

## Segmentasi Luka Diabetes Menggunakan Masking Contour Image Processing

### *Diabetic Wound Segmentation Using Masking Contour Image Processing*

Wien fitrian roshandri <sup>\*1</sup>, Ema utami <sup>2</sup>, Agung budi prasetio <sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas AMIKOM Yogyakarta, Jl. Ring road utara, Yogyakarta 55281, Indonesia  
Email: <sup>\*1</sup> [wien@stikmuhtk.ac.id](mailto:wien@stikmuhtk.ac.id), <sup>2</sup> [ema.u@amikom.ac.id](mailto:ema.u@amikom.ac.id), <sup>3</sup> [agungbp.amikom.ac.id](mailto:agungbp.amikom.ac.id)

#### **Abstrak**

*Dalam penelitian ini menerapkan teknik segmentasi menggunakan masking contour image processing dari nilai hue, saturation, value (HSV) pada luka diabetes. Posisi pengambilan gambar luka dilakukan dengan derajat kemiringan 80<sup>o</sup> hingga 90<sup>o</sup> dengan iluminasi cahaya sebesar 900 lux, kamera yang digunakan dalam pengukuran luka mempunyai resolusi 5Mp dan kerapatan setiap 1 inch PPI. Nilai color space RGB akan dikonversi terlebih dahulu ke HSV kemudian diberikan masking sebanyak dua layer masing-masing memiliki nilai upper dan lower mask. Dengan pemograman berbasis python menggunakan algoritma K-Means dilakukan iterasi sebanyak 5 kali, cluster GMM sebanyak 5 dan gamma value sebanyak 5. Hasil iterasi ke 5 mendapatkan error terkecil yaitu 0.0002% dengan waktu proses sebesar 161.91 detik. Kesimpulan dari penelitian ini adalah dengan metode ini dapat melakukan segmentasi luka dengan baik dan batas luka dapat terlihat dengan jelas. Saran untuk penelitian selanjutnya diperlukan tambahan nilai dan layer masking yang lebih luas serta penambahan filter seperti dilasi dan erosi agar batas luka dapat terlihat lebih jelas.*

**Kata kunci**— *Digital planimetry, Image processing, HSV, Diabetic wound, Contour image*

#### **Abstract**

*Measuring the wound area in diabetics is still using a manual way with a wound ruler. Whereas the ruler affixed to the wound will become a contaminated agent that can transmit the infection to other recipients. Digital measurement methods are needed to solve the problem. However, clarifying the boundaries between the wound and the skin requires carefulness and high accuracy. For this reason, it has needed an imaging method that can do segmentation between the wound and the skin boundary for diabetic patients based on digital, called digital planimetry. This study uses a masking contour image processing algorithm from the Hue, Saturation, Value (HSV), Then doing iteration five times and gamma filter. So the result of segmentation is formed. This study concludes that the segmentation with this method has not been able to perform the segment properly, and it requires more masking values, but the results of the 5th iteration got a minor error, which is 0.002%. The digital imaging carried out in this study could be developed to be a digital-based diabetic patient wound measurement tool.*

**Keywords**— *Digital planimetry, Image processing, HSV, Diabetic wound, Contour image*

### 1. PENDAHULUAN

Diabetes adalah salah satu penyakit berbahaya No.6 yang banyak menyebabkan kematian di Indonesia. Jumlah penderitanya berusia rentang dari 20 – 76 tahun diperkirakan lebih dari 10.3 juta penderita [1]. Menurut International Diabetes Federation (IDF) tahun 2019 [2], sekitar 463 juta orang menderita diabetes melitus berusia diantara 20-79 tahun. Penderita diabetes diperkirakan akan mengalami kejadian seumur hidup atau tidak tersembuhkan antara 15-25% [3], bahkan ketika dapat disembuhkan maka tingkat untuk mengulang kembali luka diabetes sebesar 30-40% di tahun pertama kesembuhan [4].

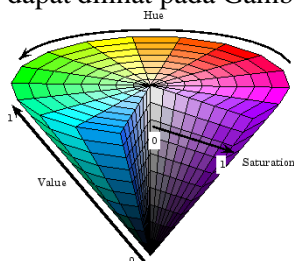
Diabetes *ulcer* adalah luka yang disebabkan oleh komplikasi kronik dari diabetes melitus pada penderita diabetes. Pada umumnya ada dua jenis penyebab luka pada pasien diabetes, yaitu penyakit neuropati dan vaskularisasi [5]. Pengukuran luka diabetes masih dilakukan dengan cara manual dengan langsung meletakkan alat ukur/penggaris di luka pasien, hal ini dapat menyebabkan infeksi luka karena penggaris yang ditempelkan ke luka akan menjadi pengantar bakteri.

Luka yang diukur menggunakan cara manual ini dapat menyebabkan tidak akuratnya hasil ukur. Hasil ukur luka juga mempengaruhi metode pengobatan selanjutnya, besar kecil luka akan diperlakukan dengan metode pengobatan yang berbeda. Untuk itu diperlukan metode digitalisasi dan dokumentasi luas luka yang akurat. Pengkajian luka dengan pendekatan citra digital atau dikenal dengan istilah digital planimetry [6–8].

