

***HYBRID GAMMA CORRECTION MULTIVARIASI  
DENGAN METODE LOCAL CONTRAST UNTUK  
PERBAIKAN CITRA RETINA PADA DATASET  
STRUCTURED ANALYSIS OF THE RETINA***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



**OLEH :**

**ANGGI MIFTAHUL ALFAN**

**09011181621022**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020**

**LEMBAR PENGESAHAN**

***HYBRID GAMMA CORRECTION MULTIVARIASI DENGAN  
METODE LOCAL CONTRAST UNTUK PERBAIKAN CITRA  
RETINA PADA DATASET STRUCTURED ANALYSIS OF THE  
RETINA***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh:

**ANGGI MIFTAHUL ALFAN**


**09011181621022**


**Indralaya, Desember 2020**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Sistem Komputer**

**Pembimbing Tugas Akhir**

  
**Dr. Ir. Sukemi M.T**  
**NIP. 196612032006041001**

  
**Dr. Erwin, S.Si., M.Si**  
**NIP. 197101291994121001**

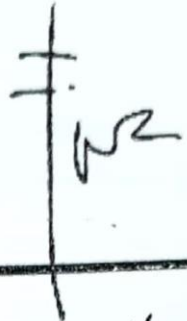
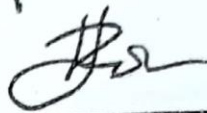
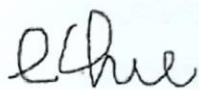

## HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Kamis  
Tanggal : 3 Desember 2020

Tim Penguji :

1. Ketua : Firdaus, S.T., M.Kom
2. Sekretaris : Dr. Erwin, S.Si., M.Si
3. Anggota I : Sri Desy Siswanti, M.T
4. Anggota II : Aditya Putra Perdana P, M.T

  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
  
By desl at 12:18:23, 22/12/2020  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Sistem Komputer



**Dr. Ir. Sukemi, M.T**  
NIP. 196612032006041001

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Anggi Miftahul Alfian

NIM : 09011181621022

Judul : Hybrid Gamma Correction Multivariansi Dengan Metode Local Contrast Untuk Perbaikan Citra Retina Pada Dataset Structured Analysis of The Retina

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 4%

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan / plagiat dari penelitian orang lain. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Indralaya, Desember 2020

Yang menyatakan,



Anggi Miftahul Alfian

NIM. 09011181621022

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*“Terimakasih, perjuangan berat ini akhirnya akan selesai sebentar lagi.”*

**Skripsi ini saya persembahkan khusus untuk:**

- **Ibu (Cahyaningsih) dan Bapak (Mujoko) tersayang yang tak pernah berhenti memanjatkan doa, memotivasi, mendidik dan mengorbankan segalanya, menjadi tempat bercerita sampai putranya dapat menyelesaikan studi.**
- **Adik paling lucu Salsabila Ummu Khoirunnisa yang selalu menghibur saat lelah.**
- **Someone special yang telah menemani dan mendengarkan keluh kesah selama mengerjakan.**
- **Dosen Pembimbing terbaik (Dr. Erwin, S.Si, M.Si).**
- **Keluarga Besar Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.**

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Swt yang telah memberikan nikmat, rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “*Hybrid Gamma Correction* Multivariansi dengan Metode *Local Contrast* untuk Perbaikan Citra Retina pada Dataset *Structured Analysis of the Retina*.”

Pada penulisan skripsi atau tugas akhir ini, tidaklah lepas dari motivasi, bimbingan, bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa syukur dan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmatnya agar penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orangtua bapak Mujoko dan Ibu Cahyaningsih dengan ridhonya dan keluarga besar yang tercinta.
3. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd. M.T selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Ir. H, Sukemi, M.T. selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Erwin, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Tugas Akhir.
6. Bapak Huda Ubaya, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Mbak Winda Kurnia Sari selaku Admin Jurusan Sistem Komputer.
8. Teman seperjuangan satu bimbingan Bapak Erwin.
9. Kakak-kakak tingkat yang telah mengajari dan menjadi panutan, teman-teman seperjuangan Jurusan Sistem Komputer Angkatan 2016 terkhusus kelas A, serta semua pihak yang tidak dapat penulis cantumkan satu persatu.
10. Civitas Akademika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Pengerjaan skripsi ini, tentunya masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, sebagai bahan perbaikan kedepan penulis tentunya mengharapkan koreksi, saran, serta masukan terhadap isi dari tugas akhir ini.

