

Implementasi Graf Euler pada Segmentasi Gambar

Muh. Muslim Al-Mujahid 13518054
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13518054@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Pada dasarnya gambar hanyalah sebuah kumpulan pixel yang memiliki nilai yang merepresentasikan warnanya masing-masing, namun dengan menerapkan segmentasi kita dapat mengubah representasi gambar menjadi sesuatu yang lebih bermakna dan dapat dianalisis oleh komputer. Pada paper ini akan membahas salah satu teknik segmentasi gambar yang dalam hal ini memanfaatkan teori graf euler

Keywords—Graf euler, Computer vision, Image segmentation, Teori graf

I. PENDAHULUAN

Computer vision adalah sebuah bidang multidisiplin yang dapat juga disebut sebagai sub-bidang dari Artificial Intelligence (kecerdasan buatan) dan Machine Learning (pembelajaran mesin). *Computer vision* mempelajari cara memanipulasi dan menganalisis gambar untuk membantu komputer dalam memahami informasi yang terdapat pada sebuah gambar atau video. Image processing (pengolahan citra digital) adalah sebuah proses pembuatan gambar dari gambar yang sudah ada, dapat berupa simplifikasi, ekstraksi fitur atau peningkatan fitur. *Computer vision* mungkin memerlukan *image processing* dalam pengolahan gambar input. Contoh dari *image processing* berupa normalisasi gambar, pemotongan gambar, atau menghilangkan awan (*noise*).

Computer vision pertama kali menjadi sebuah bidang keilmuan pada tahun 1960 di suatu universitas yang sedang mengembangkan kecerdasan buatan. Pada saat itu targetnya adalah mencoba meniru sistem penglihatan manusia agar komputer dapat menganalisis gambar dengan menjelaskan apa yang sedang mereka lihat karena dipercaya dapat meningkatkan teknologi kecerdasan buatan. Satu dekade setelahnya telah banyak teori dan algoritma yang dihasilkan seperti *edge detection*, *modeling*, dan *motion estimation*. Beberapa dekade selanjutnya para ilmuwan menyadari bahwa banyak teori-teori yang dihasilkan dapat menjadi pondasi pengembangan aspek di berbagai bidang.

Berbeda dengan manusia, komputer melihat gambar dalam dunia yang berbeda, sehingga diperlukan suatu proses sebelum komputer dapat memahami informasi yang terdapat pada gambar tersebut. Proses tersebut antara lain dapat berupa *filtering*, *segmentation*.

Saat kita mempunyai sebuah gambar dengan seekor kucing di dalamnya mungkin kita dapat secara langsung membuat program untuk mengidentifikasi apakah di dalam tersebut terdapat kucing atau tidak dan mendapatkan lokasinya. Namun jika kita memiliki gambar seekor kucing yang berdampingan dengan seekor anjing maka terlebih dahulu kita harus menerapkan segmentasi. Berbeda dengan deteksi objek yang hanya membentuk kotak di sekeliling objek, segmentasi memberikan informasi lebih detail tentang bentuk objek. Misalnya pada identifikasi virus kanker, kita tidak bisa hanya mengidentifikasi lokasi tersebut namun kita juga harus mengetahui secara jelas bentuk detail dari virus tersebut untuk dapat mengidentifikasi jenis kanker yang sedang dialami pasien.

II. TEORI DASAR

A. Definisi Graf

Graf digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut. Graf memiliki dua komponen yaitu *vertex* (simpul) dan *edge* (sisi). *vertex* merepresentasikan objek sedangkan *edge* merepresentasikan keterhubungan antara objek-objek tersebut sedemikian sehingga jika diberikan sebuah graf G ,