Penelitian yang dilakukan [9] menggunakan *watershed segmentation* dengan teknik *flooding* dan *purning* pada luka diabetes mendapatkan hasil akurasi segmentasi paling kecil sebesar 97.85 % dah bahkan pada salah satu gambar terdapat akurasi 100%. Namun dari penelitian mereka tersebut masih terbatas pada gambar luka yang tidak banyak variasi warna sehingga kemungkinan *error* memang sangat kecil.

Untuk melakukan segmentasi luka agar algoritma dapat membedakan dengan jelas batas kulit dan luka maka digunakan algoritma *image processing* dengan melakukan seleksi warna luka dari nilai *hue*, *saturation*, *value* (HSV) [10] yang diberikan, kemudian dikonversi menggunakan teknik *contour image* [11–13] sehingga nanti akan dirubah terlebih dahulu menjadi warna hitam putih. Melakukan perhitungan posisi luka dari seleksi nilai warna yang diberikan sebelumnya dan hasil akhir dari teknik segmentasi ini adalah akurasi luas luka dari beberapa nilai HSV yang diberikan sebagai input.

HSV didefinisikan sebagai *Hue*, *Saturation* dan *Value* [14], yang mendekati apa yang ditangkap oleh retina mata manusia. Hue digunakan untuk membedakan warna sebenarnya yang berpengaruh terhadap intensitas panjang gelombang cahaya seperti kemerahan (*redness*), kehijauan (*greenness*). *Saturation* digunakan untuk menyatakan tingkat kemurnian atau kekuatan suatu warna seperti berapa banyak merah di berikan pada warna. *Value* mewakili kecerahan warna atau banyaknya cahaya yang diterima retina mata tanpa memperdulikan warna yang ada. Nilai *value* berkisar antara 0-100%. Nilai masing-masing HSV adalah  $H = 0-179$ ,  $S = 0-255$  dan  $V = 0-255$ . Semakin besar nilai *value* maka akan semakin cerah dan akan memunculkan variasi warna baru. Representasi dari warna HSV dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. HSV Color Space

Sebelum menentukan nilai HSV maka ditentukan nilai *red*, *green*, *blue* (RGB) terlebih dahulu sebagai koordinat warna [15]. Secara teknis warna RGB dipresentasikan dengan tiga komponen nilai. Setiap komponen nilai dapat bernilai 0 sampai 255 [16, 17] dimana (0,0,0) diproyeksikan sebagai warna hitam dan (255,255,255) sebagai warna putih. RGB inilah disebut dengan *color space* [18] yang dapat memproyeksikan warna utama sehingga menjadi warna yang *additive*. Beberapa contoh warna yang dihasilkan dari campuran RGB [19] dapat dilihat pada Tabel 1.

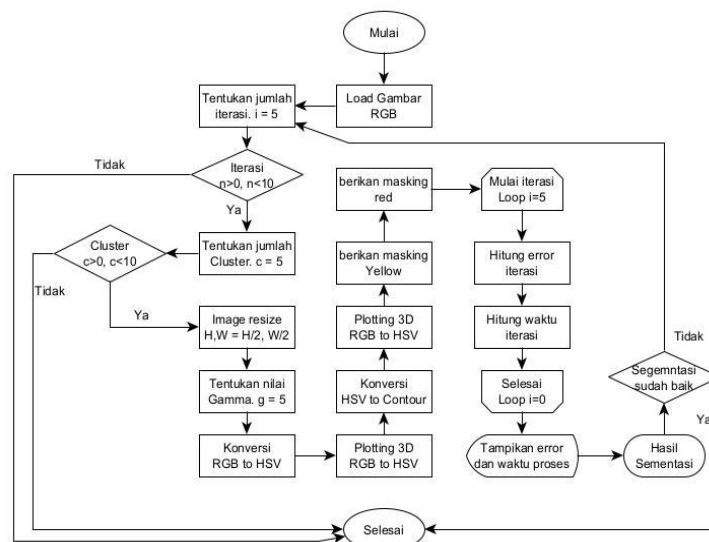
Tabel 1. Konversi warna RGB : sumber www.rapidtables.com

Warna	Nama	Hex	(R,G,B)	(H,S,V)
	Black	#000000	(0,0,0)	(0,0,0)
	White	#FFFFFF	(255,255,255)	(0,0,100)
	Red	#FF0000	(255,0,0)	(0,100,100)
	Lime	#00FF00	(0,255,0)	(120,100,100)
	Blue	#0000FF	(0,0,255)	(240,100,100)
	Yellow	#FFFF00	(255,255,0)	(60,100,100)

Setelah nilai HSV didapatkan maka langkah selanjutnya adalah melakukan segmentasi warna. Segmentasi warna adalah sebuah proses pendekatan warna yang bekerja dengan menganalisis nilai warna dari tiap *pixel* dan membagi citra tersebut sesuai fitur yang diinginkan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian terapan kuantitatif ini menggunakan bahasa pemrograman python dengan K-Means *unsupervised machine learning algorithms* sebagai basis penelitian. K-Means digunakan untuk mempartisi *color mapping pixel* yang ada kedalam 5 *cluster* berdasarkan karakteristiknya, sehingga *pixel* yang mempunyai karakteristik yang sama dikelompokkan dalam satu *cluster* dan *pixel* yang mempunyai karakteristik berbeda dikelompokkan kedalam *cluster* yang lain. Luka yang menjadi bahan pada penelitian ini adalah luka gangren basah pada kaki penderita diabetes. Langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.







