SEGMENTASI PEMBULUH DARAH PADA FUNDUS RETINA MENGGUNAKAN MATCHED FILTER DAN OPERASI MORFOLOGI

SEGMENTATION OF BLOOD VESSELS IN THE RETINA FUNDUS USING MATCHED FILTER AND MORPHOLOGY OPERATION

Maghfira Rifki H[1] , Ratri Dwi Atmaja[2] ,R. Yunendah Nur F.[3]

[1,2,3]Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

[1]maghfirarifki@yahoo.com [2]ratridwiatmaja@telkomuniversity.ac.id [3]yunendah@gmail.com

ABSTRAK

Proses segmentasi pembuluh darah retina pada citra fundus retina menghasilkan informasi yang berguna bagi para ahli kesehatan untuk mengidentifikasi kelainan pada pembuluh darah mata. Kelainan-kelaianan tersebut antara lain pembuluh darah yang mengecil, percabangan yang tidak normal, dan sebagainya.

Pada tugas akhir ini, penulis mendesain sebuah perangkat lunak menggunakan MATLAB dimana sistem mampu mensegmentasi pembuluh darah retina pada citra fundus retina menggunakan metode *Matched Filter* dan *Morphology Operation* serta menggabungkan metode Matched Filter dan Morphology Operation.. Ada dua langkah utama dalam proses segmentasi. Langkah pertama yaitu melakukan *preprocessing* citra yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra agar dapat tersegmentasi dengan optimal. Langkah kedua adalah segmentasi citra yang bertujuan untuk melakukan proses ekstraksi sehingga diperoleh pembuluh darah retina dari citra fundus mata.

Hasil rata-rata akurasi menggunakan Matched Filter sebesar 88,62%. Sedangkan untuk metode Operasi Morfologi di dapat hasil rata-rata akurasi sebesar 88,34% dan untuk Metode gabungan antara Matched Filter dan Operasi Morfologi menghasilkan akurasi sebesar 87,88%.

Keyword: **Mata , Deteksi Citra, Segmentasi, *Matched Filter, Morphology Operation***

ABSTRACT

The retinal blood vesels segmentation process in the retinal fundus provide useful information for health professionals to identify abnormalities in the blood vessels of the retinal. The example of the abnormalities are narrowed blood vessels, abnormal branching, and many more.

Therefore, in this final project, the writer design a software using MATLAB where the system is able to segment the retinal blood vessels in the retina fundus image using Matched Filter and Morphology Operation and also combining Matched Filter and Morphology Operation method.. There are two main steps in the process of segmentation. The first step is to do the image preprocessing which aims to improve the quality of the image to be segmented optimally. The second step is the image segmentation which aims to make the extraction process in order to obtain the retinal blood vessels of the eye fundus image.

The average result of accuracy using Matched Filter method is 88,62%. While for the Morphology Operation method is 88,34% and for the combined method of Matched Filter and Morphology Operation is 87,88% of accuracy.

Keyword: Eye, image detection, segmentation, Matched Filter, Morphology Operation

1. Pendahuluan

Mata adalah salah satu indera tubuh manusia yang sangat penting yang berfungsi sebagai organ penglihatan. Mata adalah sistem optik kompleks yang mengumpulkan cahaya dari lingkungan sekitarnya, mengatur intensitasnya melalui diafragma, memfokuskan sebuah gambar, dan sebagai saraf optik[1]. Walaupun fungsinya sangat penting, namun seringkali kurang diperhatikan. Hal ini mengakibatkan banyak penyakit yang menyerang mata. Pada saat ini, jumlah penyakit mata lebih dari 200 jenis. Sebagian menyerang kaum berusia 40 tahun keatas. Berdasarkan hasil studi yang dilakukan oleh *Eye Disease Prevalance Research Grup* diperkirakan pada tahun

2020 jumlah penderita penyakit mata akan mencapai 55.000.000 jiwa [2].

