

IDENTIFIKASI OBJEK DOMINAN CITRA MENGGUNAKAN METODE MARKOV RANDOM FIELD

Varian Mohammad Sutama¹, Ir. Rita Magdalena, M.T.², Inung Wijayanto, S.T., MT.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

varianms@gmail.com, ritamagdalen@telkomuniversity.ac.id, iwijayanto@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Segmentasi citra yaitu proses mengklasifikasikan citra menjadi beberapa daerah/region yang memiliki karakteristik yang sama. Banyak metode yang digunakan untuk melakukan segmentasi citra. Salah satu metode yang digunakan adalah metode markov random field.

Markov random field memodelkan objek pada citra menggunakan sebuah permodelan probabilistik. Kemudian segmentasi dilakukan dengan mengklasifikasikan piksel- piksel citra sesuai parameter probabilistik tiap objek. Setelah melewati proses segmentasi tersebut, warna yang di hasilkan akan di counting untuk mencari persentase warna terendah yang di asumsikan menjadi objek dominan pada citra tersebut. Dan pada proses terakhir akan dilakukan masking citra untuk menentukan objek dominan pada citra.

Tugas akhir ini merancang sistem segmentasi dan identifikasi objek dominan pada citra digital dengan metode markov random field. Proses yang dilakukan yaitu mengambil gambar atau citra digital dengan menggunakan kamera, lalu di proses pada software MATLAB. Terdapat 30 citra yang digunakan sebagai data untuk pengidentifikasian objek dominan. Data citra tersebut akan mengalami preprocessing dilanjutkan markov random field, yaitu dengan memodelkan objek pada citra menggunakan sebuah permodelan probabilistik.

Kata kunci : *Markov Random Field, Counting, Masking.*

ABSTRACT

Image segmentation is the process of classifying the image into several regions / regions that have the same characteristics. Many methods are used to perform image segmentation. One of the methods used is the method of markov random field.

The Markov random field modeled the object on the image using a probabilistic model. Then segmentation is done by classifying image pixels according to probabilistic parameters of each object. After passing through the process of segmentation, the resulting color will be in counting to find the lowest percentage of color that is assumed to be the dominant object in the image. And in the last process will be done image masking to determine the dominant object in the image.

This final project designs segmentation system and identification of dominant object in digital image with markov random field method. The process is to take pictures or digital images using the camera, then in the process of software MATLAB. There are 30 images used as data for identification of dominant objects. The image data will undergo preprocessing followed by markov random field, that is by modeling the object in the image using a probabilistic modeling.

Keywords : *Markov Random Field, Counting, Masking.*

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan citra digital pada saat ini memiliki peran yang cukup penting pada banyak bidang, seperti pada bidang seni, pendidikan, pemerintahan, kesehatan dan perindustrian. Pengolahan citra menjadi salah satu hal yang dibutuhkan mengingat semakin besarnya kebutuhan teknologi di masa depan. Ada pun beberapa cara dalam pengolahan citra digital seperti segmentasi, klasifikasi dan deteksi. Namun pada aplikasi-aplikasi computer vision proses segmentasi selalu digunakan sebagai proses awal.

Banyak sekali manfaat yang dapat diperoleh dari hasil segmentasi, salah satunya untuk mengidentifikasi objek dominan pada citra digital yang dapat digunakan sebagai langkah awal pengenalan pada objek. Dalam pengenalan pada objek, proses segmentasi ini merupakan suatu tahapan yang sangat penting dan tidak bisa dilewatkan agar menghasilkan pengenalan objek dominan yang lebih akurat. Semakin baik segmentasi yang dihasilkan maka hasil performansi pengenalan objek dominan akan semakin mendekati benar.

Proses mengidentifikasi objek dominan citra digital perlu diuji agar menghasilkan pengenalan objek dominan yang lebih akurat. Pada proses segmentasi citra dilakukan dengan menggunakan metode markov random field. Dan hasil identifikasi tersebut akan menunjukkan objek paling dominan pada suatu gambar atau citra digital.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada identifikasi masalah yang dilakukan pada Tugas Akhir ini maka diperoleh beberapa rumusan masalah, antara lain :

1. Bagaimana cara pengambilan citra digital yang benar.
2. Bagaimana mengimplementasikan metode *markov random field* pada citra yang akan disegmentasi.
3. Bagaimana mengidentifikasi objek dominan citra digital dengan menggunakan metode *markov random field*.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu :

1. Identifikasi objek dominan hanya dilakukan pada citra digital.
2. Proses identifikasi objek dominan citra digital menggunakan metode *markov random field*.
3. Format citra dalam bentuk (.jpg).