Gambar 2. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan

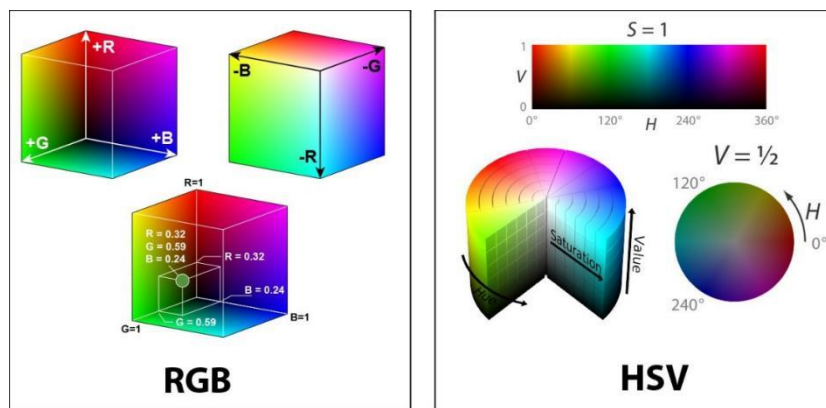
Sebelum menentukan segmentasi luka maka ada beberapa teknik yang diterapkan, diantaranya ;

1.1 Color Space

Seleksi warna yang paling umum digunakan adalah seleksi RGB yang direpresentasikan dengan warna merah (*red*), hijau (*green*) dan biru (*blue*). Didalam penelitian ini digunakan range warna merah dibagi menjadi 2 kategori yaitu : merah rendah (*lower red*) dan merah tinggi (*upper red*) yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konversi warna RGB ke HSV

Kategori	Warna	(R,G,B)	(H,S,V)
Lower red		179,0,0	0,120,70
Upper red		255,42,0	10,255,255
Lower yellow		255,242,204	45,20,100
Upper yellow		255,217,102	45,60,100



Gambar 3. Perbedaan warna RGB dan HSV

Konversi RGB ke HSV seperti pada Gambar 3 dilakukan karena pada dasarnya RGB mempunyai keterkaitan luminasi pada warna. Luminasi tersebut tidak bisa dipisahkan dari informasi warna yang melekat pada RGB. Sedangkan HSV digunakan untuk memisahkan luminasi gambar dari informasi warna dimana akan sangat berguna untuk merubah intensitas warna saja tanpa harus merubah informasi komponen warna lainnya.

Warna RGB tersebut akan dikonversi terlebih dahulu kedalam warna HSV [20] dengan rumus sebagai berikut :

$$H = \tan \left( \frac{3(G-B)}{(R-G)+(R-B)} \right) \tag{1}$$

$$S = 1 - \frac{\min(R,G,B)}{v} \tag{2}$$

$$V = \frac{R+G+B}{3} \tag{3}$$

Dengan menggunakan ide awal pada rumus diatas didapati masalah jika *saturation* bernilai 0 maka *hue* tidak terdefinisi [21]. Untuk itu cara kedua dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r = \frac{R}{(R+G+B)} \quad (4)$$

$$g = \frac{G}{(R+G+B)} \quad (5)$$

$$b = \frac{B}{(R+G+B)} \quad (6)$$

$$Cmax = \max (r, g, b) \quad (7)$$

$$Cmin = \min (r, g, b) \quad (8)$$

$$\Delta = Cmax - Cmin \quad (9)$$

$$h = \begin{cases} 60 \times \left(\frac{g-b}{\Delta} \bmod 6\right) & \text{jika } Cmax = r \\ 60 \times \left(\frac{b-r}{\Delta} + 2\right) & \text{jika } Cmax = g \\ 60 \times \left(\frac{r-g}{\Delta} + 4\right) & \text{jika } Cmax = b \end{cases} \quad (10)$$

$$s = \begin{cases} 0, & \text{jika } Cmax = 0 \\ \frac{\Delta}{Cmax}, & \text{jika } Cmax > 0 \end{cases} \quad (11)$$

$$v = Cmax \quad (12)$$

Setelah melakukan konversi warna ke HSV dengan rumus yang telah di sebutkan, maka dilakukan konversi dengan rumus berikut [19].

$$H = h \times 2 \quad (13)$$

$$S = \frac{s}{255} \quad (14)$$

$$V = \frac{v}{255} \quad (15)$$

$$m = (H, S, V) \quad (16)$$

Pada rumus tersebut didapat nilai m adalah nilai masking yang digunakan. Rumus tersebut berlaku untuk setiap *array mask* yang di buat dalam penelitian ini.

## 1.2 Segmentasi Warna Luka

Segmentasi gambar adalah proses yang digunakan untuk mencari lokasi objek dan batas (misalnya, garis atau kurva) pada gambar [22]. Selanjutnya, dapat didefinisikan sebagai proses pelabelan setiap *pixel* dalam sebuah gambar , di mana semua *pixel* memiliki label yang sama berbagi karakteristik visual tertentu. Segmentasi menggunakan informasi lokal dalam gambar digital untuk menghitung segmentasi terbaik, seperti informasi warna yang digunakan untuk membuat histogram atau informasi yang menunjukkan tepi, batas, atau informasi tekstur.