$$G = (V, E)$$

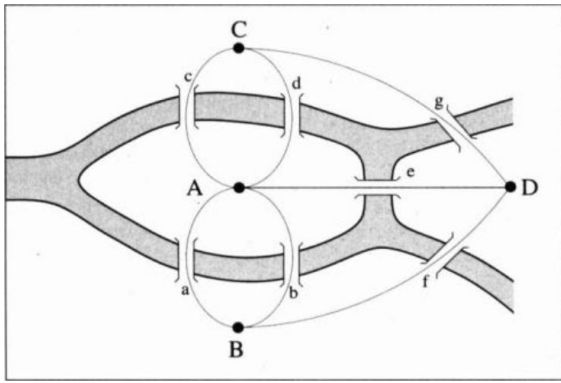
V = himpunan tidak kosong dari simpul

$$= \{ v_1, v_2, v_3, \dots, v_n \}$$

E = himpunan tidak kosong dari sisi

$$= \{ e_1, e_2, e_3, \dots, e_n \}$$

Berikut adalah gambar jembatan Königsberg yang merupakan salah satu implementasi teori graf



Gambar 2.1 : jembatan Konigsberg

B. Jenis-jenis graf

Berdasarkan ada atau tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, maka graf digolongkan menjadi dua jenis

- Graf Sederhana (*Simple Graph*)
Graf sederhana adalah graf yang tidak memiliki gelang maupun sisi ganda
- Graf tak-sederhana (*Unsimple Graph*)
Graf tak sederhana adalah graf yang mengandung gelang atau sisi ganda

Berdasarkan orientasi arah pada sisi maka graf digolongkan menjadi dua jenis

- Graf tak-berarah (*Undirected Graph*)
Graf tak-berarah adalah graf yang tidak memiliki orientasi arah pada sisinya
- Graf berarah (*Directed Graph*)
Graf berarah adalah graf yang setiap sisinya memiliki orientasi arah

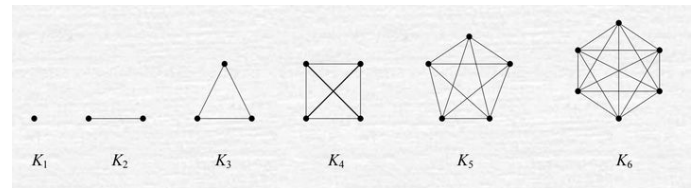
C. Terminologi graf

- Bertetangga (*Adjacent*)
Dua buah simpul v_j dan v_k dikatakan bertetangga jika terdapat satu atau lebih sisi sehingga $e_i = (v_j, v_k)$ yang menghubungkan v_j dan v_k secara langsung (hanya melalui satu sisi itu saja).
- Bersisian (*Incidency*)
Untuk sembarang sisi $e = (v_j, v_k)$, e dikatakan bersisian dengan v_j atau v_k karena menghubungkan v_j dan v_k atau sebaliknya.
- Simpul terpencil (*Isolated vertex*)
Simpul terpencil ialah simpul yang tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya.
- Graf kosong (*null graph* atau *empty graph*)
Graf kosong adalah graf yang himpunan sisinya adalah himpunan kosong.
- Derajat (*Degree*)
Derajat sebuah simpul v adalah $d(v)$ yaitu jumlah sisi yang bersisian dengan v .
- Lintasan (*path*)
Lintasan yang panjangnya n dari simpul awal v_0 ke simpul tujuan v_n pada graf G adalah barisan berselang-seling simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk $v_0, e_1, v_1, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$ sedemikian sehingga $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$ adalah sisi pada graf G .

- Siklus (*Cycle*) atau Sirkuit (*Circuit*)
Sirkuit adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama. Panjang sirkuit adalah jumlah sisi yang dilalui oleh sirkuit tersebut.
- Terhubung (*Connected*)
Dua buah simpul v_1 dan v_2 dikatakan terhubung jika terdapat lintasan dari v_1 ke v_2 . G disebut graf terhubung jika untuk setiap pasang simpul v_i dan v_j terdapat lintasan dari v_i ke v_j .
- Graf berbobot (*Weighted graph*)
Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya memiliki sebuah nilai (bobot).

