

**PERBAIKAN KUALITAS DAN SEGMENTASI PEMBULUH DARAH
CITRA RETINA DENGAN METODE *CONTRAST STRETCHING* DAN
*ADAPTIVE THRESHOLDING***

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Matematika**



Oleh

**IRVAN ANDRIAN
NIM. 08011181621080**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

PERBAIKAN KUALITAS DAN SEGMENTASI PEMBULUH DARAH
CITRA RETINA DENGAN METODE *CONTRAST STRETCHING* DAN
ADAPTIVE THRESHOLDING

SKRIPSI

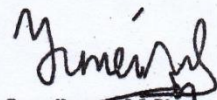
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Matematika

Oleh

IRVAN ANDRIAN
NIM.08011181621080

Indralaya, Juni 2021

Pembimbing Pembantu



Irmeilvana, M.Si
NIP.197405171999032003

Pembimbing Utama



Anita Desiani, M.Kom
NIP.19771211 2003122002

Mengetahui
Ketua Jurusan Matematika



Drs. Sugandi Yandin, M.M
NIP.195807271986031003

HALAMAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Jangan katakan pada Tuhan-mu bahwa kamu mempunyai masalah, tetapi katakan pada masalah bahwa kamu mempunyai Tuhan .”

-Ali bin Abi Thalib-

“Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan.”

-(Qs Ar-rahman)-

“Aku akan selalu memilih orang malas untuk mengerjakan pekerjaan yang sulit, karena ia akan menemukan cara termudah untuk menyelesaikannya.”

-Bill Gates-

“Mending jadi orang pendiam karena diammu akan disegani banyak orang”

-Irvan ndr-

Skripsi ini kupersembahkan kepada:

1. Allah SWT
2. Kedua Orang Tuaku
3. Keluarga Besarku
4. Semua Dosen dan Guruku
5. Sahabat-sahabatku
6. Almamaterku

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT atas segala karunia, rahmat, dan kasih sayang-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**PERBAIKAN KUALITAS DAN SEGMENTASI PEMBULUH DARAH CITRA RETINA DENGAN METODE *CONTRAST STRETCHING* DAN *ADAPTIVE THRESHOLDING***” dengan baik. Shalawat serta salam penulis ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan semua pengikutnya hingga akhir zaman.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini bukanlah akhir dari proses pembelajaran, melainkan awal dari proses belajar selanjutnya.

Selama masa perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga dan penghargaan kepada:

1. Kedua **orangtuaku, adikku** dan **keluarga** besar yang telah memberikan dukungan berharga berupa cinta, kasih sayang, didikan, nasihat, motivasi, do'a, serta material yang tak pernah henti diberikan kepada penulis.

2. Ibu **Anita Desiani, M.Kom.** selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran, saran, kesabaran, dan motivasi yang sangat berarti dalam membimbing penulis menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu **Irmeilyana, M.Si** sebagai Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan waktu, pikiran, saran, kesabaran, dan motivasi yang sangat berarti dalam membimbing penulis menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak **Dr. Ngudiantoro, M.Si** selaku pembimbing akademik yang telah memberikan banyak saran dalam perkuliahan.
5. Seluruh Dosen di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Sriwijaya atas ilmunya kepada penulis.
6. Pak **Iwan** dan Ibu **Hamida** selaku Staf di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Sriwijaya yang telah membantu penulis dalam administrasi.
7. Teman seperjuangan, sekaligus sahabat yaitu **Ogi, Eko, Ilham, Rendy**, dan **Ari** yang senantiasa membantu dan menghibur dalam mengerjakan penelitian ini, kemudian **Winda** yang telah banyak memberikan bantuan dan ilmunya dalam mengerjakan penelitian ini. Serta orang spesial **Rina Aprilia** yang selalu sedia memberikan semangat dan motivasi sampai saat ini, kemudian adik tingkatku Rafi, Ferdy, Yudha, Rian, Wirya, Ariq, Taruna. Wahyu, Yogi, Tasya, dan Clarita.
8. Teman-teman satu angkatan 2016, kakak-kakak tingkat angkatan 2012, 2013, 2014, 2015 dan adik-adik tingkat angkatan 2017, 2018, 2019.
9. Almamaterku yang telah memberiku pengalaman di kampus maupun di luar.

10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan, do'a, serta semangat dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga segala kebaikan yang diberikan mendapat balasan dari Allah SWT.

Penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat menambah pengetahuan dan bermanfaat bagi mahasiswa/mahasiswi Jurusan Matematika FMIPA UNSRI

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Inderalaya, Juni 2021

Penulis

IMPROVEMENT OF RETINAL IMAGE BLOOD VESSEL QUALITY AND SEGMENTATION USING CONTRAST STRETCHING AND ADAPTIVE THRESHOLDING METHODS

By:

Irvan Andrian
08011181621080

ABSTRACT

One way to diagnose Diabetic retinopathy is to segment the blood vessels of the retinal image, however, retinal images obtained from the DRIVE and STARE datasets have varying contrasts, so image quality improvements are needed to obtain stable contrast results. The image quality improvement is carried out using the contrast stretching method and continued with the segmentation process using the adaptive thresholding method to obtain accurate segmentation results. The process of entering data is retinal fundus image, then green channel is extracted and carried out the contrast stretching process. The segmentation process is carried out using the adaptive thresholding method so as to produce a binary image which is then filtered. The output data in the form of retinal blood vessels. The datasets used are the DRIVE and STARE datasets. The results of the DRIVE dataset study resulted in an average value of 95.68% accuracy, 65.05% sensitivity, and 98.56% specificity. The results of the STARE dataset research using Adam Hoover's ground truth comparison resulted in an average accuracy value of 96.13% accuracy, 65.90% sensitivity, and 98.48% specificity, while the study using Valentina Kouznetsova's ground truth comparison resulted in an average accuracy value of 93.89% accuracy, 52.15% sensitivity, and 99.02% specificity. So it can be concluded that the results from the DRIVE and STARE datasets obtained good accuracy and specificity values, but this method still cannot detect fine blood vessels because the sensitivity values are still low.

Keywords: *Diabetic retinopathy, Contrast stretching, Adaptive thresholding, STARE, DRIVE.*

PERBAIKAN KUALITAS DAN SEGMENTASI PEMBULUH DARAH CITRA RETINA DENGAN METODE *CONTRAST STRETCHING* DAN *ADAPTIVE THRESHOLDING*

Oleh:

Irvan Andrian
08011181621080

ABSTRAK

Salah satu cara untuk mendiagnosis penyakit *Diabetic retinopathy* adalah melakukan segmentasi pada pembuluh darah citra retina, namun citra retina yang diperoleh dari dataset DRIVE dan STARE memiliki kontras yang beragam sehingga diperlukan perbaikan kualitas citra untuk mendapatkan hasil kontras yang stabil. Adapun perbaikan kualitas citra yang dilakukan dengan menggunakan metode *contrast stretching* dan dilanjutkan dengan proses segmentasi menggunakan metode *adaptive thresholding* untuk memperoleh hasil segmentasi yang akurat. Proses input data adalah citra fundus retina, lalu diekstraksi *green channel* dan dilakukan proses *contrast stretching*. Proses segmentasi dilakukan dengan metode *adaptive thresholding* sehingga menghasilkan citra biner yang kemudian di-filterisasi. Output data dalam bentuk pembuluh darah retina. Dataset yang digunakan yaitu dataset DRIVE dan STARE. Hasil penelitian dataset DRIVE menghasilkan rata-rata nilai akurasi 95,68%, sensitivitas 65,05%, dan spesifitas 98,56%. Hasil penelitian dataset STARE menggunakan perbandingan *ground truth* Adam Hoover menghasilkan rata-rata nilai akurasi 96,13%, sensitivitas 65,90%, dan spesifitas 98,48%, sedangkan penelitian menggunakan perbandingan *ground truth* Valentina Kouznetsova menghasilkan rata-rata nilai akurasi 93,89%, sensitivitas 52,15%, dan spesifitas 99,02%. Sehingga dapat diambil kesimpulan untuk hasil dari dataset DRIVE dan STARE didapatkan nilai akurasi dan spesifitas yang baik, namun metode ini masih belum dapat mendeteksi pembuluh darah yang halus karena diperoleh nilai sensitivitas yang masih rendah.

