

**MENINGKATKAN AKURASI PEMBACAAN BAHASA ISYARAT  
ANGKA DENGAN MENGGUNAKAN MODEL LANDMARK TANGAN  
DAN ALGORITMA THRESHOLDING**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro  
Program Studi Teknik Elektro



Disusun oleh:

**Arfah Athiroh**

**E.5051.1800636**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2022**

**MENINGKATKAN AKURASI PEMBACAAN BAHASA ISYARAT  
ANGKA DENGAN MENGGUNAKAN MODEL LANDMARK TANGAN  
DAN ALGORITMA THRESHOLDING**

Oleh  
Arfah Athiroh

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi S1 Teknik Elektro

© Arfah Athiroh  
Universitas Pendidikan Indonesia  
10 Mei 2022

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, di *fotocopy*, atau cara lain tanpa izin dari penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ARFAH ATHIROH**

**E.5051.1800636**

**MENINGKATKAN AKURASI PEMBACAAN BAHASA ISYARAT  
ANGKA DENGAN MENGGUNAKAN MODEL LANDMARK TANGAN  
DAN ALGORITMA THRESHOLDING**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

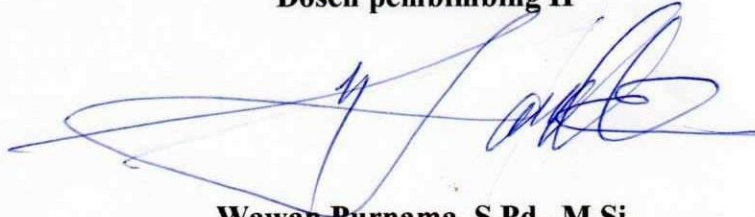
**Dosen Pembimbing I**



**Agus Heri Setya Budi, S.T., M.T.**

**NIP. 19720826 200501 1 001**

**Dosen pembimbing II**



**Wawan Purnama, S.Pd., M.Si.**

**NIP. 1971026 199403 1 004**

Mengetahui,

**Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro**



**Dr. Yadi Mulyadi, M.T.**

**NIP. 19630727 199302 1 001**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Meningkatkan Akurasi Pembacaan Bahasa Isyarat Angka dengan Menggunakan Model Landmark Tangan dan Algoritma Thresholding**” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 10 Mei 2022

Yang membuat pernyataan,



Arfah Athiroh  
NIM. 1800636

## KATA PENGANTAR

Segala puji serta syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas limpahan rezeki dan berkah-Nya penulis dapat menyusun laporan ini. Tak lupa sholawat dan salam tetap dicurahkan kepada Nabi besar kita semua yaitu Nabi Muhammad S.A.W. Sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul **“Meningkatkan Akurasi Pembacaan Bahasa Isyarat Angka dengan Menggunakan Model Landmark Tangan dan Algoritma Thresholding”** tepat pada waktunya. Laporan ini ditulis untuk memenuhi persyaratan meraih gelar Sarjana Teknik di Universitas Pendidikan Indonesia, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Program Studi S1 Teknik Elektro.

Penulis menyadari banyak pihak yang ikut berperan dan membantu dalam penelitian hingga pembuatan laporan skripsi ini. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak yang terlibat dan membantu dalam penyusunan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua serta keluarga yang telah memberikan motivasi, do'a, serta dukungan baik moral maupun materiil.
2. Bapak Dr. Yadi Mulyadi, M.T. selaku ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Indonesia.
3. Bapak Iwan Kustiawan, S.Pd., M.T., Ph.D. selaku ketua Program studi Teknik Elektro.
4. Bapak Agus Heri Setya Budi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
5. Bapak Wawan Purnama, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
6. Tim pengujian sistem, Agung Pujiyanto, De Ima Ismayanti, Fadlil Rais Setia Zaenal Abidin, Riska Haryadianti Nur, Tia Amanda Fitriyani, Aceng Kosim Kurniawan, Dhafin Somantri, Alwi Muhammad Nawawi, Siti Rochsianah, dan Suryana yang telah bersedia membantu penulis untuk menguji sistem dan dijadikan subjek.

7. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam pelaksanaan penelitian dan menyelesaikan laporan skripsi. Penulis juga menyadari terdapat banyak kesalahan dalam penulisan laporan skripsi ini sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penulisan laporan yang lebih baik. Penulis berharap agar laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi para pembaca

Bandung, 10 Mei 2022

Penulis

## ABSTRAK

Bahasa isyarat merupakan bahasa yang digunakan oleh komunitas tunarungu dalam berkomunikasi. Bahasa isyarat tidak hanya membahas mengenai huruf terdapat pula angka yang perlu diklasifikasi. Isyarat angka dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti berhitung atau menentukan suatu nominal tertentu. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan akurasi pembacaan bahasa isyarat angka. Tujuan lainnya adalah membandingkan sistem deteksi bahasa isyarat angka menggunakan landmark tangan dengan sistem deteksi bahasa isyarat angka menggunakan landmark tangan dan thresholding. Metode yang digunakan untuk mengembangkan sistem bahasa isyarat angka adalah kombinasi model landmark tangan dan algoritma thresholding. Sistem akan mendeteksi telapak tangan dengan melokalisasi 21 landmark tangan dalam koordinat 3D. Kemudian sistem akan menghitung gerakan tangan apakah jari lurus atau bengkok. Setelah itu, algoritma thresholding dilakukan untuk menentukan objek dan latar belakang. Objek akan diproses untuk memetakan status jari menjadi gerakan yang telah ditentukan sebelumnya. Keluaran dari sistem berupa teks yang ditampilkan pada layar. Sistem pembacaan bahasa isyarat berhasil dibuat dan diuji dengan percobaan awal oleh peneliti sebanyak 30 kali per angka dan pengujian oleh 10 orang sebanyak 5 kali per angka. Hasil yang didapatkan dari sistem deteksi bahasa isyarat angka menggunakan landmark tangan memiliki rata-rata akurasi sebesar 95,25% dan sistem deteksi bahasa isyarat angka menggunakan landmark tangan dan thresholding memiliki rata-rata akurasi sebesar 98,625%. Ini menunjukkan bahwa sistem pembacaan bahasa isyarat angka meningkat sebesar 3,375%.

**Kata Kunci:** Bahasa isyarat angka; sistem deteksi; akurasi; Algoritma thresholding; landmark tangan.

## ABSTRACT

*Sign language is the language used by the deaf community in communicating. Sign language does not only discuss letters, there are also numbers that need to be classified. Numerical cues can be used for various purposes such as counting or determining a certain nominal. The purpose of this study was to improve the accuracy of reading numeric sign language. Another objective is to compare a number sign language detection system using hand landmarks with a number sign language detection system using hand landmarks and thresholding. The method used to develop a numeric sign language system is a combination of hand landmark models and thresholding algorithms. The system will detect the palm by localizing 21 hand landmarks in 3D coordinates. Then the system will calculate hand movements whether the fingers are straight or bent. After that, a thresholding algorithm is performed to determine the object and background. The object will be processed to map the finger state to a predefined movement. The output of the system in the form of text that is displayed on the screen. The sign language reading system was successfully created and tested with an initial experiment by researchers 30 times per number and testing by 10 people 5 times per number. The results obtained from the number sign language detection system using hand landmarks have an average accuracy of 95.25% and the numeric sign language detection system using hand landmarks and thresholding has an average accuracy of 98.625%. This shows that the numeric sign language reading system increased by 3.375%.*

**Keywords:** *Number sign language; detection system; accuracy; thresholding algorithm; hand landmarks.*



## DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Tujuan Penelitian.....	4
1.4    Manfaat Penelitian.....	4
1.5    Batasan Masalah.....	4
1.6    Sistematika Penulisan.....	5
BAB II.....	6
LANDASAN TEORI.....	6
2.1    Bahasa Isyarat Angka .....	6
2.2    Pengolahan Citra Digital .....	7
2.2.1    Pembentukan citra digital.....	8
2.2.2    Resolusi Citra .....	9
2.2.3    Jenis Citra.....	10
2.3    Python.....	14
2.3.1 <i>Library</i> Python .....	15
2.4    Model landmark Tangan.....	20
2.5    Meningkatan Akurasi .....	22
2.6    Algoritma Thresholding .....	25
2.5.1    Global Thresholding.....	26
2.5.2    Lokal Thresholding .....	28
2.7    Model Landmark Tangan dan Algoritma Thresholding.....	28
BAB III.....	31

TAHAPAN DAN METODE PENELITIAN .....	31
3.1 Tahapan Penelitian .....	31
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	34
3.2.1 Alat Penelitian .....	34
3.2.2 Bahan Penelitian .....	35
3.3 Metode Penelitian .....	35
3.3.1 Metode Pengembangan Sistem .....	35
3.3.2 Teknik Menghitung Akurasi .....	37
3.4 Desain Antarmuka .....	38
3.4.1 Halaman Utama .....	38
3.4.2 Halaman Percobaan .....	39
BAB IV .....	40
IMPLEMENTASI DAN HASIL .....	40
4.1 Implementasi .....	40
4.1.1 Implementasi Algoritma .....	40
4.1.2 Implementasi Kode Program .....	42
4.1.3 Implementasi Antarmuka .....	46
4.2 Hasil Penelitian .....	47
4.2.1 Hasil Deteksi Bahasa Isyarat Angka .....	47
4.2.2 Pengujian Sistem .....	53
4.3 Analisis .....	67
BAB V .....	72
PENUTUP .....	72
5.1 Kesimpulan .....	72
5.2 Saran .....	72
DAFTAR PUSTAKA .....	74
LAMPIRAN .....	80

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bahasa Isyarat Angka.....	7
Gambar 2.2 ilustrasi citra digital.....	7
Gambar 2.3 Resolusi pixel .....	9
Gambar 2.4 Citra Biner.....	11
Gambar 2.5 Citra Keabuan.....	12
Gambar 2.6 Citra Berwarna .....	12
Gambar 2.7 Komposisi warna RGB.....	13
Gambar 2.8 Komposisi warna HSV.....	13
Gambar 2.9 Komposisi warna HSI .....	14
Gambar 2.10 Logo python .....	15
Gambar 2.11 Kelas Tkinter.....	16
Sumber: Grayson, J. E., 2000.....	16
Gambar 2.11 Logo OpenCV .....	19
Gambar 2.12 Logo NumPy .....	20
Gambar 2.13 Logo media pipe.....	20
Gambar 2.14 Landmark tangan.....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	31
Gambar 3.2 Arsitektur sistem deteksi bahasa isyarat angka .....	33
Gambar 3.3 Diagram Alir Metode Penelitian .....	36
Gambar 3.4 Rancangan halaman utama.....	38
Gambar 3.5 Rancangan halaman percobaan .....	39
Gambar 4.1 Implementasi Thresholding.....	42
Gambar 4.2 Implementasi Halaman Utama .....	46
Gambar 4.3 Implementasi Halaman Percobaan .....	47
Gambar 4.4 Hasil deteksi bahasa isyarat angka .....	50
Gambar 4.5 Deteksi bahasa isyarat dengan cahaya gelap.....	52
Gambar 4.6 Hasil berdasarkan latar belakang yang berbeda .....	53