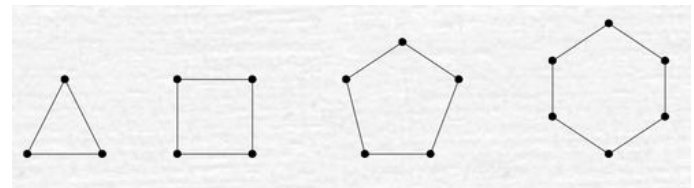
D. Beberapa Graf Khusus

- Graf lengkap (*Complete Graph*)
Graf lengkap adalah graf sederhana yang setiap simpulnya mempunyai sisi yang menghubungkannya dengan semua simpul lainnya. Graf lengkap dengan n buah simpul dikembangkan dengan K_n . Jumlah sisi pada graf lengkap yang terdiri dari n buah simpul adalah $n(n-1)/2$.



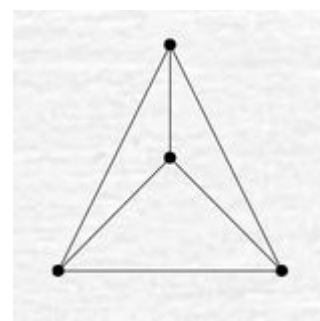
Gambar 2.2 : Graf lengkap

- Graf lingkaran
Graf lingkaran adalah graf sederhana yang setiap simpulnya berderajat dua. Graf lingkaran dengan n simpul dilambangkan dengan C_n .



Gambar 2.3 : Graf lingkaran

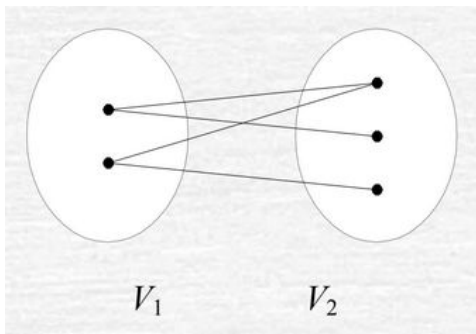
- Graf teratur (*Regular Graph*)
Graf teratur adalah graf yang setiap simpulnya berderajat sama. Graf teratur dengan derajat r disebut sebagai graf teratur berderajat r . Jika n adalah jumlah simpul pada graf maka jumlah sisi pada graf adalah $nr/2$.



Gambar 2.4 : Graf teratur

- Graf Bipartite (*Bipartite Graph*)

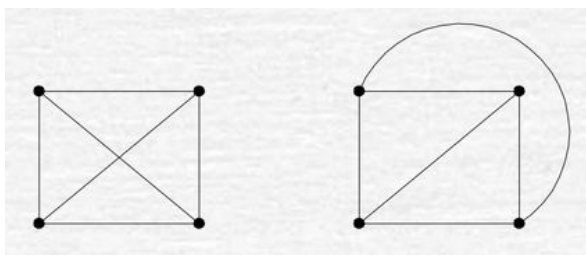
Graf bipartite adalah graf yang himpunan simpulnya dapat dibagi menjadi dua himpunan bagian V_1 dan V_2 sehingga setiap sisi pada graf menghubungkan sebuah simpul dari V_1 ke V_2 .



Gambar 2.5 : Graf Bipartite

- Graf Planar dan Graf Bidang

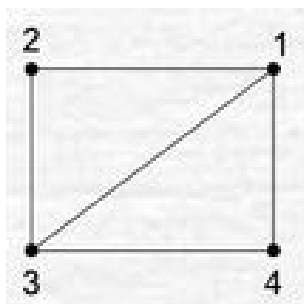
Graf planar adalah graf yang dapat digambarkan pada bidang datar dengan sisi yang tidak saling memotong. Jika ada sisi yang saling memotong maka graf tersebut adalah graf tak-planar. Graf bidang adalah graf planar yang digambarkan dengan sisi-sisi yang tidak saling berpotongan



Gambar 2.6 : Graf Planar dan Graf Bidang

E. Lintasan dan Sirkuit Euler

Lintasan euler adalah lintasan yang melalui setiap sisi dalam suatu graf tepat satu kali sedangkan sirkuit euler adalah sirkuit yang melalui setiap sisi dalam suatu graf tepat satu kali.