Kata Kunci : *Diabetic retinopathy*, *Contrast stretching*, *Adaptive thresholding*, STARE, DRIVE.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Pembatasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Mata	5
2.2	Pengolahan Citra.....	5
2.3	Perbaikan Citra	7
2.3.1	Extraksi <i>Green Channel</i>	7
2.3.2	<i>Contrast Stretching</i>	8
2.4	Segmentasi	9
2.4.1	<i>Adaptive Thresholding</i>	9
2.4.2	Morfologi	11
2.4.3	Median Filter	12
2.5	PSNR (<i>Peak Signal to Noise Ratio</i>)	12
2.6	<i>Confusion Matrix</i>	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Tempat	15
3.2.	Waktu	15
3.3	Alat.....	15
3.4.	Metode Penelitian	15

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Deskripsi Data	19
4.2	<i>Preprocessing</i> Data.....	21
4.3	Segmentasi Citra.....	25
4.4	<i>Post Processing</i>	27
4.5	Hasil Akhir Segmentasi	38

4.6 Pengukuran Parameter	45
4.7 Analisis Hasil.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. <i>Confusion Matrix</i>	13
Tabel 2.2. Kategori Nilai Akurasi	14
Tabel 4.1. Sepuluh Citra Dataset DRIVE dan STARE	19
Tabel 4.2. Komponen RGB Citra.....	21
Tabel 4.3. Komponen Matriks <i>Green Channel</i> “012_test.tif”	22
Tabel 4.4. Komponen Matriks <i>Green Channel</i> “im0082.ppm”	23
Tabel 4.5. Matriks S	28
Tabel 4.6. Matriks T.....	28
Tabel 4.7. Operasi Erosi pada Tahap Proses Morfologi <i>Opening</i>	29
Tabel 4.8. Matriks M.....	29
Tabel 4.9. Operasi Dilasi pada Tahap Proses Morfologi <i>Opening</i>	30
Tabel 4.10. Matriks N	31
Tabel 4.11. Matriks K	34
Tabel 4.12. Matriks U	35
Tabel 4.13. Operasi Dilasi pada Tahap Proses Morfologi <i>Closing</i>	36
Tabel 4.14. Matriks P	36
Tabel 4.15. Operasi Erosi pada Tahap Proses Morfologi <i>Closing</i>	37
Tabel 4.16. Matriks Q	38
Tabel 4.17. Perbandingan <i>Ground truth</i> dengan Hasil Uji Dataset DRIVE.....	39
Tabel 4.18. Perbandingan <i>Ground truth</i> dengan Hasil Uji Dataset STARE.....	42
Tabel 4.19. Nilai PSNR dan MSE dari Hasil olah Dataset DRIVE dan STARE	47

Tabel 4.20. Hasil Nilai Perbandingan Parameter pada Dataset DRIVE	50
Tabel 4.21. Hasil Nilai Perbandingan Parameter pada Dataset STARE.....	51
Tabel 4.22. Perbandingan Hasil Olah dengan Penelitian Lain.....	52