Diharapkan dengan adanya tugas akhir ini akan menjadi tambahan ilmu dan pengembangan wawasan ilmu pengetahuan tentang pengolahan citra digital dan dapat menjadi bahan referensi untuk mahasiswa yang membutuhkan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Indralaya, Desember 2020

Penulis

**HYBRID GAMMA CORRECTION MULTIVARIATION WITH LOCAL  
CONTRAST METHOD FOR IMPROVING RETINA IMAGE IN  
STRUCTURED ANALYSIS OF THE RETINA DATASET**

**Anggi Miftahul Alfian  
(09011181621022)**

*Departement of Computer Engineering, Faculty of Computer Science,  
Sriwijaya University*

Email: [anggimiftahulalfan@gmail.com](mailto:anggimiftahulalfan@gmail.com)

**Abstract**

*Retinal image is one of the features that can provide information about abnormalities in the retinal blood vessels. However, the retinal image produced by the camera has a lot of noise which can lead to misdiagnosis. This study uses a Structured Analysis of the Retina (STARE) datasets. RGB image is converted to grayscale first. The grayscale image is then applied gamma correction. The Gamma correction process applies 3 (three) different Gamma values and the results are compared to find the best Gamma value. The CLAHE operation is then applied to the image for histogram equalization. The application of the local contrast method to sharpen the edges of the blood vessels. The last step is noise removal by comparing the Median filter and the Gaussian filter. The parameters used in this study are Mean Square Error (MSE), Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) and Structural Similarity Index (SSIM). The test results for each parameter obtained a gamma value of 0.5 and the Gaussian filter got the best results.*

**Keywords:** *Gamma correction, Gaussian filter, Median filter, Local Contrast.*



# **HYBRID GAMMA CORRECTION MULTIVARIASI DENGAN METODE LOCAL CONTRAST UNTUK PERBAIKAN CITRA RETINA PADA DATASET STRUCTURED ANALYSIS OF THE RETINA**

**Anggi Miftahul Alfian**  
**(09011181621022)**

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer,  
Universitas Sriwijaya

Email: [anggimiftahulalfan@gmail.com](mailto:anggimiftahulalfan@gmail.com)

## **Abstrak**

Citra retina merupakan salah satu fitur yang dapat memberikan informasi tentang kelainan pada pembuluh darah retinal. Namun demikian, citra retina yang dihasilkan kamera memiliki banyak noise yang dapat menyebabkan kesalahan diagnosis. Penelitian ini menggunakan dataset Structured Analysis of the Retina (STARE). Citra RGB diubah menjadi grayscale terlebih dahulu. Gambar grayscale kemudian diterapkan koreksi gamma. Proses koreksi Gamma menerapkan 3 (tiga) nilai Gamma yang berbeda dan hasilnya dibandingkan untuk mencari nilai Gamma terbaik. Operasi CLAHE kemudian diterapkan pada gambar untuk pemerataan histogram. Penerapan metode local contrast untuk mempertajam tepi pembuluh darah. Langkah terakhir adalah menghilangkan noise dengan membandingkan filter Median dan filter Gaussian. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah Mean Square Error (MSE), Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) dan Structural Similarity Index (SSIM). Hasil pengujian untuk masing-masing parameter diperoleh nilai gamma 0,5 dan filter Gaussian mendapatkan hasil terbaik.

**Kata Kunci:** Gamma correction, Gaussian filter, Median filter, Local Contrast.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iiiv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	x
KATA PENGANTAR .....	xii
ABSTRACTION.....	xiii
ABSTRAK.....	iiix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xxiiiv
SBAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Landasan Teori .....	6
2.2.1 Citra.....	6
2.2.1.1 Definisi Citra.....	6
2.2.1.2 Citra Digital.....	6
2.2.2 Retina .....	7
2.2.3 Perbaikan Kualitas Citra .....	7
2.2.3.1 Histogram Citra.....	8
2.2.3.2 <i>Grayscale</i> .....	8
2.2.3.3 <i>CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)</i> .....	9
2.2.3.4 <i>Gamma Correction</i> .....	10
2.2.3.5 <i>Local Contrast</i> .....	10

2.2.3.6 Median Filter .....	10
2.2.3.7 Gaussian Filter .....	10
2.2.3.8 Mean Square Error (MSE) .....	11
2.2.3.9 PSNR ( <i>Peak Signal to Noise Ratio</i> ).....	11
2.2.3.10 SSIM ( <i>Structural Similarity Index</i> ).....	12
BAB III METODOLOGI.....	14
3.1 Pendahuluan .....	14
3.2 Kerangka Kerja.....	14
3.3 Dataset .....	15
3.3.1 STARE ( <i>Structured Analysis of the Retina</i> ).....	15
3.4 Lingkungan Hardware dan Software.....	15
3.4.1 Hardware .....	15
3.4.2 Software .....	15
3.5 Metode.....	16
3.5.1 Blok Diagram Proses.....	16
3.5.2 Tahapan .....	17
BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....	22
4.1 Akuisisi Citra dan Dataset .....	22
4.1.1 Database File Citra STARE .....	22
4.1.2 Dataset.....	22
4.2 Tahapan Pemrograman.....	23
4.3 Hasil Program.....	31
4.4 Pengukuran Parameter.....	32
4.5 Pembahasan dan Analisis .....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1 Kesimpulan .....	40
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA .....	40

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3.1</b> Kerangka Kerja.....	14
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Proses.....	16
<b>Gambar 3.3</b> Flowchart proses <i>grayscale</i> .....	17
<b>Gambar 3.4</b> Flowchart proses <i>gamma correction</i> .....	18
<b>Gambar 3.5</b> Flowchart proses CLAHE .....	18
<b>Gambar 3.6</b> Flowchart proses <i>local contrast</i> .....	19
<b>Gambar 3.7</b> Flowchart proses <i>median filter</i> .....	20
<b>Gambar 3.8</b> Flowchart proses <i>gaussian filter</i> .....	21
<b>Gambar 4.1</b> <i>Input</i> Citra im0011.ppm STARE.....	23
<b>Gambar 4.2</b> <i>Source code</i> input citra original.....	24
<b>Gambar 4.3</b> <i>Source code grayscale</i> .....	25
<b>Gambar 4.4</b> <i>Source code gamma correction</i> .....	26
<b>Gambar 4.5</b> <i>Grayscale</i> .....	26
<b>Gambar 4.6</b> (a) $\gamma = 0.5$ (b) $\gamma = 1.0$ (c) $\gamma = 2.2$ .....	26
<b>Gambar 4.7</b> <i>Source code CLAHE</i> .....	27
<b>Gambar 4.8</b> CLAHE im0011.ppm STARE.....	28
<b>Gambar 4.9</b> <i>Source code Local Contrast</i> .....	28
<b>Gambar 4.10</b> (a). <i>gradien normal</i> dan (b). <i>gradien local contrast</i> .....	29
<b>Gambar 4.11</b> Local Contrast im0011.ppm .....	29
<b>Gambar 4.12</b> <i>Source code Median Filter</i> .....	28
<b>Gambar 4.13</b> <i>Local Contrast &amp; Median Filter</i> .....	30
<b>Gambar 4.14</b> <i>Source code Median Filter</i> .....	30
<b>Gambar 4.15</b> <i>Local Contrast &amp; Gaussian Filter</i> .....	30
<b>Gambar 4.16</b> Grafik Perbandingan MSE Median Filter dan Gaussian Filter.....	34
<b>Gambar 4.17</b> Grafik Perbandingan PSNR Median Filter dan Gaussian Filter.....	35
<b>Gambar 4.18</b> Grafik Perbandingan SSIM Median Filter dan Gaussian Filter.....	36
<b>Gambar 4.19</b> (a).Citra Asli (b). <i>Grayscale</i> (c). <i>Gamma Correction</i> (d).CLAHE .	37
<b>Gambar 4.20</b> (a). LC dan <i>Median Filter</i> (b). Histogram LC dan <i>Median Filter</i> .	38
<b>Gambar 4.21</b> (a).LC & <i>gaussian Filter</i> (b). Histogram LC & <i>gaussian Filter</i> ....	38



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Contoh Dataset STARE yang diujikan .....	22
<b>Tabel 4.2</b> Contoh Histogram Perbandingan setelah Citra Ditingkatkan .....	31
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Peningkatan Kualitas Citra dengan Metode yang Diujikan.....	32
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Nilai MSE, PSNR dan SSIM dari Dataset yang diujikan dengan filter berbeda .....	33
<b>Tabel 4.5</b> Perbandingan Hasil Olah dengan Hasil Peneliti Lain .....	39

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Retina adalah lapisan bola mata yang paling dalam dan merupakan awal jalur penglihatan. Citra retina dapat memberikan informasi jika ada kelainana pada pembuluh darah retina. Karena itu citra retina dapat digunakan sebagai pendeteksian awal penyakit. Retina dipilih untuk identifikasi karena memiliki pola pembuluh darah yang unik dan berbeda dari satu orang ke orang lain.

Berdasarkan analisis dari citra retina dapat terdeteksi penyakit seperti diabetik retinopati. Diabetik retinopati adalah efek samping pada mata orang yang memiliki penyakit diabetes. Diabetik retinopati terbentuk jika kadar gula dalam darah terlalu tinggi dan dapat menyebabkan kerusakan pembuluh darah di retina lalu dapat menyebabkan kebutaan[1]. Ekstraksi jaringan pembuluh darah pada citra retina menjadi masalah saat digunakan untuk analisis karena pembuluh darah besar bercampur dengan pembuluh darah tipis, jaringan darah yang rumit dan iluminasi yang tidak merata ketika memperoleh citra karena citra retina kontrasnya rendah[2].

Citra retina yang diperoleh dari berbagai jenis system kamera yang canggih masih memiliki derau dan masalah kontras yang buruk. Oleh karena itu peningkatan kontras banyak digunakan untuk meningkatkan kualitas citra medis dan pemrosesan dalam kondisi cahaya yang rendah.

Pada penelitian ini akan membahas bagaimana citra retina yang diambil dari dataset STARE (*Structured Analysis of the Retina*) ditingkatkan kualitasnya untuk mendapatkan citra baru yang lebih baik. Perbaikan citra (*enhancement*) yang bertujuan untuk menghilangkan derau atau *noise* adalah langkah pertama dalam pengolahan citra untuk membantu untuk segmentasi ataupun ekstraksi. Citra yang masih terdapat derau tersebut dimanipulasi menggunakan teknik atau metode pengolahan yang dapat menghasilkan citra dengan kualitas yang lebih baik. Kualitas citra yang telah ditajamkan garis-garis pembatasnya tidak dapat dilihat oleh mata manusia secara langsung. Jenis pemodelan citra yang digunakan didalam pemrosesan digital salah satunya adalah RGB (*Red, Green, Blue*). Untuk

mengetahui jumlah frekuensi warna pada citra digital tersebut dapat digunakan histogram. [3].

Untuk itu, pada pre-processing penelitian ini digunakan metode *local contrast*. Yang akan meningkatkan kontras dan menebalkan *sharp* untuk memisahkan *foreground* dan *background* dengan cara meregangkan nilai yang ada pada citra pada intensitas tertentu. Penelitian ini juga akan membandingkan mana nilai *Gamma Correction* yang baik untuk perbaikan. Dengan adanya peningkatan kualitas citra ini dapat dilihat metode mana yang lebih baik dalam peningkatannya. Peningkatan kualitas citra (*Enhancement*) tersebut akan dilihat dari parameter pengukuran yaitu, *Mean Square Error (MSE)*, *PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)* dan *SSIM (Structural Similarity Index)*.