Gambar 2.7 : Graf Euler

Lintasan euler pada graf diatas adalah 1, 3, 4, 1, 2, 3
sirkuit euler pada graf diatas adalah 3, 1, 2, 3, 4, 1

Graf yang mempunyai sirkuit euler disebut graf Euler (*Eulerian graph*) dan graf yang mempunyai lintasan euler disebut graf semi-Euler (*semi-Eulerian graph*).

C. Segmentasi gambar

- Region-based Segmentation (segmentasi berdasarkan wilayah)

Tiap pixel pada gambar akan memiliki nilainya masing-masing dan pada hampir seluruh kasus nilai pixel pada objek akan berbeda dengan nilai pixel pada latar belakang jika terdapat kontras di antara keduanya, dengan memanfaatkan hal ini kita dapat menentukan sebuah nilai *threshold* dan setiap nilai yang berada di atas atau di bawah *threshold* dapat diklasifikasikan sebagai objek atau latar. Teknik ini dikenal dengan *Threshold Segmentation*. Saat menentukan *threshold* pada sebuah gambar dengan dua objek berbeda maka dinamakan *global threshold*. Pada kasus terdapat banyak objek di dalam sebuah gambar maka kita menentukan beberapa *threshold*, *threshold* ini dinamakan *local threshold*.

- Edge Detection Segmentation (Segmentasi deteksi sisi)

Pada gambar akan terdapat *edge* yang membatasi antar region yang bertetangga dengan nilai pixel yang berbeda. Edge dapat dikatakan sebagai diskontinuitas sebuah fitur dalam gambar. Edge didapatkan dengan melakukan konvolusi pada gambar dengan menggunakan salah satu *weight matrix* yang telah ditentukan. Salah satu matriks tersebut adalah sobel. Sobel mempunyai dua *weight matrix* untuk mendeteksi edge vertikal dan edge horizontal.

| | | |
|----|---|----|
| -1 | 0 | +1 |
| -2 | 0 | +2 |
| -1 | 0 | +1 |

x filter

| | | |
|----|----|----|
| +1 | +2 | +1 |
| 0 | 0 | 0 |
| -1 | -2 | -1 |

y filter

Gambar 2.8 : Matrix sobel

weight matrix lainnya adalah laplacian.

- Image Segmentation based on Clustering

Clustering membagi data ke dalam beberapa grup sehingga data pada grup yang sama lebih mirip dibandingkan dengan grup lain. Salah satu algoritma *clustering* digunakan adalah k-means. Nilai k merepresentasikan jumlah grup yang terbentuk.

III. SEGMENTASI DENGAN MENGGUNAKAN GRAF EULER

A. *Definisi Formal*

Pada bagian ini akan dibahas langkah-langkah dan algoritma yang digunakan dalam segmentasi dengan menggunakan teori graf Euler.

Diberikan region R dan kriteria keseragaman U , predikat $P(R)$ dikatakan benar jika,

$$\exists a \ni |U(i,j) - a| < \varepsilon, \forall (i,j) \in R$$

membagi gambar ke dalam subset $R_i, i=1, \dots, m$, sedemikian sehingga

Gambar : $\cup R_i, i=1, \dots, m$

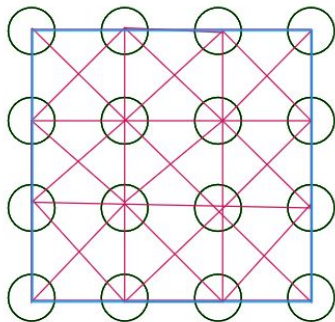
Subset disjoint: $R_i \cap R_j = \emptyset, \forall i \neq j$

Region uniform: $P(R_i) = \text{Benar}, \forall i$

Region maksimum: $P(R_i \cup R_j) = \text{Salah}, \forall i \neq j$

B. Merepresentasikan gambar sebagai graph

Pada awalnya gambar yang akan direpresentasikan sebagai sebuah graph $G(V, E)$. Tiap pixel pada gambar dijadikan sebagai sebuah simpul. Setiap simpul dihubungkan kepada tiap simpul yang bertetanggaannya sehingga membentuk sebuah graf tak planar. Gambar dengan ukuran $N \times N$ akan memiliki N^2 simpul, $N(N-1)$ sisi vertikal, $N(N-1)$ sisi horizontal, dan $2(N-1)^2$ sisi diagonal. Sehingga graf akan memiliki total $N(N-1) + N(N-1) + 2(N-1)^2 = 4N^2 - 6N + 2$ sisi. G adalah graf berbobot, bobot dari tiap sisinya adalah selisih nilai pixel yang menjadi simpul yang bertetanggaannya dengan sisi tersebut.

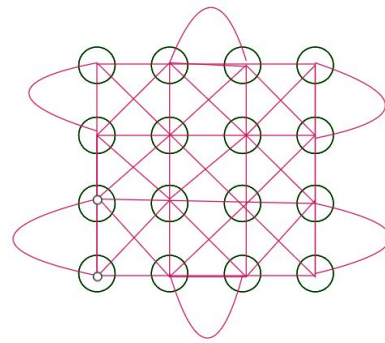


Gambar 3.1 : pixel pada gambar direpresentasikan sebagai simpul pada graph

C. Membentuk Graf Euler

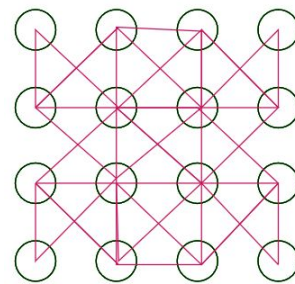
graf yang diperoleh adalah graf non-Euler. Untuk mendapatkan graf euler setiap simpul pada graf tersebut harus memiliki derajat genap. Menurut teori Euler sebuah graf dapat dikatakan graf Euler jika tiap sudutnya memiliki derajat genap atau hanya memiliki dua simpul berderajat ganjil, namun pada kasus ini yang digunakan adalah definisi yang pertama. Pada graf diatas simpul yang tidak memiliki derajat genap adalah simpul yang berada pada batas yaitu pada baris pertama, kolom pertama, baris terakhir, dan kolom terakhir, sehingga graf Euler dapat diperoleh dengan dua cara.

Cara pertama yaitu dengan menambahkan sisi kepada simpul yang saling disjoint sehingga akan terdapat simpul yang terhubung secara bolak-balik, bobotnya kemudian diambil dari nilai yang sama dengan sisi yang telah menghubungkan kedua simpul tersebut lebih dulu.



Gambar 3.2 : Mendapat graf Euler dengan menambahkan sisi

Cara kedua adalah dengan menghilangkan beberapa sisi hingga diperoleh tiap simpul yang berderajat genap, cara ini dijamin tidak akan menghilangkan informasi apapun yang diperlukan karena yang dilakukan hanyalah menghilangkan sisi pada batas.



Gambar 3.3 : Mendapatkan graf Euler dengan menghilangkan sisi

Sehingga diperoleh sebuah graf euler. Setelah mendapatkan graf euler maka dapat dilanjutkan ke proses segmentasi.

