$	Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka	$g(x_i, y_i) = 77$

Kunjungan *seed* terhadap tetangga setelah selesai kernel 3×3 maka selanjutnya melakukan perluasan kunjungan keseluruhan piksel

Tabel 5. Hasil akhir *Region Growing Pixels Merah*

(x,y)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
1	77	77	77	69	66	59	57	65	77	77	77	77	77	77	77
2	77	77	77	77	77	64	65	66	77	77	77	77	77	77	77
3	77	77	77	77	77	73	65	72	77	77	77	77	77	77	77
4	77	77	73	77	77	73	59	71	77	77	77	77	77	77	77
5	71	72	77	77	77	74	73	77	77	77	77	77	77	77	77
6	68	72	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77

Pada layar warna Hijau ditentukan sebagai piksel *seed* bernilai 74 pada $x=3$ dan $y=2$. Berikut posisi $x=3$ dan $y=2$ bernilai 74 dapat dilihat pada tabel matrik di bawah ini.

Tabel 6. *Seed Pixels Matrik Hijau Citra*

(x,y)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	66	73	87	84	92	70	61	64	88	77	81	85	93	84	70
1	85	86	82	66	65	59	59	63	87	82	80	74	82	78	83
2	80	80	75	74	75	64	67	64	88	82	91	75	83	86	88
3	80	81	74	74	79	76	69	68	88	84	98	83	83	83	77
4	82	73	72	79	76	76	62	65	94	87	88	83	98	95	87
5	70	71	73	80	75	73	72	70	93	83	81	93	97	97	70
6	67	72	77	82	82	80	84	82	95	88	96	95	84	88	78

Nilai tetangga nya pada matrik 3×3 seperti di bawah ini:

82	66	65
75	74	75
74	74	79

$$g(x_i, y_i) = Seed(x_i, y_i) - h(x_i, y_i) \leq t$$

$g(x_i, y_i) = 74 - 75 = -1$	Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka	$g(x_i, y_i) = 74$
$g(x_i, y_i) = 74 - 75 = -1$	Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka	$g(x_i, y_i) = 74$



$g(x_i, y_i) = 74 - 66 = 8$ Nilai lebih besar dari nilai $t=2$, maka $g(x_i, y_i) = 66$
 $(x_i, y_i) = 74 - 74 = 0$ Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka $g(x_i, y_i) = 74$
 $(x_i, y_i) = 74 - 65 = 9$ Nilai lebih besardari nilai $t=2$, maka $g(x_i, y_i) = 65$
 $(x_i, y_i) = 74 - 74 = 0$ Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka $g(x_i, y_i) = 74$
 $(x_i, y_i) = 74 - 82 = -8$ Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka $g(x_i, y_i) = 74$
 $g(x_i, y_i) = 74 - 79 = -5$ Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka $g(x_i, y_i) = 74$

Kunjungan seed terhadap tetangga setelah selesai kernel 3x3 maka selanjutnya melakukan perluasan kunjungan keseluruhan piksel dan untuk hasil keseluruhan tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 7. Hasil akhir *Region Growing Pixels Hijau*

(x,y)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	66	74	74	74	74	70	61	64	74	74	74	74	74	74	70
1	74	74	74	66	65	59	59	63	74	74	74	74	74	74	74
2	74	74	74	77	74	64	67	64	74	74	74	74	74	74	74
3	74	74	74	74	74	74	69	68	74	74	74	74	74	74	74
4	74	74	74	74	74	74	62	65	74	74	74	74	74	74	74
5	70	71	74	74	74	74	74	70	74	74	74	74	74	74	70
6	67	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74

Pada layar warna Biru ditentukan sebagai piksel seed bernilai 43 pada $x=3$ dan $y=2$. Berikut posisi $x=3$ dan $y=2$ bernilai 43 dapat dilihat pada tabel matrik di bawah ini.

Tabel 8. Seed Piksel Matrik Biru Citra

(x,y)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	35	43	56	51	60	43	39	41	62	50	55	59	64	52	41
1	52	53	49	33	35	33	37	38	59	54	53	48	56	50	55
2	44	48	44	43	46	38	43	39	59	53	63	49	58	60	62
3	44	51	44	47	51	49	44	43	61	55	69	56	57	56	49
4	50	44	44	52	46	47	35	41	69	61	60	55	68	66	58
5	39	41	44	50	45	43	44	44	67	57	53	65	70	71	42
6	37	38	42	47	50	51	54	53	67	60	66	68	59	66	53

Nilai tetangganya pada matrik 3x3 seperti di bawah ini:

49	33	35
44	43	46
44	47	51

$g(x_i, y_i) = \text{Seed}(x_i, y_i) - h(x_i, y_i) \leq t$
 $g(x_i, y_i) = 43 - 46 = -3$ Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka $g(x_i, y_i) = 43$
 $g(x_i, y_i) = 43 - 44 = -1$ Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka $g(x_i, y_i) = 43$
 $g(x_i, y_i) = 43 - 33 = 10$ Nilai lebih besar dari nilai $t=2$, maka $g(x_i, y_i) = 33$
 $(x_i, y_i) = 43 - 47 = -4$ Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka $g(x_i, y_i) = 43$
 $(x_i, y_i) = 43 - 49 = -6$ Nilai lebih Kecil dari nilai $t=2$, maka $g(x_i, y_i) = 43$
 $(x_i, y_i) = 43 - 51 = -8$ Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka $g(x_i, y_i) = 43$
 $(x_i, y_i) = 43 - 35 = 8$ Nilai lebih besar dari nilai $t=2$, maka $g(x_i, y_i) = 35$
 $g(x_i, y_i) = 43 - 44 = -1$ Nilai lebih kecil dari nilai $t=2$, maka $g(x_i, y_i) = 43$

kunjungan keseluruhan piksel biru untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 9. Hasil akhir *Region Growing Pixel Biru*

(x,y)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	35	43	43	43	43	43	39	43	43	43	43	43	43	43	43
1	43	43	43	33	35	33	37	38	43	43	43	43	43	43	43
2	43	43	43	43	43	38	43	39	43	43	43	43	43	43	43
3	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
4	43	43	43	43	43	43	35	43	43	43	43	43	43	43	43
5	39	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
6	37	38	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43



4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan proses Segmentasi citra spektrum dengan Algoritma *Region growing* dapat mengetahui proses penyebaran warna berdasarkan *region-region*. Penerapan algoritma *region growing* dilakukan untuk meningkatkan efisiensi segmentasi tekstur gambarserta memiliki kelemahan yaitu hanya dapat mengetahui wilayah persebaran berdasarkan *Seed* dan *Treshold* yang dipilih.

REFERENCES

- Darma, P. (2010). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi.
- Nanda, R., Dari, S. W., & Ihsan, A. (2019). Segmentasi Citra Medis untuk Deteksi Objek FAM pada Payudara Menggunakan Metode Sobel. *Jurnal Media Informatika*, 3(4), 248–253. <https://doi.org/10.30865/mib.v3i4.1232>
- Panjaitan, N. A. (2020). Segmentasi Citra Digital Dengan Menggunakan Algoritma Khutlang. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 1(4), 258–262.
- Prasetyo, E. (2011). *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi.
- T Sutoyo. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI.