

## SEGMENTASI PEMBULUH DARAH PADA FUNDUS RETINA MENGGUNAKAN DETEKSI TEPI DAN OPERASI MORFOLOGI

### *Segmentation of Blood Vessels in the Retina Fundus using Edge Detection and Morphology Operation*

AHMAD ZENDHAF<sup>1</sup>, RITA MAGDALENA<sup>2</sup>, R YUNENDAH NUR FU'ADAH<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>abenzendhaf@gmail.com, <sup>2</sup>ritamagdalenat@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>yunendah@telkomuniversity.ac.id.

---

#### Abstrak

Perkembangan teknologi yang begitu pesat menjadikan proses segmentasi menjadi begitu diperlukan, proses segmentasi pada pembuluh darah retina pada fundus retina menjadi hal yang penting pada bidang biomedis untuk mempermudah para ahli kesehatan dalam mengidentifikasi penyakit yang terkait dengan mata.

Maka dari itu pada tugas akhir kali ini dirancang sebuah sistem perangkat lunak menggunakan MATLAB, yang dimana sistem mampu mensegmentasi pembuluh darah retina pada citra fundus retina. Adapun langkah-langkah utama dalam melakukan segmentasi, langkah pertama melakukan *preprocessing* citra yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra agar dapat tersegmentasi dengan optimal, kemudian melakukan segmentasi citra yang bertujuan untuk melakukan proses ekstraksi sehingga diperoleh pembuluh darah retina dari citra fundus mata menggunakan metode deteksi tepi dan operasi morfologi serta menggabungkan metode deteksi tepi dan operasi morfologi.

Berdasarkan hasil penelitian yang menggunakan data *DRIVE (Digital Retinal Images for Vessel Extraction)* sebanyak 40 citra retina dilakukan analisis performansi sistem menggunakan *confusion matrix* yang menghasilkan nilai rata-rata akurasi dari deteksi tepi sebesar 80,19% dan operasi morfologi sebesar 88,40% serta metode gabungan dari deteksi tepi dan operasi morfologi sebesar 85,21% dengan parameter akurasi, TPR, FPR dan presisi.

**Kata Kunci:** Mata, Deteksi Citra, Segmentasi, Deteksi Tepi, Operasi Morfologi

---

#### Abstract

*The rapid technological development makes the segmentation process so necessary, the process of segmentation of the retinal blood vessels in the retinal fundus is important in the biomedical field to facilitate health experts in identifying eye-related diseases.*

*Therefore, this final project designed a software system using MATLAB, in which the system is able to segment the retinal blood vessels in the retinal fundus image. As for the main steps in segmentation, the first step is to do image preprocessing which aims to improve image quality so that it can be segmented optimally, then do image segmentation which aims to extract the process so that the retinal blood vessels from the fundus image of the eye are using edge detection and morphological operations and combining edge detection and morphology operations methods.*

*Based on the results of research that uses DRIVE (Digital Retinal Images for Vessel Extraction) data as many as 40 retinal images are performed system performance analysis using confusion matrix which produces an average value of accuracy of edge detection of 80.19% and morphological operation of 88.40% and combined method of edge detection and morphological operation is 85.21% with accuracy, TPR, FPR and precision parameters.*

**Key words:** Eye, Image Detection, segmentation, Edge Detection, Morphology Operation

---

## 1. Pendahuluan

Salah satu bagian penting dalam tubuh manusia yang fungsi dan tugasnya melakukan penglihatan adalah mata yang mendeteksi cahaya dan mengubahnya menjadi impuls elektrokimia pada sel saraf, salah satu tanda seseorang menderita penyakit mata adalah dengan terjadinya perubahan pada citra retina. Penyakit yang dapat dideteksi dari karakteristik pembuluh darah retina seseorang antara lain adalah diabetes, hipertensi dan penyempitan pembuluh nadi [1].