## 1.2 Perumusan Masalah

Proses akuisisi citra retina yang ditangkap oleh kamera tidak selalu memiliki kualitas yang baik. Pada beberapa citra digital memiliki noise, buram maupun penurunan kontras. Hal ini dapat membuat dokter kesulitan dalam mendiagnosis penyakit yang ada pada retina. Perbaikan citra (*enhancement*) merupakan tahapan awal yang digunakan untuk memperbaiki kualitas citra yang kurang baik tersebut.. Perbaikan kualitas citra akan menghilangkan derau untuk itu pada penelitian ini menggunakan metode perbaikan kualitas citra yaitu *local contrast*. Pada tugas akhir ini akan diketahui bagaimana penerapan dari *local contrast*. Penelitian ini menggunakan parameter *Mean Square Error (MSE)*, *PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)* dan *SSIM (Structural Similarity Index)* untuk mengukur tingkat keberhasilan dari metode *local contrast*. Yang mana dari hasil pengukuran dengan parameter ukur tersebut didapatkan dari nilai hasil yang diujikan oleh peneliti pada citra retina dataset STARE.

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mencari nilai gamma terbaik dalam operasi *gamma correction* untuk peningkatan kualitas citra retina.
2. Meningkatkan kualitas citra yang rendah dengan proses pengolahan citra dengan *gamma correction* dan *local contrast*.



3. Membandingkan *median filter* dan *gaussian filter* untuk mencari filter terbaik untuk digunakan pada penelitian ini (Revisi 1 Pak Adit).
4. Menganalisa hasil pengukuran kualitas citra dengan parameter seperti *Mean Square Error (MSE)*, *PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)* dan *SSIM (Structural Similarity Index)*.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Mendapatkan nilai gamma terbaik dalam operasi *gamma correction* untuk meningkatkan kualitas citra.
2. Mendapatkan citra hasil perbaikan kualitas yang lebih baik dari citra asli dengan menggunakan metode *Local Contrast*.
3. Untuk mengembangkan parameter pengukuran seperti *Mean Square Error (MSE)*, *PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)* dan *SSIM (Structural Similarity Index)* untuk perbaikan kualitas pada citra retina.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang dibatasi oleh peneliti, yaitu hanya membahas pada perbaikan kualitas citra dengan metode *Local Contrast*. Dengan menggunakan dataset STARE yang merupakan data sekunder di dapatkan melalui website dataset STARE. Menggunakan format .jpeg. Pada penelitian ini penulis hanya menggunakan 20 dataset STARE. Menampilkan hasil perbaikan kualitas citra dengan menggunakan parameter *Mean Square Error (MSE)*, *PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)* dan *SSIM (Structural Similarity Index)*.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

##### **BAB 1 Pendahuluan**

Bab ini berisikan Latar Belakang, Perumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Batasan Masalah dan Sistematika Penulisan.

##### **BAB 2 Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisikan pembahasan mengenai Penelitian-penelitian sebelumnya dan Dasar Teori.

##### **BAB 3 Metodologi**

Bab ini berisikan mengenai Dataset, Lingkungan Hardware dan Software, Metode pada Blok Diagram Proses, dan Metode secara umum.

#### **BAB 4 Hasil dan Analisis Sementara**

Bab ini memiliki pembahasan mengenai Akuisisi citra dan Dataset, Tahap Pemrograman, Perbandingan Hasil Olah dan Dataset, Pengukuran Parameter, Pembahasan, dan Analisis.

#### **BAB 5 Kesimpulan Sementara**

Bab ini berisikan Kesimpulan Sementara mengenai keseluruhan isi tugas akhir ini.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. R. Binti Sabri and H. B. Yazid, "Image Enhancement Methods For Fundus Retina Images," *2018 IEEE 16th Student Conf. Res. Dev. SCORED 2018*, pp. 1–6, 2018.
- [2] K. S. Mann and S. Kaur, "Segmentation of retinal blood vessels using artificial neural networks for early detection of diabetic retinopathy," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1836, 2017.
- [3] C. Nayak and L. Kaur, "Retinal Blood Vessel Segmentation for Diabetic Retinopathy Using Multilayered Thresholding," *Int. J. Sci. Res.*, vol. 4, no. 6, pp. 1520–1526, 2015.
- [4] K. B. Khan, A. A. Khaliq, A. Jalil, and M. Shahid, "A robust technique based on VLM and Frangi filter for retinal vessel extraction and denoising," *PLoS One*, vol. 13, no. 2, pp. 1–22, 2018.
- [5] B. Gupta and M. Tiwari, "Color retinal image enhancement using luminosity and quantile based contrast enhancement," *PDPM*, 2018.
- [6] M. Zhou, K. Jin, S. Wang, J. Ye, D. Qian, and S. Member, "Color Retinal Image Enhancement Based on Luminosity and Contrast Adjustment," *IEEE*, vol. 9294, no. c, 2017.
- [7] K. Jin, M. Zhou, S. Wang, L. Lou, Y. Xu, and J. Ye, "Computer-aided diagnosis based on enhancement of degraded fundus photographs," *Acta Ophthalmol.*, no. 1994, pp. 320–326, 2018.
- [8] C. Lu *et al.*, "Vessel Enhancement Of Low Quality Fundus Image Using Mathematical Morphology And Combination Of Gabor And Matched Filter," *IEEE*, pp. 10–13, 2016.
- [9] E. Tuba, M. Tuba, and E. Dolicanin, "Adjusted fireworks algorithm applied to retinal image registration," *Stud. Informatics Control*, vol. 26, no. 1, pp. 33–42, 2017.

- [10] R. C. Gonzalez, "Digital\_Image\_Processing\_2ndEd.pdf." pp. 1–793, 2002.
- [11] S. Wangko and L. B. Mata, "HISTOFISIOLOGI RETINA," 2010.
- [12] W. Barkhoda, F. Akhlaqian, M. D. Amiri, and M. S. Nouroozzadeh, "Retina identification based on the pattern of blood vessels using fuzzy logic," *EURASIP J. Adv. Signal Process.*, vol. 2011, no. 1, p. 113, 2011.
- [13] R. Munir, *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika, 2004.
- [14] A. Vyas, S. Yu, and J. Paik, *Fundamentals of digital image processing*. 2018.
- [15] S. Sahu, A. K. Singh, and M. Elhoseny, "An approach for de-noising and contrast enhancement of retinal fundus image using CLAHE," *Opt. Laser Technol.*, no. July, 2018.
- [16] N. Sengee, A. Sengee, and H. K. Choi, "Image contrast enhancement using bi-histogram equalization with neighborhood metrics," *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 56, no. 4, pp. 2727–2734, 2010.
- [17] S. Dash and M. R. Senapati, "Enhancing detection of retinal blood vessels by combined approach of DWT, Tyler Coye and Gamma correction," *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 57, p. 101740, 2020.
- [18] A. Makandar and B. Halalli, "Breast Cancer Image Enhancement using Median Filter and CLAHE," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 6, no. 4, pp. 462–465, 2015.
- [19] C. Darujati, S. Anam, H. D. Cahyono, and A. B. Gumelar, "MAGNIFIKASI PERBAIKAN CITRA DIJITAL MULTI RESOLUSI," vol. 1, no. 2, 2014.
- [20] Z. Jiang, H. Zhang, Y. Wang, and S. B. Ko, "Retinal blood vessel segmentation using fully convolutional network with transfer learning," *Comput. Med. Imaging Graph.*, vol. 68, no. July 2017, pp. 1–15, 2018.
- [21] G. Li and X. Ren, "Image local contrast enhancement algorithm based on grey entropy," *Rev. Tec. la Fac. Ing. Univ. del Zulia*, vol. 39, no. 7, pp. 175–

182, 2016.

- [22] Sonali, S. Sahu, A. K. Singh, S. P. Ghrera, and M. Elhoseny, “An approach for de-noising and contrast enhancement of retinal fundus image using CLAHE,” *Opt. Laser Technol.*, vol. 110, pp. 87–98, 2019.