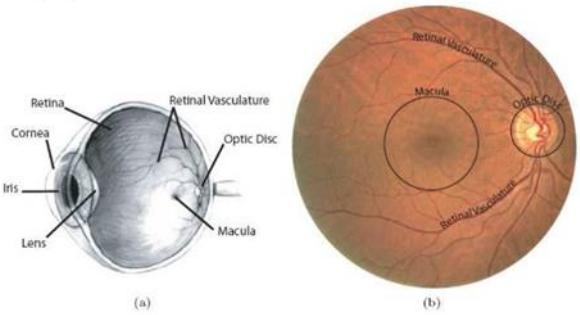
Fundus retina adalah permukaan dalam mata, yang terletak bertentangan dengan lensa. Terdiri dari retina, makula, fovea, optic disk dan posterior. Beberapa bagian pada fundus retina dapat diidentifikasi untuk menganalisis suatu penyakit, salah satunya yaitu pembuluh darah retina. Identifikasi pembuluh darah retina menggunakan citra retina melibatkan pembagian gambar seperti mengidentifikasi area dari suatu gambar yang sesuai untuk dianalisis, atau menemukan lingkaran, garis atau bentuk gambar yang sesuai. Pengidentifikasi pembuluh darah menggunakan citra retina dapat dilakukan dengan eksraksi pembuluh darah retina.

Dalam penelitian ini metode operasi morfologi digunakan sebagai analisis segmentasi citra retina dengan proses yang lebih mudah untuk deteksi patologi retina tanpa menggunakan teknik konvensional[3]. Sedangkan *Matched filter* merupakan algoritma *template matching* yang digunakan untuk mendeteksi pembuluh darah pada citra retina dan aplikasi lain yang serupa[4].

2. Kajian Pustaka

2.1 Fundus Mata[5]

Fundus mata adalah permukaan interior dari mata berlawanan lensa dan termasuk retina, disc optic, makula, fovea, dan tiang posterior, fundus dapat diperiksa oleh oftalmoskopi.Retina atau selaput jala merupakan bagian mata yang mengandung reseptor yang menerima rangsangan cahaya. Retina manusia merupakan suatu struktur yang terorganisir, yang terdiri dari lapisan-lapisan badan sel dan prosesus sinaptik. Walaupun ukurannya kecil dan sederhana, retina memiliki daya pengolahan yang tinggi. Pengolahan visual retina diuraikan oleh otak, dan sistem persepsi visual retina berlangsung di korteks mata.



Gambar 1.a. Struktur Mata b. Foto Digital Retina [9]

2.2 Matched Filter [5]

Matched filter merupakan salah satu metode untuk mendeteksi suatu objek. *Matched filter* menggunakan properti spasial dari objek untuk dikenali. Matched filter terdiri dari kernel yang akan dikonvolusikan dengan citra fundus hasil dari tahap *preprocessing* untuk meningkatkan kualitas citra sehingga bagian pembuluh darah pada citra fundus dapat terlihat lebih jelas. Kernel dari matched filter dapat definisikan dengan persamaan berikut:

$$f(x,y) = -\exp\left(\frac{-X^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

Dimana nilai σ (sigma/zigma) adalah skala filter. Kernel dengan ukuran 15 x 16 pixel dikonvolusikan dengan citra fundus hasil *preprocessing* dan pada setiap pikselnya hanya akan menyimpan nilai maksimum.

2.3 Morphology Operation

Operasi morfologi merupakan metode dalam mendeteksi suatu objek. Metode ini merepresentasikan citra objek dua dimensi sebagai suatu himpunan matematika dalam ruang Euclidean E, misal citra biner digambarkan sebagai suatu himpunan titik-titik gambar atau *pixels (picture elements)* dalam bidang biner Z^2 , yang sebagian terisi oleh satu himpunan A dari titik-titik yang membentuk obyek. Dengan pendekatan morfologi, kita memandang suatu citra sebagai himpunan posisi-posisi (x,y) yang bernilai 1 atau 0 .Operasi morfologi merupakan operasi yang digunakan untuk meningkatkan bentuk (struktur) sehingga lebih mudah untuk di kenali[6]. Secara umum, pemrosesan citra secara morfologi dilakukan dengan cara mem-*passing* sebuah *structuring element* terhadap sebuah citra dengan cara yang hampir sama dengan konvolusi[7]. *Structuring element* (SE) merupakan bagian yang memiliki peranan penting dalam operasi morfologi matematika[8]. SE digunakan untuk memodifikasi citra masukan. SE merupakan sebuah matriks yang terdiri dari "0" dan "1", dan matriks-matriks tersebut memiliki sebuah ukuran dan bentuk tertentu Operasi-operasi filter yang tergolong operasi morfologi, yaitu[9]:

2.3.1 Dilasi

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

$$D(A,B) = A \oplus B \quad (2)$$

2.3.2 Erosi

Erosi merupakan proses penghapusan titik-titik objek (1) menjadi bagian dari latar (0), berdasarkan *structuring element S* yang digunakan. Operasi yang dapat menghasilkan keluaran piksel

pada citra dengan obyek yang cenderung diperkecil. Operasi erosi akan melakukan pengurangan pada citra lebih kecil dibanding elemen struktur, dirumuskan sebagai:

$$D(A,B) = A\Theta B \quad (3)$$

2.3.3 Opening

Operasi Erosi yang diikuti dengan dilasi, bersifat memperhalus kenampakan citra, menyambung fitur yang terputus , dan mempertinggi puncak-puncak pada citra. Dirumuskan sebagai:

$$A\text{o } B = (A\Theta B)\oplus B \quad (4)$$

2.3.4 Closing

Operasi dilasi yang diikuti dengan erosi, bersifat memperhalus kenampakan citra, memutus fitur yang tersambung, dan mempertinggi puncak-puncak pada citra. Dirumuskan sebagai:

$$A \bullet B = (A \oplus B)\Theta B \quad (5)$$

2.3.5 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 lagin sebagai outputnya. Thinning dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{Thinning}(A,B) = A \otimes B = A \wedge B \quad (6)$$

2.4 Confusion Matrix [10]

Confusion matrix adalah sebuah tabel yang menyatakan jumlah data uji yang benar diklasifikasikan dan jumlah data uji yang salah diklasifikasikan.

Tabel 1 Confusion Matrix untuk klasifikasi biner

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

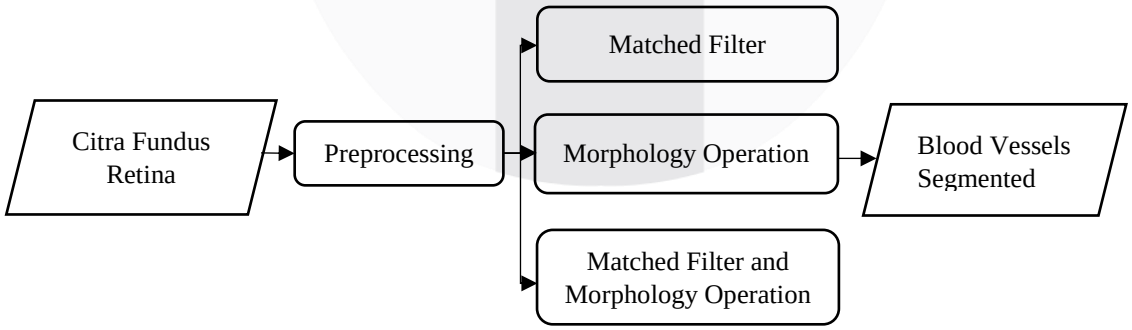
Keterangan untuk tabel 2.2 dinyatakan sebagai berikut:

1. *True Posstive* (TP), yaitu jumlah dokumen dari kelas 1 yang benar dan diklasifikan 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. Perancangan Sistem

3.1 Blok Diagram Sistem

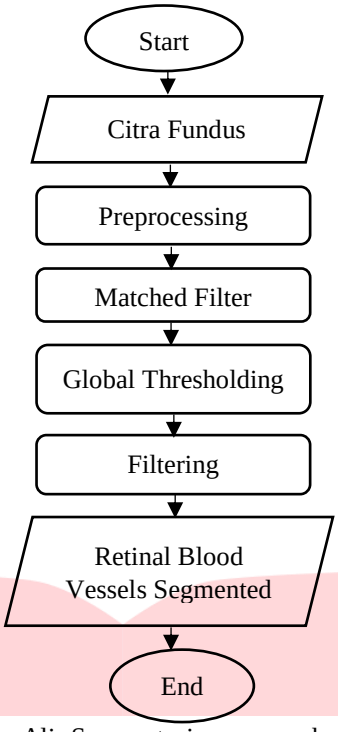
Dalam perancangan dan implementasi sistem ini akan dijelaskan alur cara kerja sistem yang dibuat secara umum beserta penjelasan mendetail pada setiap tahapannya untuk memberikan batasan yang jelas dan lebih terarah dalam perancangan sistem segmentasi citra fundus retina menggunakan metode *Matched Filter* dan *Morphology Operation.* Secara umum tahap perancangan sistem dapat dilihat seperti pada gambar 3.1:



Gambar 2 Blok Diagram secara Umum

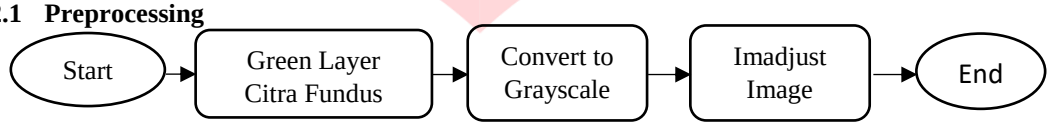
3.2 Metode Matched Filter

Dibawah ini merupakan tahapan yang dilakukan dalam proses segmentasi pembuluh darah pada citra fundus retina sebagai berikut:



Gambar 3 Diagram Alir Segmentasi menggunakan Matched Filter

3.2.1 Preprocessing



Gambar 4 Tahapan Preprocessing

Tahap awal dari proses preprocessing adalah dilakukan proses untuk mendapatkan *green layer* dari citra berwarna fundus retina. Kemudian dilanjutkan dengan proses konversi citra fundus green layer menjadi citra *graysale*. Setelah itu dilakukan proses *imadjust* untuk meningkatkan kontras citra.

3.2.2 Matched Filter

Setelah dilakukan preprocessing, dilakukan dengan proses segmentasi meggunakan *Matched Filter*. *Matched filter* terdiri dari kernel yang akan dikonvolusikan dengan citra fundus hasil dari tahap preprocessing. Tujuan konvolusi yaitu untuk meningkatkan kualitas citra sehingga bagian pembuluh darah pada citra fundus dapat terlihat lebih jelas. Kernel dengan ukuran 15 x 16 pixel dikonvolusikan dengan citra fundus hasil preprocessing dan pada setiap pixelnya dan hanya akan menyimpan nilai maksimum dari hasil konvolusi tersebut sehingga pembuluh darah dapat terlihat lebih jelas.

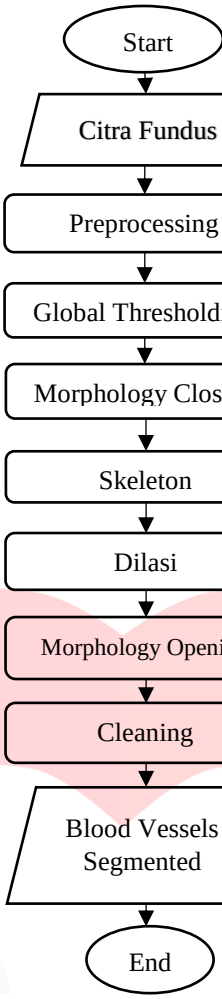
Proses selanjutnya ialah melanjutkan dengan proses *Global Thresholding* untuk mengekstraksi bagian pembuluh darah retina pada citra dari backgroundnya. Operasi *Global thresholding* mensegmentasikan citra menjadi dua wilayah, yaitu wilayah objek dan wilayah latar belakang. Wilayah objek diset berwarna 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 :

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 \; jika \; f(x,y) \; \geq T \\ 0 \quad jika \; f(x,y) < T \end{cases} \tag{7}$$

Kemudian dilakukan filtering. Proses filtering adalah menghilangkan area-area yang tidak diinginkan sehingga di dapatkan hasil segmentasi dari pembuluh darah pada citra fundus retina.

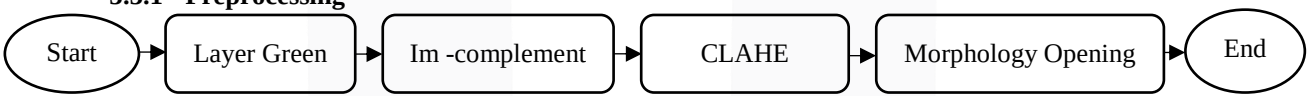
3.3 Metode Operasi Morfologi

Berikut merupakan tahapan proses segmentasi pembuluh darah retina pada citra fundus retina menggunakan proses *Morphology Operation* antara lain:



Gambar 5 Diagram Alir metode Operasi Morfologi

3.3.1 Preprocessing



Gambar 6 Blok Diagram Preprocessing Operasi Morfologi

Pada tahap *preprocessing* dilakukan proses untuk mendapatkan green layer dari citra berwarna fundus retina. Kemudian dilanjutkan dengan proses mendapatkan citra negatif (imcomplement). Hasil dari operasi ini membalikkan level intensitas dari citra. Setelah itu dilanjutkan dengan teknik memperbaiki kontras pada citra menggunakan *Contrast Limited Adaptove Histogram Equalization* (CLAHE). CLAHE merupakan generalisasi dari *Adaptive Histogram Equalization* (AHE). Proses selanjutnya yaitu melakukan perbaikan citra yang menghilangkan objek-objek kecil yang terlalu kecil dengan *morphology opening*, sebuah operasi erosi yang diikuti dengan dilasi.

3.3.2 Morphology Closing

Operasi Morphology closing adalah operasi dilasi yang diikuti dengan erosi. Operasi ini bertujuan untuk mengisi lubang kecil ada objek dan menggabungkan objek yang berdekatan.

3.3.3 Morphology Thinning

Morphological Thinning adalah kerangka yang menunjukkan sebuah citra biner. Output dari proses *thinning* disebut sebagai *skeleton*. Thinning bertujuan untuk mengurangi area yang tidak diperlukan dan hasil penipisannya tetap menyerupai bentuk pola asalnya.

3.3.4 Dilasi

Dilasi adalah operasi yang akan membuat sebuah objek menebal sesuai dengan bentuk *Structuring Element* yang digunakan. Citra asli akan mengalami pelebaran atau penebalan dengan mengikuti bentuk *Structuring Element* yang digunakan.

3.4 Performansi Sistem

Dalam melakukan pengujian sistem, diperlukan suatu parameter untuk mengukur tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan deteksi. Sistem deteksi menggunakan *Confusion Matrix. Confusion Matrix* berisi informasi tentang klasifikasi aktual dan prediksi yang dilakukan oleh sistem klasifikasi. Kinerja sistem tersebut umumnya dievaluasi dengan menggunakan data dalam matriks. Parameter yang digunakan di dalam *Confusion Matrix* adalah akurasi, *TPR*, *FPR* dan *Precision*.

3.4.1 Akurasi

Akurasi adalah proporsi jumlah prediksi yang benar. Hal ini di definisikan dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (8)$$

3.4.2 *True Positive Rate* (TPR)

True Positive Rate (TPR) adalah proporsi kasus positif yang diidentifikasi dengan benar, dihitung menggunakan persamaan:

$$\textit{Sensitivity / True Positive Rate}\ (\text{TPR}) = \frac{TP}{TP+FN} \quad (9)$$

3.4.3 FPR

False Positive Rate (FPR) adalah proporsi kasus negatif yang salah diklasifikasikan sebagai positif, dirumuskan sebagai:

$$\textit{False Postive Rate} = \frac{FP}{FP+TN} \quad (10)$$

3.4.4 Precision

Precision adalah proporsi dari perkiraan kasus positif yang benar, dapat di definisikan sebagai:

$$\textit{Precision / Positive Predictive Value}\ (\text{PPV}) = \frac{TN}{TN+FP} \quad (11)$$

TP (True Positive) jumlah piksel benar terdeteksi sebagai pembuluh baik pada citra *groundtruth* maupun pada citra hasil segmentasi

TN (*True Negative*) = *True negative* merupakan jumlah piksel benar terdeteksi sebagai *background* baik pada citra *groundtruth* maupun pada citra hasil segmentasi

FP (*False Positive*) = jumlah piksel yang salah terdeteksi, dimana hasil segmentasi menyatakan sebagai pembuluh, tetapi pada citra *groundtruth* merupakan *background*

FN (*False Negative*) = jumlah piksel yang salah terdeteksi sebagai *background*, dimana hasil segmentasi menyatakan sebagai *background*, tetapi pada citra *groundtruth* merupakan pembuluh.