Segmentasi dilakukan agar algoritma dapat membedakan warna antara luka dan kulit

---

[23]. Pada Tabel 2 ditampilkan warna segmentasi HSV yang digunakan. Pada Gambar 4 luka diabetes akan menemukan perbedaan warna yang lebih mencolok daripada warna kulit.

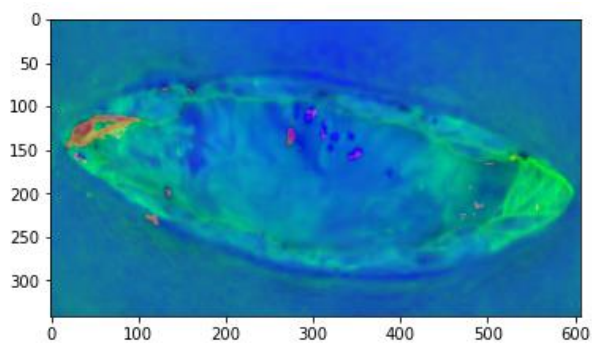


Gambar 4. Segmentasi warna luka dan kulit

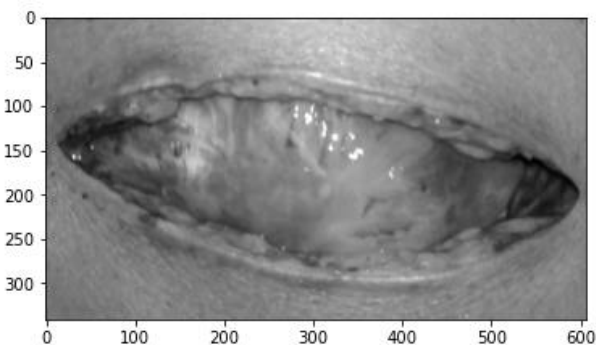
Dengan didapatnya range warna HSV pada metode sebelumnya maka pendekatan segmentasi pada luka dapat dilakukan. Algoritma akan menemukan luka sesuai dengan kode warna HSV yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu lower dan upper thresholds [24].

### 1.3 Konversi HSV ke Contour Image.

Hasil range warna yang didapat setelah segmentasi akan di rubah ke warna kedalam HSV [25, 26] terlebih dahulu seperti Gambar 5 dan *black and white* terlebih dahulu seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Konversi luka ke HSV

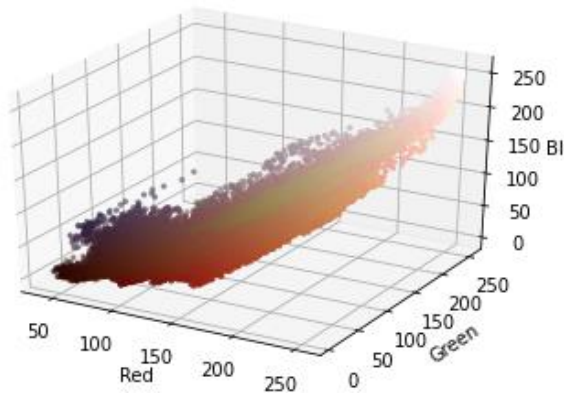


Gambar 6. Konversi luka ke Gray Map

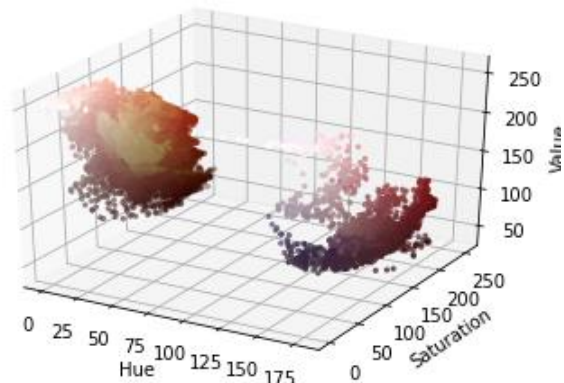
Hal ini dilakukan untuk memperjelas batas segmentasi dan mendapatkan area *mask* yang akan digunakan untuk *lower dan upper red* sebagai *masking* yang nantinya menjadi dasar nilai untuk merepresantasikan koordinat luka dan melakukan perhitungan luas luka.

#### 1.4 Ploting RGB dan HSV menjadi 3D

Untuk mempermudah menentukan *color space* yang akan digunakan maka kita dapat melakukan *plotting color RGB* kedalam 3D dapat dilihat pada Gambar 7 dan *plotting HSV* pada Gambar 8.



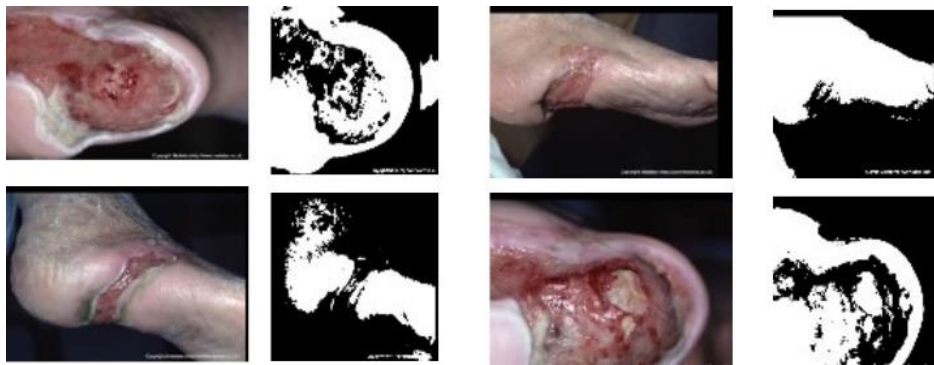
Gambar 7. Plotting image 3D RGB



Gambar 8. Plotting image 3D HSV

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Jawahar [27] dengan metode yang sama, belum menunjukkan hasil yang baik dalam mendapatkan *color space* dari nilai HSV dan hanya melakukan satu kali *masking* sehingga akan mendapatkan hasil segmentasi luka yang kurang maksimal yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil penelitian Jawahar