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Kelas Tkinter Widget .....	16
Tabel 4.1 Percobaan pertama dengan 30 kali uji coba per angka .....	51
Tabel 4.2 Pengujian orang pertama.....	54
Tabel 4.3 Pengujian orang kedua .....	56
Tabel 4.4 Pengujian orang ketiga.....	57
Tabel 4.5 Pengujian orang keempat .....	58
Tabel 4.6 Pengujian orang kelima.....	59
Tabel 4.7 Pengujian orang keenam .....	61
Tabel 4.8 Pengujian orang ketujuh.....	62
Tabel 4.9 Pengujian orang kedelapan .....	63
Tabel 4.10 Pengujian orang kesembilan .....	65
Tabel 4.11 Pengujian orang kesepuluh .....	66
Tabel 4.12 Total Pengujian .....	68
Tabel 4.13 Studi Perbandingan .....	71

## DAFTAR PUSTAKA

- Afonso, M., Zhang, F., & Bull, D. R. (2018). Video compression based on spatio-temporal resolution adaptation. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 29(1), 275-280.
- Al-Dwairi, M. O., Alqadi, Z. A., Abujazar, A. A., & Zneit, R. A. (2010). Optimized true-color image processing. *World Applied Sciences Journal*, 8(10), 1175-1182.
- Andono, P. N., & Sutojo, T. (2017). *Pengolahan citra digital*. Penerbit Andi.
- Bhargavi, K., & Jyothi, S. (2014). A survey on threshold based segmentation technique in image processing. *International Journal of Innovative Research and Development*, 3(12), 234-239.
- Bradski, G., & Kaehler, A. (2008). *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*. " O'Reilly Media, Inc."
- Brahmbhatt, S. (2013). *Practical OpenCV*. Apress.
- Camgoz, N. C., Hadfield, S., Koller, O., Ney, H., & Bowden, R. (2018). Neural sign language translation. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 7784-7793).
- Chaubey, A. K. (2016). Comparison of the local and global thresholding methods in image segmentation. *World Journal of Research and Review*, 2(1), 1-4.
- Chen, Z. H., Kim, J. T., Liang, J., Zhang, J., & Yuan, Y. B. (2014). Real-time hand gesture recognition using finger segmentation. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Cheremkhin, P. A., & Kurbatova, E. A. (2019). Comparative appraisal of global and local thresholding methods for binarisation of off-axis digital holograms. *Optics and Lasers in Engineering*, 115, 119-130.
- Dong, X., Yang, Y., Wei, S. E., Weng, X., Sheikh, Y., & Yu, S. I. (2020). Supervision by registration and triangulation for landmark detection. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 43(10), 3681-3694.
- Downey, A. (2012). *Think python*. " O'Reilly Media, Inc."
- Easton Jr, R. L. (2010). *Digital Image Processing I*. September.

- Fu, J., Cao, S., Cai, L., & Yang, L. (2021). Finger Gesture Recognition Using Sensing and Classification of Surface Electromyography Signals With High-Precision Wireless Surface Electromyography Sensors. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 15.
- Goh, T. Y., Basah, S. N., Yazid, H., Safar, M. J. A., & Saad, F. S. A. (2018). Performance analysis of image thresholding: Otsu technique. *Measurement*, 114, 298-307.
- Grayson, J. E. (2000). *Python and Tkinter programming*. Manning Publications Co. Greenwich.
- Gurav, R. M., & Kadbe, P. K. (2015, May). Real time finger tracking and contour detection for gesture recognition using OpenCV. In *2015 International Conference on Industrial Instrumentation and Control (ICIC)* (pp. 974-977). IEEE.
- Gustiar, D., Sitorus, S. H., & Midyanti, D. M. (2020). Penerjemahan Bahasa Isyarat Menggunakan Metode Generalized Learning Vector Quantization (Glvq). *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 8(3), 1-8.
- Hall, T., & Stacey, J. P. (2009). Introducing Python. *Python 3 for Absolute Beginners*, 1-7.
- Harris, C. R., Millman, K. J., Van Der Walt, S. J., Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D., ... & Oliphant, T. E. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*, 585(7825), 357-362.
- Hartanto, R., & Kartikasari, A. (2016, October). Android based real-time static Indonesian sign language recognition system prototype. In *2016 8th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)* (pp. 1-6). IEEE.
- Hartanto, R., Susanto, A., & Santosa, P. I. (2014, October). Real time static hand gesture recognition system prototype for Indonesian sign language. In *2014 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)* (pp. 1-6). IEEE.
- Hassan, M. R., Ema, R. R., & Islam, T. (2017). Color image segmentation using automated K-means clustering with RGB and HSV color spaces. *Global Journal of Computer Science and Technology*.