D. Algoritma Segmentasi

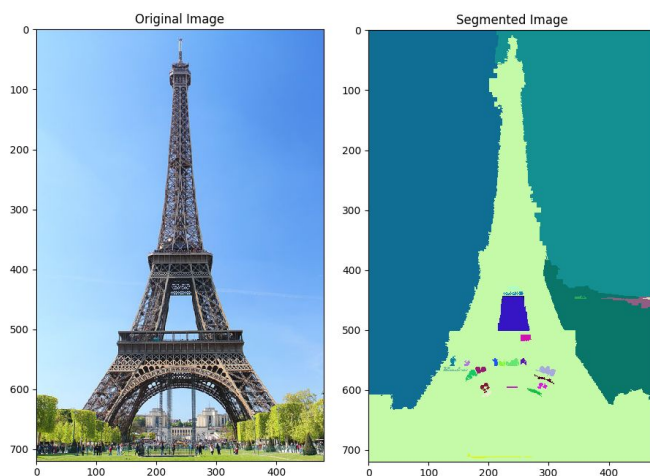
Algoritma segmentasi yang digunakan adalah sebagai berikut

1. Pilih simpul secara acak
2. Simpul yang dipilih kemudian dimasukkan ke dalam `temporary_growing_vector` jika simpul tersebut memenuhi `threshold`
3. jika `temporary_growing_vector` membentuk sebuah sirkuit maka tambahkan ke dalam `cycles_formed`
4. jika `temporary_growing_vector` tidak memiliki sirkuit maka hapus simpul terakhir pada `temporary_growing_vector` dan pilih bobot minimum selanjutnya di antara simpul-simpul yang bertetanggaannya kemudian kembali ke langkah 2
5. jika pada langkah 4 tidak terdapat simpul lain atau tidak ada simpul yang memenuhi `threshold` maka lakukan `backtrack` dan kembali ke `parent` simpul tersebut kemudian lanjutkan dengan menggunakan simpul yang lain
6. kembali ke langkah satu sampai semua simpul memiliki region masing-masing

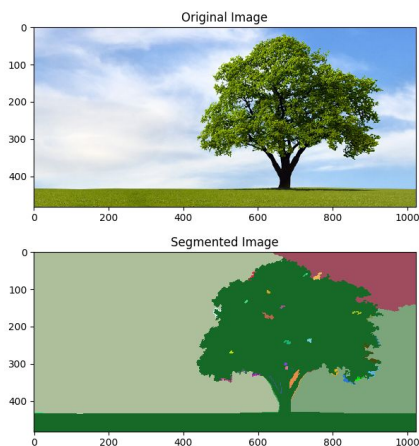
output dari algoritma diatas adalah sebuah list yang menyimpan sirkuit-sirkuit yang terbentuk dari graph yang selanjutnya

E. Pewarnaan Graf

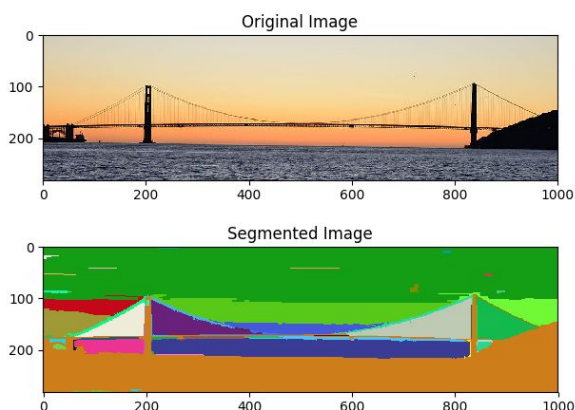
Pewarnaan graf dilakukan dengan memproses himpunan wilayah-wilayah yang diperoleh dari operasi sebelumnya. Tiap wilayah pada list dianggap sebagai sebuah simpul dan selanjutnya dilakukan pewarnaan sedemikian sehingga tidak ada dua simpul dalam hal ini wilayah yang saling bertetangga memiliki warna yang sama. Warna diambil dari tiga warna dasar Merah, Hijau, dan Biru (RGB) dan selanjutnya terus dilakukan pengurangan intensitas secara acak untuk mendapatkan warna yang berbeda-beda