Sedangkan untuk penelitian yang dilakukan menggunakan 6 buah sample gambar luka yang berbeda dan difoto langsung pada luka pasien diabetes dapat dilihat pada Gambar 10. Posisi pengambilan gambar luka dilakukan dengan derajat kemiringan  $80^{\circ}$  hingga  $90^{\circ}$  dengan iluminasi cahaya sebesar 900 lux, camera yang digunakan dalam pengukuran luka mempunyai resolusi 5Mp dan kerapatan setiap 1 inch PPI. Gambar yang akan di hasilkan dengan ukuran =  $2580 \times 2048 = 5,283,840$  pixels dan aspect ratio 1.26 dan dalam posisi *landscape*. Estimasi hasil akhir ukuran gambar jika dalam format jpg 24bit/pixel sebanyak 100% uncompressed maka didapat rata-rata 1,08 Mb. Melakukan dua kali *masking* dan menggunakan lima kali iterasi dan *gamma value*. Perbedaan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbedaan penelitian

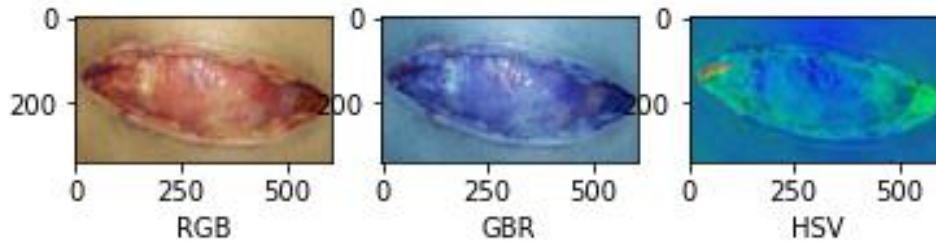
Peneliti	Metode	Iterasi	Gamma	error
Jawahar [27]	HSV	0	0	0.06
Elmogy [28]	CAD	0	0	0.06
Li [29]	HSV	10	0	0.24
Rother [30]	Grabcut	10	5	-



Gambar 10. Sample luka

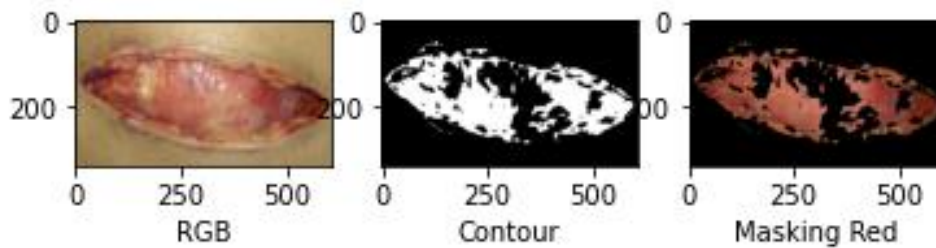
Kemudian gambar dilakukan konversi dari RGB ke BGR dan HSV dapat dilihat pada Gambar 11. Hal ini dilakukan agar memudahkan melakukan masking dan segmentasi warna.





Gambar 11. Konversi warna RGB, BGR, HSV

Setelah melakukan konversi warna, langkah selanjutnya adalah melakukan proses *mapping contour* dan *masking* awal warna high red dan lower red, seperti terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Contour dan masking red

Hasil segmentasi 6 luka yang dilakukan dengan set atribut jumlah iterasi 5, cluster 5 dan gamma 5 dapat dilihat pada Tabel 4. Karena ada 5 cluster maka perhitungan iterasi dapat dilakukan dengan rumus (17) agar mendapat nilai dari *Euclidean Distance* setiap iterasi [31]. Dimana  $p$  adalah data,  $c$  dinotasikan sebagai centroid,  $n$  adalah jumlah data,  $i$  adalah iterasi bernilai 5.

$$D_n = \sqrt{\sum_{i=0}^n (p_i - c_i)^2} \tag{17}$$

Iterasi dilakukan sebanyak 5 kali dengan mempertimbangkan hasil yang didapat sudah baik. Pengulangan iterasi dilakukan agar hasil akhir dari *masking* mendapat error yang lebih sedikit. Hal ini terlihat pada Tabel 4 bahwa semakin banyak melakukan iterasi maka error yang didapat akan semakin sedikit. Pada data (a) didapat nilai awal adalah 0.219 kemudian dilakukan iterasi kedua dengan nilai awal adalah data (a) sehingga nilai dari iterasi kedua menjadi 0.016 dan begitu seterusnya hingga dilakukan pengulangan 5 iterasi. Rumus (18) digunakan untuk menghitung selisih error iterasi [32]. Dimana  $E^{(k)}$  adalah error iterasi ke-k. Kemudian  $p^{D_n}$  adalah nilai iterasi saat ini, dan  $p^{(D_{n-1})}$  nilai iterasi ke-(k-1) atau iterasi sebelumnya.