4. Pengujian Sistem

4.1 Pengujian Menggunakan Parameter Layer pada Matched Filter

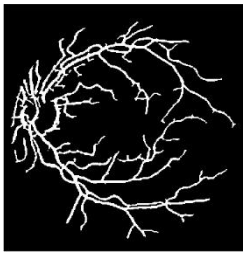
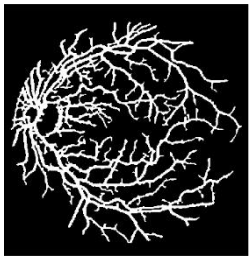
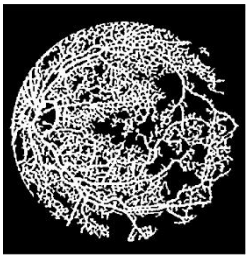
Dalam skenario ini dilakukan pengujian dengan layer *Red, Green, Blue.* Nilai Zigma yang digunakan dalam pengujian ini adalah 1.2 dan parameter threshold masking bernilai 60. Dari hasil pengujian dilakukan analisi sistem menggunakan *confusion matrix*. Berikut ini adalah data hasil pengujian untuk mengetahui pengaruh warna layer terhadap Akurasi, FPR, TPR dan Presisi.

Tabel 2 Hasil Pengujian Pengaruh Nilai Zigma terhadao Metode Matched Filter

Input	Pengaruh Layer	Rata-rata TPR	Rata-rata FPR	Rata- rata accuracy	Rata-rata precision
40 Citra Retina	Red	59,23%	3,53%	77,85%	94,52%
	Green	**86,87%**	**9,44%**	**88,62%**	**90,37%**
	Blue	82,17%	23,78%	79,20%	78,03%

Tabel 2 Hasil Pengujian Pengaruh Layer terhadap metode Matched FilDari Tabel 4.1 di atas dapat disimpulkan bahwa jenis layer yang digunakan mempengaruhi Akurasi, TPR, FPR, dan Precision. Layer Green yang paling baik digunakan, dikarenakan pada kondisi ini di dapat Akurasi dan TPR terbaik yakni 88,62% dan 90,37%. Sedangkan untuk layer blue di dapat nilai FPR paling tinggi yakni 23,78% dan untuk precision tertinggi terdapat di layer Red yakni 94,52%.

Tabel 3 Hasil Pengujian Layer Red, Green, Blue terhadao Metode Matched Filter

Hasil Segmentasi Layer Red	Hasil Segmentasi Layer Green	Hasil Segmentasi Layer Blue
		

Berdasarkan tabel 3 menunjukkan bahwa pemilihan jenis layer mempengaruhi hasil segmentasi citra retina. Layer Red menunjukkan sedikit pembuluh darah yang tersegmentasi. Sedangkan untuk layer Blue menunjukkan banyaknya piksel background atau non pembuluh darah yang ikut tersegmentasi menjadi pembuluh darah. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa layer green akan menghasilkan citra yang tersegmentasi dengan baik karena terdetesi jelas mendekati citra *ground truth.*

4.2 Pengujian Menggunakan Parameter Nilai Zigma pada Matched Filter

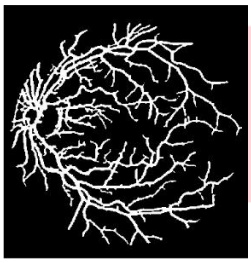
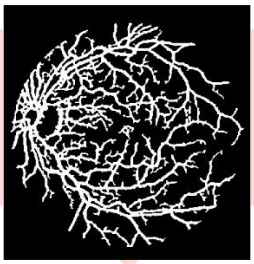
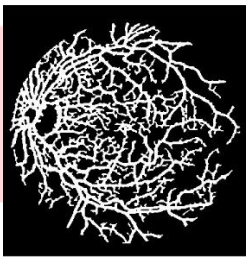
Pada pengujian kedua dilakukan pengujian Akurasi, TPR, FPR dan Presisi terhadap perubahan Nilai Zigma. Zigma pada *matched filter* adalah skala filter atau penyebaran intensitas. Nilai Z yang digunakan berbeda-beda yaitu, 1, 1.5 dan 2. Rata-rata Akurasi, TPR, FPR, dan Presisi ditunjukkan pada tabel 4