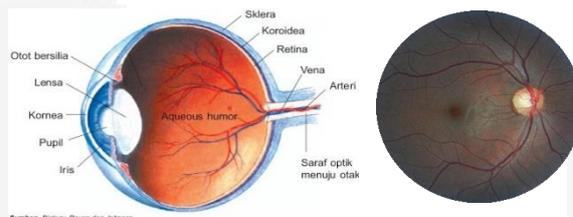
Hal yang menjadi fokus dalam penelitian yang berkaitan dengan mata adalah tentang penyakit mata. Identifikasi pada fundus dapat dilakukan dengan cara menggunakan citra retina yang melibatkan pembagian gambar, teknik yang digunakan dalam mengidentifikasi pembuluh darah adalah menggunakan pembagian gambar pada citra retina dengan mengidentifikasi citra retina seperti area pada suatu gambar untuk dianalisis pada lingkaran, garis atau bentuk yang sesuai [2]. Dalam menganalisa sebuah penyakit salah satu bagian dalam fundus retina yang dapat digunakan untuk identifikasi penyakit adalah pembuluh darah pada bagian fundus retina, dimana fundus retina adalah permukaan dalam mata yang terletak bertentangan dengan lensa [3].

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Fundus Mata

Fundus mata adalah permukaan bagian dalam mata yang terletak bertentangan dengan lensa yang mencakup pembuluh darah, retina, *macula*, *fovea*, *posterior pole* dan syaraf optik. Fundus mata dapat dilihat dengan menggunakan oftalmoskopi [6].

Retina adalah selapit tipis sel yang terletak pada bagian belakang bola mata *vertebrata* dan *cephalopoda*. Retina merupakan bagian mata yang mengubah cahaya menjadi sinyal saraf. Retina memiliki sel fotoreseptor ("*rods*" dan "*cones*") yang mampu menerima cahaya [7].



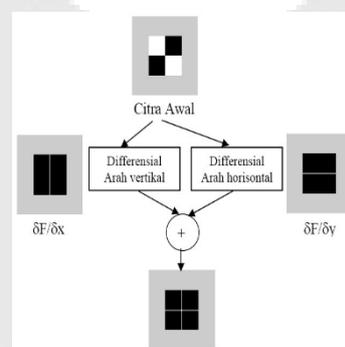
GAMBAR 2.1 A. STRUKTUR BOLA MATA B. FOTO DIGITAL RETINA [8]

### 2.2 Citra

Citra adalah gambar dua dimensi yang dihasilkan dari gambar analog dua dimensi yang kontinu menjadi gambar diskrit melalui proses *sampling*. Gambar analog dibagi menjadi N baris dan M kolom sehingga menjadi gambar diskrit. Persilangan antara baris dan kolom tertentu disebut dengan piksel [9].

### 2.3 Deteksi Tepi

Deteksi tepi merupakan salah satu metode untuk mendeteksi suatu objek. deteksi tepi (*edge detection*) adalah operasi yang dijalankan untuk mendeteksi garis tepi (*edges*) yang membatasi dua wilayah citra homogen yang memiliki tingkat kecerahan yang berbeda. Tujuannya adalah untuk mengubah citra 2D menjadi bentuk kurva, *edge* adalah beberapa bagian dari citra di mana intensitas kecerahan berubah secara drastis [5].



GAMBAR 2.3 PROSES DETEKSI TEPI CITRA

#### 2.3.1 Sobel

*Sobel* memiliki 2 (3x3) *mask* atau kernel konvolusi H dan V, seperti yang diilustrasikan pada (2.4). Kernel ini dapat digunakan untuk mencari orientasi dan besarnya gradien. Utama aplikasi deteksi tepi *sobel* adalah untuk

mengidentifikasi tepi-tepi pada gambar sepanjang sumbu *vertikal* dan *horizontal*. Jadi jenis ini mencoba mengidentifikasi ujung-ujungnya dalam arah *vertikal* dan *horizontal* kemudian digabungkan sebagai satu matriks [15].

### 2.3.2 Prewitt

*Prewitt* sangat mirip dengan *sobel* hanya saja pada *prewitt* menggunakan konstanta (1), untuk mencari orientasi dan besarnya gradien dalam deteksi *prewitt* dapat menggunakan kernel seperti berikut [15].

### 2.3.3 Roberts

*Roberts* salah satu dari dua kernel digeser terhadap yang lain. Deteksi tepi ini melakukan pengukuran gradien yang cepat pada suatu gambar. Kernel dapat digunakan untuk menemukan orientasi dan besarnya gradien yang digunakan dalam deteksi tepi *roberts* [15].