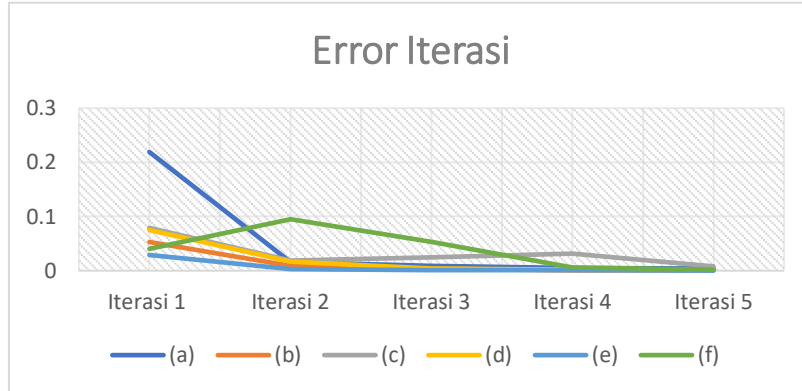
$$E^{(k)} = [p^{D_n} - p^{(D_{n-1})}] \tag{18}$$

Tabel 4. Error dan response time pada iterasi

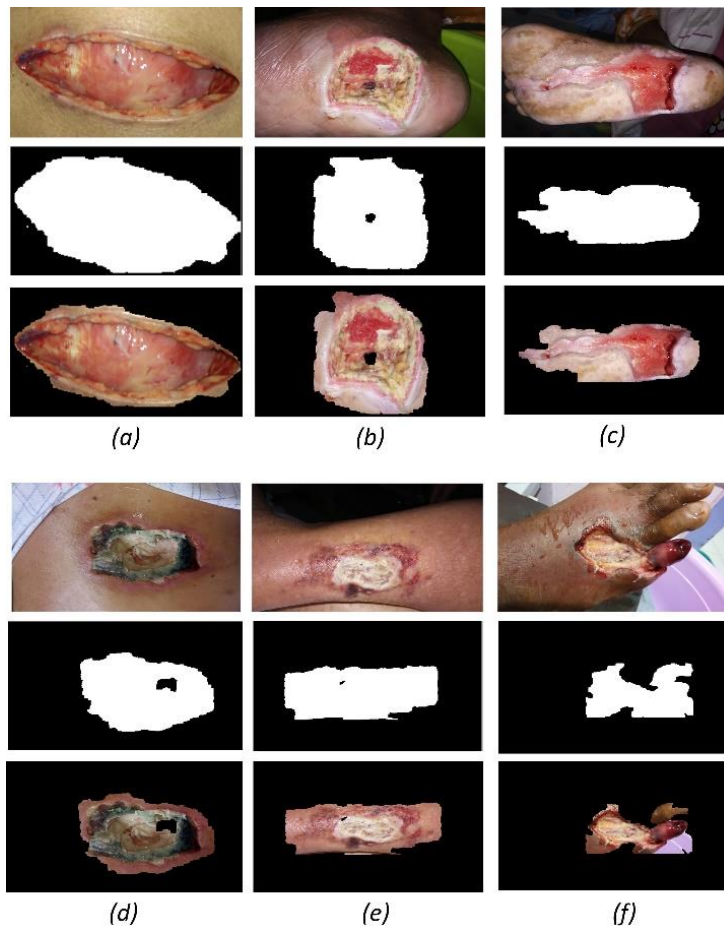
data	Error Iterasi dalam %					Time (s)
	1	2	3	4	5	
(a)	0.219	0.016	0.009	0.005	0.004	51.98
(b)	0.053	0.009	0.004	0.0007	0.0009	165.36
(c)	0.079	0.019	0.025	0.032	0.008	179.72

(d)	0.075	0.017	0.004	0.0019	0.0016	161.23
(e)	0.029	0.003	0.001	0.0008	0.0002	161.91
(f)	0.040	0.095	0.053	0.006	0.002	167.91

Berdasarkan hasil pada Tabel 3 diatas maka grafik error dan response time pada iterasi dapat terlihat pada Gambar 13. Hasil akhir masking dalam menentukan batas luka dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 13. Grafik error pada iterasi



Gambar 14. Hasil akhir masking

Hasil pada Gambar 13 pada (a) memperlihatkan gambar asli dari luka. Kemudian dilakukan algoritma *masking* iterasi sebanyak 5 kali sehingga didapat hasil *masking* dengan error yang terkecil. Hasil akhir segmentasi dapat dilihat pada gambar terakhir pada setiap point.

#### 4. KESIMPULAN

Penggunaan *color space* berdasarkan identifikasi nilai *pixel* warna yang dilakukan di penelitian ini menunjukkan hasil yang sudah baik yang dapat dilihat pada jumlah *error* yang relatif kecil dan terkecil adalah 0.002%. Waktu yang diperlukan untuk mengolah iterasi paling kecil adalah 51.98 detik, berdasarkan analisa bahwa semakin besar ukuran gambar yang diproses maka diperlukan waktu yang lebih lama, untuk itu diperlukan pengambilan gambar dengan fokus ke luka saja agar *response time* lebih kecil. Memang sangat sulit membedakan antara warna kulit dan luka yang hampir memiliki rentang nilai warna *pixel* sama. Hal ini berbeda dengan melakukan segmentasi dengan *background* yang *contras*. Warna kulit pasien diabetes juga bervariasi dan algoritma harus dapat membedakan dengan jelas warna kulit dan luka.