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1.	Transformasi <i>Contrast Stretching</i>	8
Gambar 3.1.	Diagram Alir Proses <i>Contrast Stretching</i>	15
Gambar 3.2.	Diagram Alir Proses Segmentasi pada Citra Retina.....	16
Gambar 4.1.	(a) Hasil <i>Contrast Stretching</i> pada File “012_test.tif”	25
	(b) Hasil <i>Contrast Stretching</i> pada File “im0082.ppm”	25
Gambar 4.2.	(a) Hasil <i>Adaptive Thresholding</i> pada File “012_test.tif”	27
	(b) Hasil <i>Adaptive Thresholding</i> pada File “im0082.ppm”	27
Gambar 4.3.	(a) Hasil Morfologi <i>Opening</i> pada File “012_test.tif”	32
	(b) Hasil Morfologi <i>Opening</i> pada File “im0082.ppm”	32
Gambar 4.4.	(a) Hasil Median Filter pada File “012_test.tif”	33
	(b) Hasil Median Filter pada File “im0082.ppm”	33
Gambar 4.5.	(a) Hasil Morfologi <i>Closing</i> pada File “012_test.tif”	38
	(b) Hasil Morfologi <i>Closing</i> pada File “im0082.ppm”	38

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
lampiran 1. Dataset DRIVE dan STARE.....	59
Kartu Konsultasi	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetic retinopathy adalah penyebab utama kebutaan individu diantara usia 25 tahun sampai 74 tahun (Zhang. *et all.*, 2013). *Diabetic retinopathy* disebabkan oleh kerusakan retina yaitu bocornya cairan pada pembuluh darah, yang terjadi jika tubuh tidak dapat mengeluarkan insulin yang cukup untuk memproses cairan yang keluar dari pembuluh darah (Sahebrao, 2015). Diagnosis dini penyakit dapat dideteksi dari pembuluh darah, karena pembuluh darah retina memiliki pola percabangan dan ukuran yang bermacam-macam. Perubahan pembuluh darah pada retina dapat diidentifikasi dengan segmentasi pembuluh darah retina dengan analisis yang tepat. Karena segmentasi pembuluh darah retina merupakan cara yang tepat untuk mengekstrak bagian-bagian pembuluh darahnya saja, maka segmentasi pembuluh darah retina juga dapat digunakan untuk melihat berbagai macam diagnosis penyakit mata (Akhavan & Faez, 2014)

Perkembangan kecerdasan buatan tentang pengenalan pola pada pengolahan citra digital menimbulkan banyak permasalahan yaitu hasil yang didapat buram, tidak jelas, terdapat banyak *noise* dan kurang terang, sehingga hasil pengolahan citra digital kurang akurat. Salah satu metode perbaikan citra yaitu dengan menggunakan metode *contrast stretching*. Keunggulan *contrast stretching* adalah meningkatnya intensitas dalam suatu gambar sehingga rentang intensitas warna penuh (Negi & Bhandari, 2014). Gambar dengan kontras

yang tinggi akan mudah untuk mendapatkan informasi, sedangkan gambar dengan kontras yang rendah akan sulit untuk mendapatkan informasi. Zubair (2013) menggunakan metode *contrast stretching* untuk proses *enhancement* citra fundus retina. Erwin & Ningsih (2020) menggunakan metode *contrast stretching* dalam penelitian ekstraksi citra retina. Pada prinsipnya *contrast stretching* berguna untuk memperbaiki kualitas citra atau hanya dalam proses *enhancement*, akan tetapi tidak bisa melakukan segmentasi, sehingga diperlukan metode lain untuk melakukan segmentasi yaitu *adaptive thresholding*

Pada segmentasi gambar, pengolahan citra digital adalah langkah penting dalam tahapan pengenalan pola citra. Segmentasi adalah proses untuk mencari karakteristik khusus dari sebuah gambar. Salah satu metodenya yaitu *adaptive thresholding*, yang menggunakan skema pelacakan dan penyaringan morfologis. Keuntungan metode *adaptive thresholding* mampu mendeteksi pembuluh darah kecil maupun besar secara bersamaan (Mapayi *et al.*, 2015). Kekurangan pada metode *adaptive thresholding* adalah hanya mampu melakukan ssegmentasi citra yang berkualitas terang, sehingga keberagaman intensitas cahaya bisa mempengaruhi metode ini. Koli *et al.*, (2014) pernah melakukan segmentasi citra retina dengan tingkat akurasi rata-rata maksimum 72% dan tingkat sensitivitas rata-rata maksimum 76% yang diperoleh pada database DRIVE (*Digital Retinal Images for Vessel Extraction*) namun metode ini tidak menghitung nilai *presisi*. Kemudian Ganesan *et al.*, (2020) pernah melakukan segmentasi citra retina dengan hasil akurasi 94,86%, sensitivitas 62,98%, dan presisi 84,3% yang dicapai pada database STARE (*Structured Analysis of The Retina Dataset*).

Dalam penelitian ini akurasi ialah rasio prediksi benar dengan keseluruhan data, sensitivitas ialah rasio pengukur proporsi positif yang diidentifikasi dengan benar positif, dan spesifitas adalah jumlah sampel negatif yang telah diklasifikasikan dengan benar sebagai sampel positif.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dalam penelitian ini akan menggabungkan dua teknik perbaikan citra dengan *contrast stretching* dan segmentasi dengan *adaptive thresholding* untuk mendapatkan hasil segmentasi pembuluh darah yang lebih baik dengan melihat nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifitas.

1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana menerapkan metode *contrast stretching* dan *adaptive thresholding* untuk mendapatkan hasil perbaikan kualitas citra dan segmentasi pembuluh darah yang akurat berdasarkan nilai PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), akurasi, sensitivitas, dan spesifitas.

1.3 Tujuan Penelitian

Menerapkan metode *contrast stretching* untuk perbaikan kualitas citra dengan nilai PSNR yang tinggi dan metode *adaptive thresholding* untuk memperoleh hasil segmentasi pembuluh darah dengan nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifitas yang akurat.

1.4 Pembatasan Masalah

1. Penelitian hanya dilakukan untuk kasus pembuluh darah di mata.
2. Ukuran hanya dibatasi untuk nilai akurasi, sensitivitas, spesifitas, PSNR, dan MSE (*Mean Square Error*).

1.5 Manfaat Penelitian

Mendapatkan hasil segmentasi pembuluh darah yang dapat digunakan untuk mendiagnosis penyakit *diabetic retinopathy*

DAFTAR PUSTAKA

- Alverina, D., Chrismanto, A. R., & Santosa, R. G. (2018). Perbandingan Algoritma C4.5 dan CART dalam Memprediksi Kategori Indeks Prestasi Mahasiswa. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 6(2), 76–83.
- Akhavan, R., & Faez, K. (2014). A Novel Retinal Blood Vessel Segmentation Algorithm Using Fuzzy Segmentation. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 4(4).
- Chervyakov, N., Lyakhov, P., & Nagornov, N. (2018). Analysis of the Quantization Noise in Discrete Wavelet Transform Filters for Image Processing. *Analysis of the Quantization Noise in Discrete Wavelet Transform Filters for Image Processing*, 7(8), 2–12.
- Chiang, J. Y., & Chen, Y. C. (2012). Underwater image enhancement by wavelength compensation and dehazing. *IEEE Transactions on Image Processing*, 21(4), 1756–1769.
- Eadgahi, M. G. F., & Pourreza, H. (2012). Localization of hard exudates in retinal fundus image by mathematical morphology operations. *2012 2nd International EConference on Computer and Knowledge Engineering, ICCKE 2012*, 185–189.
- Erwin, & Ningsih, D. R. (2020). Improving Retinal Image Quality Using the Contrast Stretching, Histogram Equalization, and CLAHE Methods with Median Filters. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 12(2), 30–41.
- Ganesan, K., Naik, G., Adapa, D., Raj, A. N. J., Alisetti, S. N., & Zhuang, Z. (2020). A supervised blood vessel segmentation technique for digital Fundus images using Zernike Moment based features. *PLoS ONE*, 15(3), 1–23.
- Gonzales, R. C., Woods, R. E., & Eddins, S. L. (2014). Digital image processing using MATLAB. In *Igarss 2014* (Issue 1).
- Gupta, G. (2011). Algorithm for Image Processing Using Improved Median Filter and Comparison of Mean, Median and Improved Median Filter. *International Journal of Soft Computing*, 5, 304–311.
- Heriyanto. (2013). *Analisa Gambar Bitmap Termodifikasi atau tidak Termodifikasi dengan Memadukan Metode Deviasu Pixel*, (semnasIF), 72–80.
- Joshi, K., Yadav, R., & Allwadhi, S. (2016). PSNR and MSE based investigation of LSB. *2016 International Conference on Computational Techniques in Information and Communication Technologies, ICCTICT 2016 - Proceedings*, 280–285.
- Koli, V. Y., Andurkar, A. G., & Jain, H. S. (2014). Automatic Blood Vessel Segmentation in