- Houssein, E. H., Helmy, B. E. D., Oliva, D., Elngar, A. A., & Shaban, H. (2021). A novel black widow optimization algorithm for multilevel thresholding image segmentation. *Expert Systems with Applications*, 167, 114159.
- Idris, I. (2015). *NumPy: Beginner's Guide*. Packt Publishing Ltd.
- Islam, M. M., Siddiqua, S., & Afnan, J. (2017, February). Real time hand gesture recognition using different algorithms based on American sign language. In *2017 IEEE international conference on imaging, vision & pattern recognition (icIVPR)* (pp. 1-6). IEEE.
- Jaya, I. N. S., & Etyarsah, S. (2021). *Analisis Citra Digital Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam* (Vol. 1). PT Penerbit IPB Press.
- Kang, W. X., Yang, Q. Q., & Liang, R. P. (2009, March). The comparative research on image segmentation algorithms. In *2009 First International Workshop on Education Technology and Computer Science* (Vol. 2, pp. 703-707). IEEE.
- Karkera, K., Thakkar, J., Velani, R., Solanki, C., & Mhatre, Y. (2019, April). Vision based real time gesture recognition. In *2nd International Conference on Advances in Science & Technology (ICAST)*.
- Kartika, D. R., & Sigit, R. (2016, August). Sign language interpreter hand using optical-flow. In *2016 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (ISEmantic)* (pp. 197-201). IEEE.
- Khairuzzaman, A. K. M., & Chaudhury, S. (2017). Multilevel thresholding using grey wolf optimizer for image segmentation. *Expert Systems with Applications*, 86, 64-76.
- Kirana, K. C., & Kom, M. (2021). *PENGOLAHAN CITRA DIGITAL: Teori dan Penerapan Pengolahan Citra Digital pada Deteksi Wajah*. Ahlimedia Book.
- Ko, S. K., Son, J. G., & Jung, H. (2018, October). Sign language recognition with recurrent neural network using human keypoint detection. In *Proceedings of the 2018 conference on research in adaptive and convergent systems* (pp. 326-328).

- Kulkarni, N. (2012). Color thresholding method for image segmentation of natural images. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 4(1), 28.
- Lamoureux, S. F., & Bollmann, J. (2005). Image acquisition. In *Image analysis, sediments and paleoenvironments* (pp. 11-34). Springer, Dordrecht.
- Le, P. D., & Nguyen, V. H. (2014). Remote mouse control using fingertip tracking technique. In *AETA 2013: Recent Advances in Electrical Engineering and Related Sciences* (pp. 467-476). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Mandyartha, E. P., Anggraeny, F. T., Muttaqin, F., & Akbar, F. A. (2020, July). Global and Adaptive Thresholding Technique for White Blood Cell Image Segmentation. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1569, No. 2, p. 022054). IOP Publishing.
- Mayberry, R. I., & Squires, B. (2006). Sign language acquisition. *Encyclopedia of language and linguistics*, 11, 739-43.
- Mihoubi, S., Lapray, P. J., & Bigué, L. (2018). Survey of demosaicking methods for polarization filter array images. *Sensors*, 18(11), 3688.
- Mohan, V. M., Kanaka Durga, R., Devathi, S., & Srujan Raju, K. (2016). Image processing representation using binary image; grayscale, color image, and histogram. In *Proceedings of the second international conference on computer and communication technologies* (pp. 353-361). Springer, New Delhi.
- Padmavathi, K., & Thangadurai, K. (2016). Implementation of RGB and grayscale images in plant leaves disease detection—comparative study. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(6), 1-6.
- Perez, A., & Gonzalez, R. C. (1987). An iterative thresholding algorithm for image segmentation. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, (6), 742-751.
- Pitas, I. (2000). *Digital image processing algorithms and applications*. John Wiley & Sons.
- Putra, D. (2010). *Pengolahan citra digital*. Penerbit Andi.
- Rastgoo, R., Kiani, K., & Escalera, S. (2020). Hand sign language recognition using multi-view hand skeleton. *Expert Systems with Applications*, 150, 113336.