Beberapa warna tidak dapat dikenal di luka seperti warna hitam pada tengah luka dan bukan di luar luka, sehingga algoritma membaca warna tersebut adalah warna *background* dan bukan warna luka. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat meneruskan segmentasi luka ini dengan menambahkan seleksi filter seperti dilasi maupun erosi untuk memperhalus hasil segmentasi batas luka dan kulit.

#### 5. SARAN

Penelitian selanjutnya dapat melakukan *improve* nilai *masking upper* dan *lower* serta menambah *multi masking* tidak hanya sebatas dua *masking* seperti didalam penelitian yang dilakukan. Kemudian dapat dilakukan filter dilasi dan erosi filter agar batas luka dan kulit dapat dibedakan secara lebih jelas.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Imelda, S. I., 2019, *Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Terjadinya diabetes Melitus di Puskesmas Harapan Raya Tahun 2018*, *Scientia Journal*, Vol. 8, Ed. 1, 28–39, <https://doi.org/10.35141/scj.v8i1.406>
- [2] *IDF Diabetes Atlas Ninth edition 2019*, 2019, *International Diabetes Federation*, <https://www.diabetesatlas.org/en/>, diakses tgl January 21, 2019
- [3] Schaper, N. C., Van Netten, J. J., Apelqvist, J., Lipsky, B. A., & Bakker, K., 2016, *Prevention and management of foot problems in diabetes: a Summary Guidance for Daily Practice 2015, based on the IWGDF Guidance Documents*, *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, Vol. 32, Ed. 1, 7–15, <https://doi.org/10.1002/dmrr.2695>
- [4] Bus, Si. A., Waaijman, R., Arts, M., Haart, M. De, Busch-Westbroek, T., Van Baal, J., & Nollet, F., 2013, *Effect of custom-made footwear on foot ulcer recurrence in diabetes: A multicenter randomized controlled trial*, *Diabetes Care*, Vol. 36, Ed. 12, 4109–4116, <https://doi.org/10.2337/dc13-0996>
- [5] Sulistyono, A. A. H., 2018, *Management of Diabetic Foot Ulcer: a Literature Review*, *Jurnal Keperawatan Indonesia*, Vol. 21, Ed. 2, 84–93, <https://doi.org/10.7454/jki.v21i2.634>
- [6] Williams, K. J., Sounderajah, V., Dharmarajah, B., Thapar, A., & Davies, A. H., 2017, *Simulated Wound Assessment Using Digital Planimetry versus Three-Dimensional Cameras: Implications for Clinical Assessment*, *Annals of Vascular Surgery*, Vol. 41, 235–240, <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2016.10.029>
- [7] Jørgensen, L. B., Sørensen, J. A., Jemec, G. B. E., & Yderstr, K. B., 2015, *Methods to*