1.4 Tujuan

Tujuan dari pembuatan proyek akhir ini yaitu :

1. Dapat melakukan pengambilan citra digital dengan benar.
2. Mengimplementasikan metode *markov random field* pada citra yang akan disegmentasi.
3. Dapat mengidentifikasi objek dominan citra digital dengan menggunakan metode *markov random field*.

1.5 Metode Penelitian

Metode perancangan yang digunakan sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi masalah yang akan dijadikan subjek penelitian dan cara yang akan digunakan untuk menyelesaikannya dengan memperoleh informasi dari berbagai sumber.
2. Melakukan perancangan sistem baik *hardware* maupun *software* untuk memenuhi kebutuhan sistem yang akan dibuat.
3. Setelah perancangan dilakukan, maka dilanjutkan dengan implementasi *hardware*, *software*, dan pengujian.
4. Dalam pengujian, didapatkan hasil berupa data yang nantinya akan digunakan dalam pembahasan untuk menentukan apakah hasil penelitian sudah sesuai dengan yang diharapkan atau tidak.

DASAR TEORI

2.1 Pengolahan Citra

Citra didefinisikan sebagai suatu representasi kemiripan dari suatu gambaran atau dapat didefinisikan sebagai imitasi dari suatu objek. Ada dua jenis citra yang biasa dikenal yaitu citra yang bersifat analog dan citra yang bersifat digital. Citra analog adalah citra yang memiliki sifat kontinu seperti foto sinar x, gambar pada monitor televisi dan lain-lain. Sedangkan citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer [1].

Citra merupakan sebuah fungsi $f(x,y)$ berukuran N untuk kolom dan M untuk baris, dengan variabel x dan variabel y merupakan koordinat spasial, serta amplitudo f di titik koordinat (x,y) dinamakan intensitas atau suatu tingkat keabuan dari citra pada citra tersebut [2].

2.2 Citra Digital [3][4]

Citra dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi f dua dimensi dengan x dan y adalah posisi koordinat spasial, sedangkan $f(x,y)$ adalah intensitas atau grayscale citra pada koordinat tersebut. Nilai dari intensitas bentuknya adalah diskrit dengan rentang antara 0 sampai 255. Contoh citra digital yaitu citra yang tersimpan dalam bentuk file gambar (bmp, jpg, png) pada komputer sedangkan foto hasil cetak printer merupakan citra analog. Pada pengolahan citra digital pada umumnya citra digital di bagi menjadi 3 bagian, yaitu citra RGB, citra grayscale dan citra biner.

2.2.1 Citra RGB (Red Green Blue)

Dalam model ini tiap-tiap warna akan ditunjukkan dengan kombinasi tiga warna primer yang membentuk sistem koordinat cartesian tiga dimensi. Jika masing-masing warna memiliki range 0-255, maka totalnya adalah $255^3 = 16.581.375$ variasi warna yang berbeda pada gambar. Seperti pada Gambar 2.3 sub ruang pada diagram tersebut menunjukkan posisi tiap warna. Nilai RGB terletak pada satu sudut dengan cyan, magenta, dan yellow berada di sudut lainnya. Warna hitam berada pada titik asal, sedangkan warna putih terletak pada titik terjauh dari titik asal [5][6].

2.2.2 Citra Greyscale

Citra grayscale atau black and white disimpan sebagai integer 8 bit sehingga memberikan $2^8 = 256$ tingkat keabuan dari warna putih sampai hitam. Untuk mendapatkan citra gambar black and white digunakan rumus :

$$I(x,y) = \alpha.R + \beta.G + \gamma.b \quad (2-1)$$

Dengan $I(x,y)$ adalah level keabuan pada suatu koordinat yang diperoleh dengan mengatur komposisi warna R (red), G (green), dan B (blue) yang ditunjukkan oleh nilai parameter α , β , dan γ [7].

2.2.3 Citra Biner

Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai pixel yaitu hitam atau putih. Disebut juga citra monokrom. Hanya dibutuhkan 1 bit untuk mewakili nilai setiap pixel dari citra biner [8].