Tabel 4 Hasil Pengujian Pengaruh Nilai Zigma terhadap Metode Matched Filter

Inputt	Pengaruh Nilai Z	Rata-rata TPR	Rata-rata FPR	Rata-rata Accuracy	Rata-rata Precision
40 Citra Retina	**1**	**84,26%**	**7,20%**	**88,53%**	**92,28%**
	1.5	88,94%	12,63%	88,14%	87,16%
	2	90,83%	17,17%	86,83%	84,34%

Berdasarkan Tabel 4 hasil pengujian menunjukkan bahwa pemilihan nilai Zigma mempengaruhi nilai Akurasi, TPR, FPR dan presisi. Akurasi dan Presisi terbaik di dapat saat nilai Zigma bernilai 1 yakni sebesar 88,53% dan 92,28%. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai Zigma, akurasi yang diperoleh akan menurun dan FPR yang diperoleh akan semakin meningkat.

Tabel 5 Hasil Segmentasi Pengaruh Nilai Zigma terhadap Metode

Hasil Segmentasi | Z= 1	Hasil Segmentasi | Z = 1.5	Hasil Segmentasi | Z = 2
		

Berdasarkan tabel 5 menunjukkan bahwa hasil segmentasi berubah terhadap perubahan nilai Zigma. Walaupun hasil Akurasi, TPR, FPR, dan presisi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, dapat dilihat dari tabel 4.4, apabila digunakan Nilai Zigma = 1.5 dan nilai Akurasi dan TPR sudah bagus namun terlihat cabang pembuluh darah dan pembuluh darah kecil yang ikut tersegmentasi. Sedangkan untuk Nilai Zigma =2, semakin banyak pembuluh darah kecil dan non pembuluh darah yang tersegmentasi. Dan untuk Nilai Zigma = 1 hasil segmentasi terdeteksi jelas mendekati *ground truth.*

4.3 Pengujian Menggunakan Parameter Parameter Structure Element Pada Operasi Morfologi

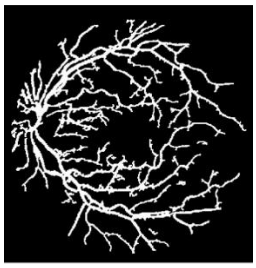
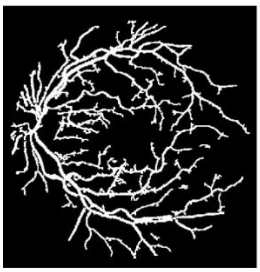
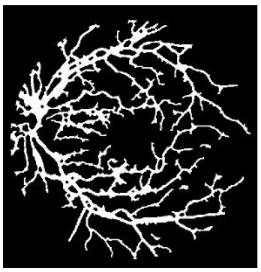
Pengujian keempat dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis *Structure Element* terhadap proses segmentasi menggunakan metode Operasi Morfologi. Jenis *Structure Element* pertama yang digunakan ialah *Line* dengan LEN bernilai 4 dan DEG bernilai 45° dengan ukuran matriks 4x4 . LEN adalah jarak atau panjangnya *Structure Element* sedangkan DEG adalah sudut yang diukur berlawanan arah jarum jam dari sumbu horizontal. *Structure Element* kedua yang digunakan adalah Arbitrary dengan ukuran matriks NHOOD 3x3. *Structure Element* yang terakhir ialah *Octagon*, elemen penstruktur berbentuk segi delapan dengan nilai R bernilai 3 dimana R adalah jarak dari elemen penstruktur yang diukur sepanjang sumbu horizontal dan vertikal terhadap sumbu *origin* dengan ukuran matriks 7x7. Berikut hasil pengujian menggunakan *Structure Element* yang berbeda pada Operasi Morfologi ditunjukkan pada tabel 4.7

Tabel 6 Hasil Pengujian Pengaruh Jenis Structure Element terhadap Metode Operasi Morfologi

Input	Pengaruh Structure Element	Ukuran Matriks	Rata-rata TPR	Rata-rata FPR	Rata-rata Accuracy	Rata-rata precision
40 Citra Retina	**Line**	**4x4**	**84,84%**	**8,14%**	**88,34%**	**91,44%**
	Arbitrary	3x3	84,36%	7,76%	88,29%	91,75%
	Octagon	7x7	86,35%	9,90%	88,22%	89,97%

Berdasarkan tabel 6, Structure Element yang berbeda menunjukkan hasil rata-rata akurasi yang hampir sama. Hasil Akurasi dan TPR terbesar didapatkan saat pengujian menggunakan *structure element line*, sedangkan presisi tertinggi dan FPR terendah didapatkan saat pengujian menggunakan structure element *Arbitrary*.