- assess area and volume of wounds -- a systematic review*, *Statistical Methods*, 14,
- [8] Foltynski, P., 2018, *Ways to increase precision and accuracy of wound area measurement using smart devices: Advanced app Planimator*, *PLoS ONE*, Vol. 13, Ed. 3, 1–16, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192485>
- [9] Babu, K. S., Ravi Kumar, Y. B., & Sabut, S., 2017, *An improved watershed segmentation by flooding and pruning algorithm for assessment of diabetic wound healing*, *RTEICT 2017 - 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information and Communication Technology*, *Proceedings*, Vol. 2018- Janua, 679–683, <https://doi.org/10.1109/RTEICT.2017.8256683>
- [10] Ahmad Fauzi, M. F., Khansa, I., Catignani, K., Gordillo, G., Sen, C. K., & Gurcan, M. N., 2015, *Computerized segmentation and measurement of chronic wound images*, *Computers in Biology and Medicine*, Vol. 60, 74–85, <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2015.02.015>
- [11] Niu, S., Chen, Q., de Sisternes, L., Ji, Z., Zhou, Z., & Rubin, D. L., 2017, *Robust noise region-based active contour model via local similarity factor for image segmentation*, *Pattern Recognition*, Vol. 61, 104–119, <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2016.07.022>
- [12] Xiong, W., Yu, J., Lin, Z., Yang, J., Lu, X., Barnes, C., & Luo, J., n.d., *Foreground-aware Image Inpainting*, 2, 5840–5848,
- [13] Wang, L., Chang, Y., Wang, H., Wu, Z., Pu, J., & Yang, X., 2017, *An active contour model based on local fitted images for image segmentation*, *Information Sciences*, Vol. 418–419, 61–73, <https://doi.org/10.1016/j.ins.2017.06.042>
- [14] Gerhana, Y. A., Zulfikar, W. B., Ramdani, A. H., & Ramdhani, M. A., 2018, *Implementation of Nearest Neighbor using HSV to Identify Skin Disease*, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 288, Ed. 1, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/288/1/012153>
- [15] Shi, R. B., Qiu, J., & Maida, V., 2019, *Towards algorithm-enabled home wound monitoring with smartphone photography: A hue-saturation-value colour space thresholding technique for wound content tracking*, *International Wound Journal*, Vol. 16, Ed. 1, 211–218, <https://doi.org/10.1111/iwj.13011>
- [16] op 't Veld, R. C., van den Boomen, O. I., Lundvig, D. M. S., Bronkhorst, E. M., Kouwer, P. H. J., Jansen, J. A., Middelkoop, E., Von den Hoff, J. W., Rowan, A. E., & Wagener, F. A. D. T. G., 2018, *Thermosensitive biomimetic polyisocyanopeptide hydrogels may facilitate wound repair*, *Biomaterials*, Vol. 181, 392–401, <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2018.07.038>
- [17] Grandi, V., Bacci, S., Corsi, A., Sessa, M., Puliti, E., Murciano, N., Scavone, F., Cappugi, P., & Pimpinelli, N., 2018, *ALA-PDT exerts beneficial effects on chronic venous ulcers by inducing changes in inflammatory microenvironment, especially through increased TGF-beta release: A pilot clinical and translational study*, *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, Vol. 21, 252–256, <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2017.12.012>
- [18] Sirazitdinova, E., & Deserno, T. M., 2017, *System design for 3D wound imaging using low-cost mobile devices*, *Medical Imaging 2017: Imaging Informatics for Healthcare, Research, and Applications*, Vol. 10138, 1013810, <https://doi.org/10.1117/12.2254389>
- [19] *RGB to HSV color conversion*, n.d., Retrieved March 13, 2020, from <https://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-hsv.html>, diakses tgl March 13, 2020
- [20] Gupta, A., 2017, *Real time wound segmentation/management using image processing on handheld devices*, *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, Vol. 17, Ed. 2, 321–329, <https://doi.org/10.3233/JCM-170706>
- [21] Fauzan, A., 2015, *Ruang Warna Hue Saturation Value (HSV) serta proses Konversinya*, *Kita Informatika*, <http://www.kitainformatika.com/2015/01/ruang-warna-hue-saturation-value-hsv.html>, diakses tgl March 24, 2021
- [22] Bozorgtabar, B., Sedai, S., Kanti Roy, P., & Garnavi, R., 2017, *Skin lesion segmentation*
-

- using deep convolution networks guided by local unsupervised learning*, *IBM Journal of Research and Development*, Vol. 61, Ed. 4, 1–8, <https://doi.org/10.1147/JRD.2017.2708283>
- [23] Mishra, R., & Daescu, O., 2017, *Deep learning for skin lesion segmentation*, *2017 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM)*, 1189–1194, <https://doi.org/10.1109/BIBM.2017.8217826>
- [24] Li, F., Wang, C., Liu, X., Peng, Y., & Jin, S., 2018, *A Composite Model of Wound Segmentation Based on Traditional Methods and Deep Neural Networks*, *Computational Intelligence and Neuroscience*, Vol. 2018, Ed. 1, <https://doi.org/10.1155/2018/4149103>
- [25] Hamuda, E., Mc Ginley, B., Glavin, M., & Jones, E., 2017, *Automatic crop detection under field conditions using the HSV colour space and morphological operations*, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 133, 97–107, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.11.021>
- [26] Kumar, M., & Jindal, S. R., 2019, *Fusion of RGB and HSV colour space for foggy image quality enhancement*, *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 78, Ed. 8, 9791–9799, <https://doi.org/10.1007/s11042-018-6599-8>
- [27] Jawahar, M., Jani Anbarasi, L., Graceline Jasmine, S., & Narendra, M., 2020, *Diabetic foot ulcer segmentation using color space models*, *Proceedings of the 5th International Conference on Communication and Electronics Systems, ICCES 2020*, *Icces*, 742–747, <https://doi.org/10.1109/ICCES48766.2020.09138024>
- [28] Elmogy, M., Khalil, A., Shalaby, A., Mahmoud, A., Ghazal, M., & El-Baz, A., 2019, *Chronic Wound Healing Assessment System Based on Color and Texture Analysis*, *IST 2019 - IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques, Proceedings*, <https://doi.org/10.1109/IST48021.2019.9010586>
- [29] Li, Y., Zhang, J., Gao, P., Jiang, L., & Chen, M., 2018, *Grab Cut Image Segmentation Based on Image Region*, *2018 3rd IEEE International Conference on Image, Vision and Computing, ICIVC 2018*, 311–315, <https://doi.org/10.1109/ICIVC.2018.8492818>
- [30] Rother, C., Kolmogorov, V., & Blake, A., 2004, *GrabCut - Interactive foreground extraction using iterated graph cuts*, *ACM SIGGRAPH 2004 Papers, SIGGRAPH 2004*, 309–314, <https://doi.org/10.1145/1186562.1015720>
- [31] Salam, E. J., 2017, *K-{Means} {Clustering} {Algorithm}*, In *K-Means Clustering Algorithm*, <https://ekojunaidisalam.com/2017/02/09/k-means-clustering-algorithm/>,
- [32] Estri, M. N., Nurshiami, S. R., Reorita, R., & Ibrohim, M. O., 2018, *Penentuan kriteria penghentian iterasi pada algoritma stroberi*, *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika*, Vol. 10, Ed. 1, 27, <https://doi.org/10.20884/1.jmp.2018.10.1.2834>