2.3 Segmentasi Citra [9]

Segmentasi citra merupakan suatu proses pengelompokkan citra menjadi beberapa region berdasarkan kriteria tertentu. Berdasarkan pengertiannya, segmentasi memiliki tujuan menemukan karakteristik khusus yang dimiliki suatu citra. Oleh karena itulah segmentasi sangat diperlukan pada proses penenalan pola. Semakin baik kualitas segmentasi maka semakin baik pula kualitas pengenalan polanya.

Secara umum ada beberapa pendekatan yang banyak digunakan dalam proses segmentasi antara lain:

1. Teknik *thresholding*, yaitu pengelompokan citra sesuai dengan distribusi properti penyusun citra.
2. Teknik *region-based*, yaitu pengelompokan citra kedalam region-region tertentu secara langsung berdasar persamaan karakteristik suatu area citranya.
3. Teknik *edge-based*, yaitu pengelompokan citra kedalam wilayah berbeda yang terpisahkan karena adanya perbedaan perubahan warna tepi dan warna dasar citra yang mendadak.

2.4 Markov Random Field (MRF)

Markov Random Field adalah model statistik yang menggolongkan/mengkarakterisasi interaksi-interaksi spasial lokal pada data. Dalam beberapa tahun belakangan ini telah terlihat kemajuan-kemajuan yang signifikan dalam analisis matematika mengenai *markov random field*. Model ini sudah diterapkan dalam ilmu fisika, pengenalan pola, *machine learning*, *artificial intelligence*, pemrosesan citra dan *computer vision*. Model *markov random field* ini dikembangkan berdasarkan struktur *neighborhood* dan untuk permasalahan klasifikasi dianggap sebagai permasalahan partial bayesian. Sebuah *site* dalam konteks klasifikasi *spam* adalah posisi relatif dari kata dalam sebuah urutan dan sedangkan sebuah label adalah yang memetakan nilai-nilai dari kata [10].

2.5 Dilasi

Dilasi merupakan salah satu teknik *morphological image processing* yang berhubungan dengan bentuk struktur dari suatu objek. Dilasi adalah operasi morfologi yang akan menambahkan piksel pada batas antar objek dalam suatu citra digital. Atau secara rinci, dilasi merupakan suatu proses menambahkan piksel pada batasan dari objek dalam suatu citra, sehingga nantinya apabila dilakukan operasi dilasi maka hasil ukuran citranya lebih besar dibandingkan dengan citra aslinya [11].

Operasi dilasi dilakukan untuk memperbesar ukuran segmen obyek dengan menambah lapisan disekeliling obyek. Terdapat 2 cara untuk melakukan operasi ini, yaitu dengan cara mengubah semua titik latar yang bertetangga dengan titik batas menjadi titik obyek, atau lebih mudahnya set setiap titik yang tetangganya adalah titik obyek menjadi titik obyek. Cara kedua yaitu dengan mengubah semua titik di sekeliling titik batas menjadi titik obyek, atau lebih mudahnya set semua titik tetangga sebuah titik obyek menjadi titik obyek [12].

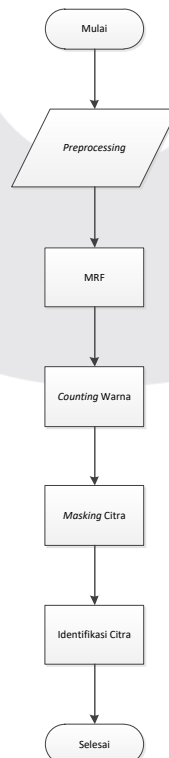
2.6 Masking Citra

Masking adalah proses menyembunyikan atau menutupi suatu objek dengan objek lain, sehingga objek yang menutupi terlihat transparan dan menyatu dengan objek yang ditutupi. *Mask* dapat diterapkan kepada suatu *layer* dan *layer* yang sudah dikenai *mask* bisa berfungsi untuk menutupi *layer* lainnya [13]. Pada tugas akhir ini, sistem *masking* yang dimaksud merupakan proses mengidentifikasi objek dominan yang sudah didapatkan melalui proses-proses sebelumnya dengan cara mengubah warna piksel-piksel yang dikategorikan sebagai objek dominan pada *cover image*.

PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM

3.1 Gambaran Umum Sistem

Secara umum tahap perancangan dan implementasi sistem Tugas akhir dijelaskan pada diagram alir sistem sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Sistem Keseluruhan

3.2 Akuisisi Citra

Akuisisi citra merupakan proses yang diawali dengan pengambilan citra untuk digunakan pada sistem. Dalam tugas akhir ini, pengambilan citra diambil menggunakan kamera *digital*. Karakteristik citra yang digunakan untuk sistem adalah citra yang memiliki warna *contrast*. Data diambil sebanyak 30 citra, dan kemudian citra dimasukkan ke dalam folder pada PC untuk langsung dilakukan proses *resize* dan identifikasi objek dominan pada program.

3.3 Pemrosesan Awal (*Preprocessing*)

Preprocessing merupakan tahap selanjutnya untuk mempersiapkan citra yang masih asli tersebut sebelum diolah. Tujuan dari *preprocessing* adalah untuk meningkatkan kualitas dari citra masukan yang diperoleh agar menghasilkan citra yang diharapkan. Dalam tugas akhir ini hanya menggunakan 1 proses *preprocessing*, yaitu proses *resize (resizing)* yang bertujuan untuk merubah ukuran piksel pada citra. Selain itu proses *resize* sangat berpengaruh pada kecepatan proses sistem atau *running code*.

3.4 Counting Warna

Counting warna pada sistem ini adalah proses perhitungan jumlah warna seluruh piksel pada hasil keluaran *markov random field*. Pada proses ini warna yang dicari adalah warna yang mempunyai jumlah piksel paling sedikit. Selanjutnya hasil *counting* tersebut akan memasuki proses *masking* citra.

3.5 Masking Citra

Masking citra adalah proses terakhir pada sistem ini. Pada proses ini hasil dari *counting* warna akan diambil kemudian disesuaikan pada objek dominan citra asli yang di input-kan.

HASIL PENGUJIAN

4.1 Pengujian Sistem

Pengujian sistem merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk mengetahui kelayakan sistem yang telah dibuat. Tujuan dari pengujian sistem ini adalah untuk dapat mengidentifikasi objek dominan pada sebuah citra digital.

4.2 Skenario Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan citra yang dijadikan sebagai input. Pada sistem ini hanya ada 1 skenario pengujian dalam sistem yang sangat berpengaruh pada output, yaitu pengujian terhadap citra yang di input-kan lalu citra yang di input-kan sangat berpengaruh terhadap output dari sistem ini, karena hal tersebut sangat menentukan teridentifikasi atau tidaknya objek dominan pada citra yang telah dimasukkan. Sebelum menginputkan data citra, ada 2 parameter yang perlu diperhatikan dalam pengambilan citra, yaitu *contrast* warna dan ukuran objek.

4.2.1 Parameter *Contrast* Warna

Pada sistem ini, citra yang dibutuhkan adalah citra yang memiliki tingkat *contrast* warna yang tinggi agar objek dominan dapat teridentifikasi dengan baik pada sistem. Sistem akan mudah mengidentifikasi jika objek yang diasumsikan sebagai objek dominan pada citra yang di input-kan pada sistem memiliki tingkat *contrast* warna yang tinggi dengan objek lainnya.

4.2.2 Parameter Ukuran Objek

Selain *contrast* warna, ukuran objek pada citra yang diambil untuk sistem adalah parameter pada proses pengujian sistem ini. Berbeda dengan *contrast* warna, agar objek dominan dapat teridentifikasi oleh sistem maka ukuran objek dominan pada citra yang diambil harus lebih kecil dibanding dengan objek lainnya. Pada perancangan sistem, diasumsikan bahwa jumlah piksel paling sedikit pada output *greyscale* segmentasi citra adalah objek dominan pada citra yang diambil. Oleh karena itu ukuran objek dominan pada citra yang diambil harus lebih kecil dibanding dengan objek lainnya.

4.3 Hasil Pengujian

Hasil pengujian Pada Tugas Akhir ini didapatkan 2 hasil pengujian, pengujian secara objektif dan pengujian secara subjektif.

4.3.1 Pengujian Objektif

Pada pengujian objektif, hasil *masking* pada program akan dibandingkan dengan hasil *ground truth*. Dimana *ground truth* didapat dari citra asli RGB kemudian objek dominan tersebut diproses manual dengan menggunakan *photoshop*. Kedua hasil tersebut dibandingkan presisi hasil *maskingnya*. Pada kedua hasil tersebut *ground truth* menjadi hasil acuan karena didapatkan oleh proses manual. Pada proses perbandingan presisi ini dicari prosentase ketidaktepatan hasil *masking* dengan hasil *ground truth*. Berikut adalah tabel hasil pengujian dengan perbandingan presisi hasil *masking* pada program dengan *ground truth*.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Pengujian Objektif