### 2.3.4 Canny

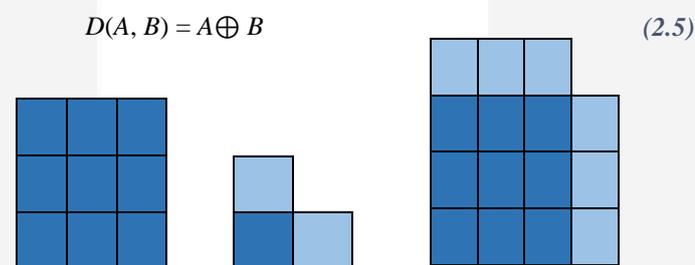
*Canny* dapat digunakan untuk mengidentifikasi berbagai tepi nyata dalam gambar. Deteksi menghilangkan piksel *noise* yang tidak diinginkan dengan proses menghaluskan ujung-ujungnya dalam gambar, karena *noise* menghasilkan tepi yang salah. Dalam deteksi tepi ini, rasio *signal to noise* ditingkatkan dibandingkan dengan metode lain. Ini adalah alasan mengapa deteksi ini banyak digunakan untuk deteksi tepi dalam pemrosesan citra [15].

## 2.4 Morphology Operation

Operasi morfologi adalah sebuah metode yang dapat mendeteksi suatu objek. Metode ini mampu merepresentasikan citra dua dimensi sebagai suatu himpunan matematika, misal citra biner digambarkan sebagai suatu *pixels (picture elements)* dalam bidang biner  $Z^2$  [16]. Dengan pendekatan dari metode morfologi, kita mendapatkan suatu citra yang menjadi posisi-posisi (x,y) yang bernilai (1) atau (0). Operasi morfologi merupakan sebuah operasi yang bertujuan untuk meningkatkan bentuk (struktur) agar dapat mempermudah sebuah objek untuk dikenali [17]. Pada dasarnya, pemrosesan citra yang dilakukan morfologi menggunakan cara *mem-passing structuring element* terhadap sebuah citra yang dimana cara yang digunakan sama dengan konvolusi. Operasi morfologi memiliki bagian yang mempunyai peran penting yaitu *structuring element (SE)*, yang dimana berguna untuk merubah citra masukan. SE merupakan sebuah matriks yang terdiri dari "0" dan "1", dan matriks-matriks tersebut memiliki sebuah ukuran dan bentuk tertentu. Operasi morfologi memiliki golongan operasi sebagai berikut [18] :

### 2.4.1 Dilasi

Dilasi merupakan proses penggabungan titik-titik latar (0) menjadi bagian dari objek (1), berdasarkan *structuring element* yang digunakan. Dimana A adalah citra input, dan B adalah *structuring element* [4]

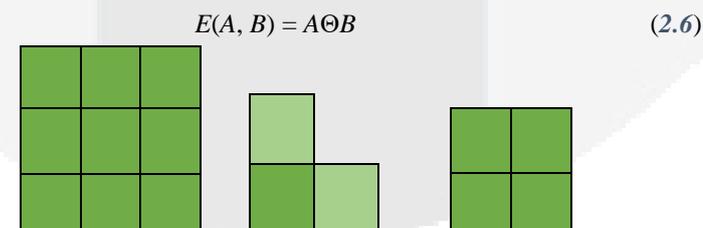


GAMBAR 2. 2 OPERASI DILASI PADA CITRA BINER

a. *Input Image*; b. *Structur Element*; c. *Output* [22]

### 2.4.2 Erosi

Erosi merupakan proses penghapusan titik-titik objek (1) menjadi bagian dari latar (0), berdasarkan *structuring element* yang digunakan. Operasi yang dapat menghasilkan keluaran piksel pada citra dengan objek yang cenderung diperkecil. Operasi erosi akan melakukan pengurangan pada citra, dirumuskan sebagai:



GAMBAR 2. 3 OPERASI EROSI PADA CITRA BINER

a. *Input image*; b. *Structur Element*; c. *Output* [22]

### 2.4.3 Opening

*Opening* adalah operasi erosi yang diikuti dengan dilasi, bersifat memperhalus kontur objek dan menghilangkan piksel di area yang terlalu kecil untuk ditempati oleh *structure element*. Dirumuskan sebagai:

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (2.7)$$

### 2.4.4 Closing

*Closing* adalah operasi dilasi yang diikuti dengan erosi, bersifat memperhalus kenampakan citra, menghilangkan lubang-lubang kecil, dan menggabungkan objek-objek yang berdekatan. Dirumuskan sebagai:

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (2.8)$$

### 2.4.5 Thinning

*Thinning* (penipisan) adalah proses mengurangi suatu objek pada citra digital menjadi ukuran yang minimum (area di reduksi menjadi rangka atau *skeleton*). *Thinning* digunakan untuk memperkecil ukuran geometrik objek dengan hasil akhir berupa *skeleton* atau ragka. *Thinning* hanya digunakan pada citra biner dan menghasilkan citra biner lagi sebagai outputnya [3].

## 2.5 Confusion Matrix [20]

*Confusion matrix* adalah sebuah tabel yang menyatakan jumlah data uji yang benar diklasifikasikan dan jumlah data uji yang salah diklasifikasikan [20].

TABEL 2.1 C MATRIX UNTUK KLASIFIKASI BINER

		Kelas Prediksi	
		1	0
Kelas Sebenarnya	1	TP	FN
	0	FP	TN

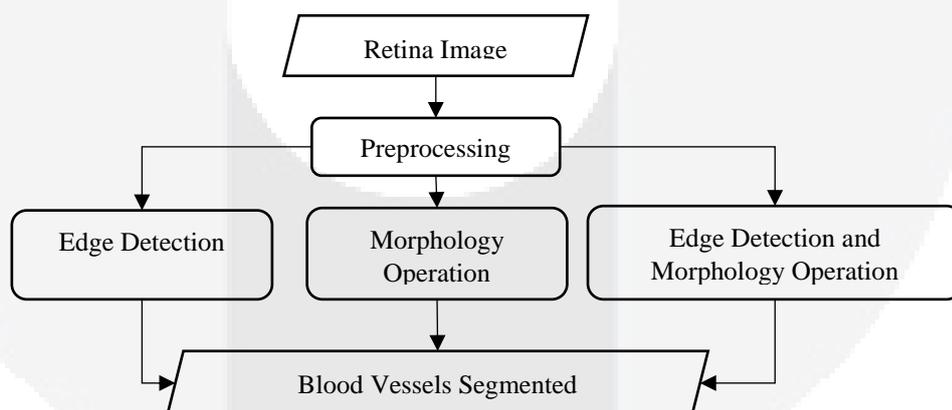
Keterangan untuk tabel 2.2 dinyatakan sebagai berikut:

1. *True Positive* (TP), yaitu jumlah dokumen dari kelas 1 yang benar dan di klasifikasikan sebagai kelas 1.
2. *True Negative* (TN), yaitu jumlah dokumen dari kelas 0 yang benar diklasifikasikan sebagai kelas 0.
3. *False Positive* (FP), yaitu jumlah dokumen dari kelas 0 yang salah diklasifikasikan sebagai kelas 1.
4. *False Negative* (FN), yaitu jumlah dokumen dari kelas 1 yang salah diklasifikasikan sebagai kelas 0.

## 3. Metodologi dan Desain Model

### 3.1 Gambaran Umum

Pada bab ini akan di bahas lebih lanjut mengenai perancangan dan implemmentasi yang bertujuan untuk memberikan batasan dan penjelasan yang lebih terarah dalam perancangan sistem dengan menggunakan metode deteksi tepi dan operasi morfologi pada segmentasi citra fundus retina metode yang dipilih mempertimbangkan faktor-faktor yang terdapat pada fundus retina mata. Secara umum tahap perancangan sistem dapat dilihat seperti pada gambar 3.1:



GAMBAR 3. 1 BLOK DIAGRAM SECARA UMUM

### 3.2 Metode Deteksi Tepi

#### 3.2.1 Preprocessing

Tahap awal dari proses *preprocessing* adalah melakukan proses untuk mendapatkan *layer* terbaik dari citra fundus retina. Paramater yang digunakan dalam pengujian ini adalah *layer red, green, blue* dan *grayscale*. Kemudian dilanjutkan dengan proses konversi *layer* menjadi citra *grayscale*. Setelah itu dilakukan proses *image adjust* untuk meningkatkan kontras citra.

### 3.2.1.1 Adaptive Median Filter

*Adaptive median filter* dirancang untuk menghilangkan masalah yang dihadapi dengan standar *median filter*. Pada *adaptive median filter* besarnya kernel sekitarnya setiap piksel adalah variabel. *Filter* ini melakukan pengolahan spasial untuk menentukan nilai mana dalam citra yang terkena *noise* dengan membandingkan setiap pikselnya terhadap tetangganya. Ukuran *window* dapat disesuaikan dengan batasan maksimum kernel. Dilakukan penghitungan untuk mendapatkan nilai *threshold* dengan persamaan sebagai berikut [21]:

$$\bar{I}_{ij}^{TSM} \begin{cases} I_{ij}, & T \geq d_1 \\ I_{ij}^{CWM}, & d_2 \leq T < d_1 \\ I_{ij}^{SM}, & T < d_2 \end{cases} \quad (3.1)$$

### 3.2.1.2 Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)

CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*) merupakan salah satu metode peningkatan kontras citra. CLAHE merupakan versi perbaikan dari metode sebelumnya, AHE (*Adaptive Histogram Equalization*). CLAHE mampu mengurangi masalah *noise* pada AHE dengan membatasi peningkatan kontras, terutama pada daerah homogen. CLAHE meningkatkan kontras citra dengan cara mengubah nilai intensitas pada citra.

### 3.2.2 Global Thresholding

Proses *Global Thresholding* untuk mengekstraksi bagian pembuluh darah retina pada citra dari backgroundnya. Operasi *Global thresholding* mensegmentasikan citra menjadi dua wilayah, yaitu wilayah objek dan wilayah latar belakang. Wilayah objek diset berwarna putih sedangkan sisanya diset berwarna hitam (atau sebaliknya). Hasil dari operasi pengambangan adalah citra biner yang hanya mempunyai dua derajat keabuan: hitam dan putih. Bila nilai T tergantung hanya pada  $f(x,y)$  maka ini disebut dengan *Global Thresholding*. Bentuk umum persamaan *Global Thresholding* adalah:

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{jika } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{jika } f(x,y) < T \end{cases} \quad (3.2)$$

### 3.2.3 Deteksi Tepi

Setelah dilakukan *preprocessing*, dilanjutkan proses segmentasi menggunakan metode deteksi tepi dengan memilih jenis metode yaitu *Sobel*, *Prewitt*, *Roberts* dan *Canny*. Hasil dari tahap *preprocessing* akan dikonvolusikan dengan citra fundus. dari salah satu jenis deteksi tepi yang bertujuan untuk mengidentifikasi titik pada citra digital dimana serangkaian segmen garis melengkung yang disebut tepinya, pada setiap piksel akan hanya menyimpan nilai dari hasil konvolusi tersebut yang dimana pembuluh darah akan terlihat lebih jelas.

### 3.2.4 Filtering

*Filtering* yang digunakan pada deteksi tepi adalah dengan menghilangkan area-area yang tidak diinginkan sehingga di dapatkan hasil segmentasi dari pembuluh darah pada citra fundus retina. Proses *filtering* pertama yaitu pembuatan masking untuk menghilangkan lingkaran diluar pembuluh darah retina akibat konvolusi kernel. Proses *filtering* kedua menggunakan *syntax bwareaopen* yang menghapus piksel yang terhubung atau bertetangga yang jumlah pikselnya sudah ditentukan

## 3.3 Metode Morphology Operation

### 3.3.1 Preprocessing

Pada *preprocessing* ini melakukan proses untuk mendapatkan *layer* terbaik dari citra fundus retina. Paramater yang digunakan dalam pengujian ini dengan mengubah citra RGB menjadi *layer red*, *green*, *blue* dan *grayscale*. Kemudian dilanjutkan dengan proses konversi *layer* menjadi citra *grayscale*. Setelah itu dilanjutkan dengan proses untuk mendapatkan citra negatif (*imcomplement*). Lalu dilakukan proses untuk membalikkan level intensitas dari citra. Setelah itu dilanjutkan dengan teknik memperbaiki kontras pada citra menggunakan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE).

### 3.3.2 Morphology Operation

Adapun tahapan utama yang dari operasi morfologi, antara lain *closing*, *thinning*, dan dilasi.

#### 3.3.2.1 Morphology Closing

*Morphology closing* adalah operasi dilasi yang disertakan dengan erosi. Tujuan dari *morphology closing* adalah dengan mengisi lubang kecil pada objek dan menggabungkan objek yang berdekatan. Pada *morphology closing* akan melakukan pengujian terhadap penggantian parameter bentuk dan ukuran dari *structure element* yang menjadi parameter adalah *Line*, *Arbitrary* dan *Octagon*.

#### 3.3.2.2 Morphological Thinning

*Morphological thinning* adalah sebuah rangka yang menunjukkan citra biner, *skeleton* adalah hasil dari proses *thinning*. *Thinning* melakukan pengurangan area yang tidak diperlukan namun hasil dari penipisannya tetap sama dengan bentuk asalnya.

### 3.3.2.3 Dilasi

Dilasi adalah proses yang akan membuat objek menjadi tebal sesuai dengan bentuk *structuring element* yang akan digunakan. Citra asli akan dilebarkan atau ditebalkan sesuai dengan mengikuti bentuk dari *structuring element* yang digunakan [4].

## 4. Pengujian dan Analisis

### 4.1 Tujuan Pengujian

Tujuan dari pengujian sistem adalah:

1. Mendapatkan *layer* terbaik dari hasil *preprocessing* yang terdiri dari *red*, *green*, *blue* dan *grayscale*.
2. Menganalisis performansi sistem terhadap pembuluh darah retina dengan menggunakan deteksi tepi dan operasi morfologi yang berdasarkan hasil dari akurasi, TPR, FPR dan presisi.
3. Mengetahui parameter yang mempengaruhi dari hasil performansi sistem yang dirancang

### 4.2 Pengujian Metode Deteksi Tepi

Penghitungan dilakukan dengan membandingkan hasil segmentasi dari metode deteksi tepi dengan citra uji dengan menggunakan *confusion matrix*.

TABLE 4.2 HASIL PENGUJIAN PENGARUH JENIS METODE DETEKSI TEPI

Input	Jenis	Red	Green	Blue	Grayscale
40 Citra Retina	<i>Sobel</i>	73,07%	79,50%	68,67%	80,81%
	<b><i>Prewitt</i></b>	<b>73,60%</b>	<b>79,63%</b>	<b>69,16%</b>	<b>80,97%</b>
	<i>Robberts</i>	71,37%	77,17%	67,48%	78,73%
	<i>Canny</i>	72,76%	78,78%	68,18%	80,25%

Dapat dilihat pada tabel 4.2 jenis yang paling baik dari deteksi tepi adalah jenis *Prewitt*, dikarenakan tingkat akurasi dari jenis ini paling baik terhadap semua *layer* dibandingkan dengan jenis lainnya.

### 4.3 Pengujian Metode Operasi Morfologi

Penghitungan dilakukan dengan membandingkan hasil segmentasi dari metode operasi morfologi dengan citra uji dengan menggunakan *confusion matrix*.

TABLE 4.4 HASIL PENGUJIAN *STRUCTURE ELEMENT* PADA OPERASI MORFOLOGI

Input	Structure Element	Red	Green	Blue	Grayscale
40 Citra Retina	<b><i>Line</i></b>	80,76%	88,35%	76,97%	<b>88,46%</b>
	<i>Arbitrary</i>	80,84%	88,31%	77,42%	88,38%
	<i>Octagon</i>	80,14%	88,24%	75,05%	88,36%

Melakukan penghitungan dengan membandingkan hasil segmentasi dari metode operasi morfologi dengan citra uji dengan menggunakan *confusion matrix*. Dalam tabel 4.4 dilihat bahwa terdapat *structure element* yang dominan pada *layer grayscale* yang paling baik adalah *Line*.

### 4.4 Pengujian Metode Gabungan

Pada pengujian sebelumnya ditahap *preprocessing* di dapatkan *layer grayscale* sebagai *layer* terbaik. *Layer* ini yang akan di gunakan dalam pengujian yang menggunakan metode gabungan. Pengujian terakhir ini akan dilakukan dengan menggabungkan metode deteksi tepi dan operasi morfologi. Parameter yang digunakan dalam pengujian kali ini adalah menggunakan jenis terbaik dan *structure element* terbaik dari setiap metode yaitu *Prewitt* dan *Line*

TABLE 4. 1 HASIL PENGUJIAN MENGGUNAKAN METODE GABUNGAN

Input	Metode Deteksi Tepi dan Operasi Morfologi	Rata-rata TPR	Rata-rata FPR	Rata-rata Presisi	Rata-rata Akurasi
40 Citra Retina	Rata-rata	<b>76,60%</b>	<b>6,17%</b>	<b>92,61%</b>	<b>85,21%</b>

Berdasarkan tabel 4.5 hasil rata-rata akurasi pengujian menggunakan gabungan metode bernilai 85,21% untuk akurasi serta TPR, FPR, dan presisi yang didapatkan pengujian ini bernilai 76,60%, 6,17% dan 92,61%

## 5. Kesimpulan

Sistem ini dapat menjadi acuan untuk mengsegmentasi citra pada fundus retina menggunakan metode deteksi tepi dan metode operasi morfologi dan metode gabungan antara deteksi tepi dan operasi morfologi, *layer grayscale* adalah *layer* yang menghasilkan citra tersegmentasi dengan baik. Pada metode deteksi tepi, jenis yang paling baik adalah *Prewitt*. Sedangkan pada metode operasi morfologi *structure element* (SE) yang terbaik adalah *Line Structure element* dan jenis yang berbeda dapat berpengaruh terhadap hasil akurasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. F. Land dan R. D. Fernald, "The evolution of eyes," *Annual Review of Neuroscience*, 1992.
- [2] Patton, MacGillivray, I. Deary, B. Dhillon, Eikelboom, Yogesan dan Constable, "Retinal image analysis: concepts, applications and potential.," *Progress in Retinal and Eye Research*, 2006.
- [3] M. R. Kurnia, H. Tjandrasa dan A. Y. Wijaya, "Implementasi Segmentasi Pembuluh Darah Retina Pada Citra Fundus Mata Menggunakan Tekstur, Thresholding dan Operasi Morfologi," 2012.
- [4] A. Kadir dan A. Susanto, "Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra," Andi, Yogyakarta, 2013.
- [5] Y. Herdiyeni, "Deteksi Tepi (*Edge Detection*)," Bandung: Departemen Ilmu Komputer FMIPA IPB, 2009.
- [6] B. Cassin dan S. Solomon, "Dictionary of Eye Terminology," *Florida: Triad Publishing Company*, 1990.
- [7] S. Illyas, "Ablasio retina," *Sari ilmu penyakit mata*, 2004.
- [8] The Optician, "Digital Retinal Photography," [Online]. Available: [http://www.theopticiansgd.co.uk/opticians-3\\_eye\\_care-4\\_retinal\\_photography.html](http://www.theopticiansgd.co.uk/opticians-3_eye_care-4_retinal_photography.html). [Accessed: 23-Apr-2018].
- [9] Wikipedia, "Pengolahan Citra." [Online]. Available: [https://id.wikipedia.org/wiki/Pengolahan\\_citra](https://id.wikipedia.org/wiki/Pengolahan_citra). [Accessed: 24-Apr-2018].
- [10] D. Putra, "Pengolahan Citra Digital," Yogyakarta: Penerbit Andi, 2010.
- [11] J. Vilda, "Pengenalan Pola Tanda Tangan Menggunakan Metode Ekstraksi Ciri DCT, DFT dan Filter 2D Gabor Wavelet," Universitas Telkom, Bandung, 2009.
- [12] R. Munir, "Pengolahan Citra Digital dengan pendekatan Algoritmik," Bandung: Informatika, 2004.
- [13] R. Munir, "Pengolahan Citra Digital," STEI ITB, Bandung, 2004.
- [14] D. Novianti, "Optimasi Koloni Semut untuk Fase Deteksi Perubahan Garis pada Segmentasi Citra," Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta, 2015.
- [15] P. Ganesan and G. Sajiv, "A Comprehensive Study of Edge Detection for Image Processing Applications," 2017
- [16] M. S. Ardisasmita, "Matematika Morfologi untuk Segmentasi dan Analisis Citra," Universitas Gunadarma, Jakarta, 2000.
- [17] A. Usman, "Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya," Yogyakarta: Graha Ilmu, 2005.
- [18] A. Murni, "Diktat Kuliah PCD," Jakarta: PSI Team, 2000.
- [19] R. Y. Fuadah, "Analisis Deteksi Fraktur Batang (DIAFISIS) pada Tulang Tibia dan Fibula berbasis Pengolahan Citra Digital dan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation BACKPROPAGATION," Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2012.
- [20] Indriani, "Klasifikasi Data Forum dengan Menggunakan Metode Naive Bayes Classifier," dalam *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, Yogyakarta, 2014.
- [21] S. Shrestha, "Image Denoising Using New Adaptive Based Median Filter," The University of Akron, Akron, 2014.
- [22] H. Jans, "Perbedaan Antara Local Thresholding dengan Global Thresholding," 2012.