Gambar 3.6 : Hasil segmentasi 3



Gambar 3.4 : Hasil segmentasi 1



Gambar 3.5 : Hasil segmentasi 2

III. ANALISIS HASIL

A. Kelebihan dan Kekurangan

Kelebihan dari metode segmentasi menggunakan graf ini adalah kalkulasinya yang sederhana, oleh karena itu masih banyak optimasi-optimasi yang dapat dilakukan untuk memperoleh hasil yang lebih baik, operasi yang cepat, dan khusus untuk kasus dimana objek dan latar belakang memiliki kontras yang tajam metode ini berjalan dengan sangat baik. Sebaliknya jika mendapatkan gambar dimana objek dan latar belakang gambar tidak terlalu kontras akan sangat susah memperoleh hasil yang akurat, begitu pula pada saat terdapat nilai pixel yang saling menumpuk. Pada pengujian kasus nyata yang dilakukan secara *real-time* sebenarnya metode ini tidak berjalan terlalu baik.

IV. KESIMPULAN

Graph bisa jadi salah satu metode dalam segmentasi gambar. Dengan memanfaatkan teori graf euler sebuah gambar dapat direpresentasikan menjadi sebuah graf dimana setiap pixel pada gambar tersebut akan berperan sebagai simpul. Selanjutnya tiap simpul dihubungkan dengan simpul yang berdekatan. Graf Euler selanjutnya dapat diperoleh dengan penambahan sisi atau menghilangkan beberapa sisi hingga diperoleh graf yang setiap sisinya berderajat genap. Pencarian region dilakukan dengan memilih simpul secara acak kemudian terus melakukan ekspansi dengan simpul-simpul yang memenuhi threshold. Bobot dari sisi diambil dari selisih nilai pixel simpul yang bersisian dengan sisi tersebut. Algoritma terus berjalan sampai setiap simpul telah mendapat regionnya masing-masing. *Output* yang diperoleh yaitu hasil pemrosesan dari gambar input dan setiap region diberikan warna yang berbeda-beda. Algoritma yang digunakan pada pengujian ini dinilai masih kurang efisien dari segi waktu pemrosesan, kompleksitas, dan metode. Terdapat banyak optimasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan akurasi dan mengurangi waktu pemrosesan. Oleh karena masih diperlukan penelitian lebih lanjut terkait topik tersebut.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya ucapkan kehadiran Allah SWT. Karena rahmat dan karunia-Nya lah saya masih sempat untuk menyelesaikan makalah ini dengan tepat waktu. Terima kasih saya ucapkan kepada bu fariska dan seluruh dosen mata kuliah IF2120 Matematika Diskrit yang selama ini mengajar dan membimbing saya dalam penyelesaian makalah ini. Saya juga berterima kasih kepada kedua orang tua saya yang atas doa dan dukungan yang selalu diberikan beserta teman-teman yang telah membantu dalam penyelesaian makalah ini.

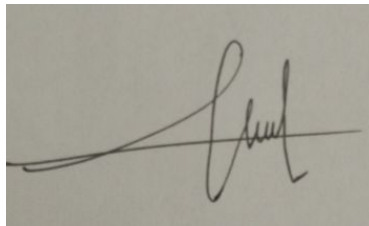
REFERENCES

- [1] Munir, Rinaldi. *Matematika Diskrit*. 2010. Informatika Bandung: Bandung. Edisi 3
- [2] Brownlee, Jason. *A Gentle Introduction to Computer Vision*. 2019. <https://machinelearningmastery.com/what-is-computer-vision/> (Diakses pada tanggal 5 Desember 2019 pukul 10.33 WIB)
- [3] Sharma, Pulkit. *Computer Vision Tutorial: A step-by-step Introduction to Image Segmentation Techniques (Part 1)*. 2019. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/04/introduction-image-segmentation-techniques-python/> (Diakses pada tanggal 5 Desember 2019 Pukul 11.49 WIB)
- [4] Mouli, Chandra. *Image Segmentation Using Euler Graph*. VIT University : Trichy.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 6 Desember 2019



Muh. Muslim Al-Mujahid
13518054