Tabel 7 Hasil Segmentasi Pengaruh Jenis Structure Element terhadap Metode Operasi Morfologi

Hasil Segmentasi SE Line	Hasil Segmentasi SE Arbitrary	Hasil Segmentasi Octagon
		

Tabel 7 menunjukkan hasil segmentasi tiap jenis *structure element*. Hasil segmentasi Octagon menunjukkan beberapa area non pembuluh darah terdeteksi menjadi pembuluh darah. Untuk *structure element* Line dan Arbitrary menghasilkan citra segmentasi yang hampir sama. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan *structure element* Line, Arbitrary, dan Octagon yang menggunakan ukuran matriks yang tepat menghasilkan citra yang tersegmentasi dengan baik.

5. Kesimpulan

Dapat diambil kesimpulan pada proses pembuatan filter untuk SAR sebagai berikut :

1. Sistem ini dapat digunakan untuk mengsegmentasi citra fundus retina menggunakan metode Matched Filter, Metode Operasi Morfologi dan Metode gabungan antara Matched Filter dan Operasi Morfologi.
2. Setelah dilakukan pengujian terhadap pengaruh warna Layer pada metode Matched Filter, Layer Green menghasilkan citra yang tersegmentasi dengan baik dengan hasil akurasi rata-rata sebesar 88,62%.
3. Pada metode Matched Filter, parameter Nilai Zigma terbaik sebesar 1. Semakin besar nilai Zigma, maka semakin menurun hasil akurasi dan semakin meningkat nilai FPR.
4. Pada metode Matched Filter, parameter Nilai Threshold Masking terbaik yang digunakan bernilai 80 dengan hasi rata-rata akurasi sebesar 88,23%.
5. Structure Element (SE) pada metode Operasi Morfologi yang digunakan dalam pengujian menghasilkan Akurasi, TPR, FPR, dan presisi yang hampir sama. Ukuran Structure Element yang tepat berpengaruh terhadap hasil akurasi.
6. Hasil akurasi rata-rata pada pengujian metode gabungan antara metode Matched Filter dan Operasi Morfologi sebesar 87,88%.

Daftar Pustaka

[1] M. F. Land dan R. D. Fernald, "The evolution of eyes," *Annual Review of Neuroscience,* 1992.

[2] N. Patton, T. T. MacGillivray, I. Deary, B. Dhillon, R. Eikelboom, K. Yogesan dan I. Constable, "Retinal image analysis: concepts, applications and potential.," *Progress in Retinal and Eye Research,* 2006.

[3] Ganesan, A. F. AQEEL dan Subra, "Retinal Image Segmentation using Texture, Thresholding, and Morphological Operations," *IEEE International Conference on Electro,* 2011.

[4] F. Nur Safira, H. Tjandrasa dan A. Yudhi , "IMPLEMENTASI EKSTRAKSI PEMBULUH RETINA DENGAN METODE MATCHED FILTER DAN FIRST-ORDER DERIVATIVE OF GAUSSIAN," 2012.

[5] B. Cassin dan S. Solomon, "Dictionary of Eye Terminolog," *Florida: Triad Publishing Company,* 1990.

[6] U. Ahmad, Pengolahan CItra Digital dan Teknik Pemrogamannya, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2005.

[7] A. Murni, Diktat Kuliah PCD, Jakarta: RSI Team, 2004.

[8] R. Suryantari dan Flaviana, "KALIBRASI SISTEM PENGUKURAN DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA THERMOHROMIC LIQUID CYRSTAL DENGAN METODE PENGOLAHAN CITRA," Universitas Parahyangan, 2014.

[9] M. S. Ardisasmita, "Matematika Morfologi untuk Segmentasi dan Analisis Citra".

[10] A. Indriani, "Klasifikasi Data Forum dengan menggunakan Metode Naive Bayes Classifier," Seminar N asional Aplikasi Teknologi Informasi, Yogyakarta, 2014.