No	Gambar	mP	mGT	Difference	Precision
1	Airplane	2832	1384	1448	0,5112
2	Apple	3093	2578	515	0,1665
3	Baby	2018	3168	1150	0,5698
4	Bird	4133	5985	1852	0,4481
5	Black lion	6444	6465	21	0,0032

No	Gambar	mP	mGT	Difference	Precision
6	Boat	2003	1655	348	0,1737
7	Building	3234	4761	1527	0,4721
8	Burger	3195	3634	439	0,1374
9	Car 1	570	189	381	0,6684
10	Car 2	1486	1797	311	0,2092
11	Chair	1007	881	126	0,1251
12	Cupcakes	2068	3160	1092	0,528
13	Flower	2721	1347	1374	0,5049
14	Football player	1265	1195	70	0,0553
15	Fruit	2157	1890	267	0,1237
16	Giraffe	1931	2893	962	0,4981
17	Glass	2826	2990	164	0,058
18	Guitar	3551	3653	102	0,0287
19	Hat	11393	21997	10604	0,9307
20	House	5736	7141	1405	0,2449
21	Jam waker	17961	21355	3394	0,1889
22	Liberty	3134	4019	885	0,2823
23	Motorcycle	908	1065	157	0,1729
24	Patung pancoran	5301	3845	1456	0,2746
25	Police	947	3735	2788	2,944
26	Pot	5131	5105	26	0,005
27	Ship	1545	2203	658	0,4258
28	Shoes	1378	1689	311	0,2256
29	Stuff	3065	3552	487	0,1588
30	The beatles	2006	1270	736	0,3668
Nilai Rata - Rata Precision					0,38339
Nilai Rata - Rata Precision (%)					38,339

4.3.2 Pengujian Subjektif

Mean opinion score (MOS) atau pengujian subjektif dimana hasil didapatkan dengan cara menyebarkan kuisioner. Kuisioner dibagikan kepada 30 koresponden. Setiap koresponden memberikan penilaian teridentifikasi atau tidaknya 30 citra digital yang menjadi data pada tugas akhir ini. Ada 4 parameter penilaian yang akan diberikan yaitu, 1 untuk hasil tidak teridentifikasi, 2 untuk hasil cukup teridentifikasi, 3 untuk hasil teridentifikasi tetapi masih ada noise dan 4 untuk hasil teridentifikasi sempurna. Berikut adalah tabel hasil pengujian 30 koresponden pada 30 data citra yang di uji.

Tabel 4.2 Hasil Analisis Pengujian Subjektif

No	Data Citra	Ukuran Pikel	Format	Hasil Identifikasi			
				1	2	3	4
1	Airplane	275 x 183	.jpg	1	15	12	2
2	Apple	275 x 183	.jpg		1	12	17
3	Baby	500 x 334	.jpg		1	3	26
4	Bird	258 x 196	.jpg		2	11	17
5	Black Lion	290 x 174	.jpg		14	13	3
6	Boat	283 x 178	.jpg		3	23	4
7	Building	1600 x 1600	.jpg			17	13
8	Burger	183 x 275	.jpg		5	9	16
9	Car 1	1024 x 683	.jpg		9	21	

No	Data Citra	Ukuran Piksel	Format	Hasil Identifikasi			
				1	2	3	4
10	Car 2	1200 x 800	.jpg	3	15	12	
11	Chair	240 x 181	.jpg		2	20	8
12	Cupcakes	268 x 188	.jpg			13	17
13	Flower	284 x 177	.jpg	1	1	4	24
14	Football Player	500 x 279	.jpg	1	3	8	18
15	Fruit	273 x 185	.jpg		5	16	9
16	Giraffe	275 x 183	.jpg			25	5
17	Glass	960 x 640	.jpg		4	16	10
18	Gitar	800 x 595	.jpg		1	21	8
19	Hat	225 x 225	.jpg	3	19	7	1
20	House	720 x 480	.jpg		6	6	18
21	Jam Waker	299 x 168	.jpg		3	12	15
22	Liberty	275 x 183	.jpg		1	10	19
23	Motorcycle	640 x 427	.jpg		2	21	7
24	Patung Pancoran	800 x 600	.jpg	1	10	17	2
25	Police	700 x 393	.jpg	6	21	1	2
26	Pot	275 x 183	.jpg	3	5	18	4
27	Ship	450 x 450	.jpg		3	25	2
28	Shoes	940 x 660	.jpg		6	24	
29	Stuff	1500 x 1071	.jpg		6	9	15
30	The Beatles	900 x 603	.jpg		13	15	2