- Ren, Z., Yuan, J., Meng, J., & Zhang, Z. (2013). Robust part-based hand gesture recognition using kinect sensor. *IEEE transactions on multimedia*, 15(5), 1110-1120.
- Rusydi, M. I., Syafii, S., Hadelina, R., Kimin, E., Setiawan, A. W., & Rusydi, A. (2020). Recognition of sign language hand gestures using leap motion sensor based on threshold and ANN models. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 9(2), 473-483.
- Saravanan, G., Yamuna, G., & Nandhini, S. (2016, April). Real time implementation of RGB to HSV/HSI/HSL and its reverse color space models. In *2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)* (pp. 0462-0466). IEEE.
- Senthilkumar, N., & Vaithegi, S. (2016). Image segmentation by using thresholding techniques for medical images. *Computer Science & Engineering: An International Journal*, 6(1), 1-13.
- Senturk, Z. K., & Bakay, M. S. (2021). Machine learning based hand gesture recognition via emg data. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, 10(2).
- Sharma, A., Chaturvedi, R., Kumar, S., & Dwivedi, U. K. (2020). Multi-level image thresholding based on Kapur and Tsallis entropy using firefly algorithm. *Journal of Interdisciplinary Mathematics*, 23(2), 563-571.
- Sianipar, R. H. (2013). *Matlab Untuk Pemrosesan Citra Digital* (Vol. 1). Penerbit INFORMATIKA.
- Sianipar, R. H. (2018). *Dasar Pemrosesan Citra Digital dengan Matlab* (Vol. 1). Penerbit ANDI.
- Singh, S., Mittal, N., & Singh, H. (2020). A multilevel thresholding algorithm using LebTLBO for image segmentation. *Neural Computing and Applications*, 32(21), 16681-16706.
- Summerfield, M. (2010). *Programming in Python 3: a complete introduction to the Python language*. Addison-Wesley Professional.
- Swapna, B., Pravin, F., & Dharaskar Rajiv, V. (2011, November). Hand gesture recognition system for numbers using thresholding. In *International*

- Conference on Computational Intelligence and Information Technology* (pp. 782-786). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Taskiran, M., Killioglu, M., & Kahraman, N. (2018, July). A real-time system for recognition of American sign language by using deep learning. In *2018 41st International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)* (pp. 1-5). IEEE.
- Valli, C., & Lucas, C. (2000). *Linguistics of American sign language: An introduction*. Gallaudet University Press.
- Van Rossum, G. (2003). An introduction to Python (p. 115). F. L. Drake (Ed.). Bristol: Network Theory Ltd.
- Van Rossum, G., & Drake Jr, F. L. (1995). *Python tutorial* (Vol. 620). Amsterdam, The Netherlands: Centrum voor Wiskunde en Informatica.
- Verde, N., Mallinis, G., Tsakiri-Strati, M., Georgiadis, C., & Patias, P. (2018). Assessment of radiometric resolution impact on remote sensing data classification accuracy. *Remote Sensing*, *10*(8), 1267.
- Yong, Y., Chongxun, Z., & Pan, L. (2004). A novel fuzzy c-means clustering algorithm for image thresholding. *Measurement science review*, *4*(1), 11-19.
- Zhang, F., Bazarevsky, V., Vakunov, A., Tkachenka, A., Sung, G., Chang, C. L., & Grundmann, M. (2020). Mediapipe hands: On-device real-time hand tracking. *arXiv preprint arXiv:2006.10214*.