- Retinal Image Based on Mathematical Morphology. *International Journal of Inventive Engineering and Sciences(IJIES)*, 2(12), 33–37.
- Mapayi, T., Viriri, S., & Tapamo, J. R. (2015). Adaptive thresholding technique for retinal vessel segmentation based on glcm-energy information. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2015.
- Negi, S. S., & Bhandari, Y. S. (2014). A hybrid approach to Image Enhancement using Contrast Stretching on Image Sharpening and the analysis of various cases arising using histogram. *International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering, ICRAIE 2014*, 3.
- Novianti, D. (2015). *Optimasi Koloni Semut untuk Fase Deteksi*. 8(1), 37–52.
- Nurliadi, Sihombing, P., & Ramli, M. (2016). *Analisis Contrast Stretching Menggunakan Algoritma Euclidean untuk Meningkatkan Kontras pada Citra Berwarna*. 03(2013), 26–38.
- Sahebrao, R. (2015). *Automated Diagnosis Non-proliferative Diabetic Retinopathy in Fundus Images Using Support Vector Machine*. 125(15), 7–10.
- Sharma, P., Diwakar, M., & Choudhary, S. (2012). Application of Edge Detection for Brain Tumor Detection. *International Journal of Computer Applications*, 58(16), 21–25.
- Singh, T. R., Roy, S., Singh, O. I., Sinam, T., & Singh, K. M. (2012). A New Local Adaptive Thresholding Technique in Binarization. *International Journal of Computer Science*, 8(6), 271–277.
- Sulistiyanti, S. R., Setiawan, F. A., & Komarudin, M. (2016). *Pengolahan Citra Dasar dan Contoh Penerapannya* (Warsito (ed.)). Teknosain.
- Vargaz vazques D, J, R. resendiz, & Shancez, J. A. R. (2016). Face segmentation using mathematical morphology on single faces. *IEEE*, 3–6.
- Yang, C. H., Weng, C. Y., Tso, H. K., & Wang, S. J. (2011). A data hiding scheme using the varieties of pixel-value differencing in multimedia images. *Journal of Systems and Software*, 84(4), 669–678.
- World Health Organization. (2020). *Priority Eye Diseases*. Diakses dari <https://www.who.int/blindness/causes/priority/en/index5.html>.
- Zeng, G. (2020). On the confusion matrix in credit scoring and its analytical properties. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 49(9), 2080–2093.
- Zhang, K., Ferreyra, H. A., & Grob, S. (2013). Chapter 46 - Diabetic Retinopathy: Genetics and Etiologic Mechanisms. In *Retina* (Fifth Edit, Vol. 1). Elsevier Inc.
- Zheng, Y., He, M., & Congdon, N. (2012). The worldwide epidemic of diabetic retinopathy.

Indian Journal of Ophthalmology, 60(5), 428–431.

Zubair, M. (2013). *Automated Detection of Optic Disc for the Analysis of Retina Using Color Fundus Image*.

Zulfikar, D. H., & Harjoko, A. (2016). Perbandingan Kapasitas Pesan pada Steganografi DCT Sekuensial dan Steganografi DCT F5 dengan Penerapan Point Operation Image Enhancement. *Indonesian Jurnal Of Computing Cybernetics Systems*, 10(1), 35–46.