Pada tabel 4.1 didapatkan rata-rata dari 30 koresponden yaitu, 2,11% memberi penilaian objek dominan tidak teridentifikasi pada hasil uji, 19,55% memberi penilaian cukup teridentifikasi, 46,77% memberi penilaian teridentifikasi tetapi masih ada noise dan 31,55% memberi penilaian teridentifikasi sempurna. Dan dapat disimpulkan bahwa 14 dari 30 koresponden memberi penilaian hasil teridentifikasi tetapi masih ada noise.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode *markov random field* dapat diimplementasikan.
2. Program dapat mengidentifikasi objek dominan pada citra digital yang telah diuji.
3. Berdasarkan pengujian objektif dengan cara menghitung perbandingan presisi hasil *masking* program dengan hasil *ground truth*, didapatkan hasil nilai rata-rata presisi dari 30 proses perbandingan nilai presisi hasil *masking* program dan hasil *ground truth*, yaitu 38,339%.
4. Berdasarkan pengujian subjektif dengan cara membuat kuisioner yang diberikan kepada 30 koresponden, sebanyak 2,11% dari 30 koresponden memberi penilaian objek dominan tidak teridentifikasi pada hasil uji, 19,55% memberi penilaian cukup teridentifikasi, 46,77% memberi penilaian teridentifikasi tetapi masih ada noise dan 31,55% memberi penilaian teridentifikasi sempurna.
5. Didapatkan rata-rata 14 koresponden dari 30 koresponden memberi penilaian objek dominan pada citra dapat teridentifikasi pada hasil uji tetapi masih terdapat noise. Hasil tersebut adalah hasil tertinggi dari 30 data kuisioner.

5.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk:

1. Dapat dilakukan pengembangan dengan metode lain agar menghasilkan hasil yang lebih baik dalam mengidentifikasi objek dominan pada citra digital.
2. Dapat mengidentifikasi objek dominan pada citra digital yang memiliki objek lebih dari 2.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siswanto Sutojo, Membangun Citra Perusahaan. Jakarta: Damar Mulia Pustaka, 2004.
- [2] Putra Darma, Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta: ANDI, 2010.
- [3] I. Afriliana, Pengolahan Citra Digital, Poltek Harapan Bangsa, 2015.

- [4] H. Purnomo dan A. Muntasa, Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [5] Wirasuta, I.M.A.G. tt. Pengantar Menuju Ilmu Forensik. Bukit Jimbaran : Lembaga Forensik Sains dan Kriminologi, Universitas Udayana.
- [6] R. Adipranata, Kombinasi Metode Morphological Gradient dan Transformasi Watershed pada Proses Segmentasi Citra Digital, Universitas Kristen Petra.
- [7] Restyana, Indah. Identifikasi Pola Sidik Bibir Pada Pria Dan Wanita Menggunakan Metode Watershed Dan Klasifikasi Support Vector Machine (SVM) Untuk Aplikasi Bidang Forensik. Universitas Telkom, 2018.
- [8] Solomon, Chris. Fundamentals of Digital Image Processing-A Practical Approach with Examples in Matlab. USA: A John Wiley & Sons, INC, 2011.
- [9] Gayatri, Martha, Ciendy. Analisis Segmentasi Image menggunakan Metode Iteratively Mean Shift Filtering. Universitas Telkom, 2008.
- [10] Pardosi, Lusiana, Berkat. Analisis dan Implementasi Pemfilteran Email menggunakan Model Markov Random Field. Universitas Telkom, 2010.
- [11] blog.pointopoin.com. "Dilasi Citra untuk Pengolahan Citra MATLAB". Diakses pada tanggal 21 April 2018. <http://blog.pointopoin.com/2017/04/dilasi-citra-untuk-pengolahan-citra.html>.
- [12] www.scribd.com. "DILASI DAN EROSI". Diakses pada tanggal 27 Juni 2018. <https://www.scribd.com/doc/47932771/Dilasi-Dan-Erosi>.
- [13] ccgilangfr.blogspot.com. "Pengertian dan cara kerja Masking". Diakses pada tanggal 7 Mei 2018. <http://ccgilangfr.blogspot.com/2017/05/pengertian-dan-cara-kerja-masking.html>.