

**IDENTIFIKASI POLA WAJAH MENGGUNAKAN
METODE LOCAL BINARY PATTERN HISTOGRAM
PADA MOBILE SYSTEM**

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



Oleh :

Retno Choirunisa

09011381621079

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

**IDENTIFIKASI POLA WAJAH MENGGUNAKAN METODE
LOCAL BINARY PATTERN HISTOGRAM PADA MOBILE
SYSTEM**

TUGAS AKHIR

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



OLEH :

**RETNO CHOIRUNISA
09011381621079**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI POLA WAJAH MENGGUNAKAN METODE LOCAL BINARY PATTERN HISTOGRAM PADA MOBILE SYSTEM

TUGAS AKHIR

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

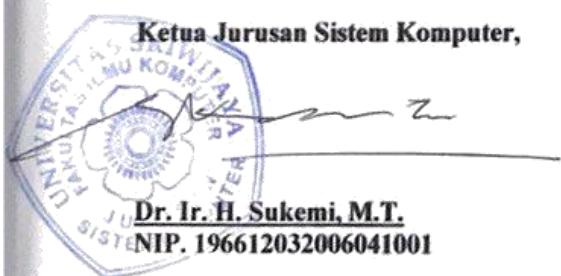
Oleh :

RETNO CHOIRUNISA

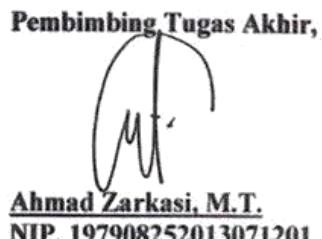
09011381621079

Palembang, Januari 2021

Mengetahui,



Ketua Jurusan Sistem Komputer,
Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001



Pembimbing Tugas Akhir,
Ahmad Zarkasi, M.T.
NIP. 197908252013071201

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Senin
Tanggal : 11 Januari 2021

Tim Penguji :

1. Ketua : Aditya Putra Perdana P, M.T.
2. Sekretaris : Rahmat Fadli Isnanto, M.Sc.
3. Pendamping : Ahmad Zarkasi, M.T.
4. Penguji : Rossi Passarella, M.Eng

Ady
Raf
AZ
RS

Mengetahui,
Ketua Jurusan Sistem Komputer



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

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulilahirabbil'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, taufik, dan hidayah-Nya yang sangat besar dan tidak pernah berhenti kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul "**Identifikasi Pola Wajah Menggunakan Metode Local Binary Pattern Histogram Pada Mobile System**".

Pada laporan ini penulis membahas tentang sistem navigasi pada *mobile robot* saat bergerak mendekati wajah seseorang. Penulis berharap agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi orang banyak dan menjadi bahan bacaan bagi yang tertarik untuk melakukan penelitian pada pengenalan wajah dan *mobile robot*.

Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak atas bantuan, bimbingan, dan saran yang telah diberikan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Orang tua dan keluarga saya tercinta yang telah membesarkan saya dengan penuh kasih sayang dan selalu mengajarkan saya dalam berbuat hal yang baik.
2. Bapak Jaidan Jauhari, M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi, M.T., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya dan Pembimbing Akademik.
4. Bapak Ahmad Zarkasi, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah berkenan meluangkan waktunya guna membimbing, memberikan saran,

membagikan solusi serta memberikan motivasi serta agar penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebaik mungkin.

5. Bapak Aditya Putra Perdana P, M.T. selaku ketua sidang
6. Bapak Rossi Passarella, M.Eng. dan Bapak Rahmat Fadli Isnanto, M.Sc. selaku penguji tugas akhir dan sekedaris sidang yang telah memberi saran dan masukan
7. Mbak Reny, dan juga Mbak Sari selaku admin jurusan Sistem Komputer yang telah membantu selama masa perkuliahan.
8. Nabilha Rizkia Audita, S.Kom, Muslimin, Fachri Ardan, Muhammad Tamlikho S.Kom, yang telah menemani dan membantu penulis selama masa perkuliahan.
9. Teman- teman Lab Robotika, Sistem Kendali, & Sistem Tertanam yang terdiri dari Ahmad Yusuf Aditama, S.Kom, Muhammad Nawwar Athalaza, S.Kom, Fachrudin abda, Agung Juli Anda S.Kom, yang telah membantu dan menemani penulis selama masa pengerjaan tugas akhir ini.
10. Serta teman-teman seperjuangan Melinda, S.Ak dan Muhammad Iqbal Junusi, Asisten Lab Eldas dan juga Asisten Lab Jaringan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih sangat jauh dari kata sempurna. Untuk itu kritik dan saran dst.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Palembang, Januari 2021
Penulis,

***IDENTIFIKASI POLA WAJAH MENGGUNAKAN METODE LOCAL BINARY
PATTERN HISTOGRAM PADA MOBILE SYSTEM***

Retno Choirunisa (09011381621079)

*Computer Engineering Department, Computer Science Faculty,
Sriwijaya University*

Email : retnocho16@gmail.com

ABSTRACT

Face detection is widely used to help various human needs, this is because faces can provide information related to identification or personal data. Face recognition can be started by detecting faces first. Many factors, such as the position of the face on the camera, the distance of the face, and the level of light, can affect the process of face recognition. The Local Binary Pattern (LBPH) algorithm is one of the most effective methods for facial recognition. A mobile robot designed is expected to function to be able to move to follow a recognized face. To implement face detection and facial recognition on mobile robots, the Raspberry Pi is used as a mini-computer. and Arduino as a robot motion controller.

Keywords : *Face Detection, Face Recognition, Haar Cascade, Local Binary Pattern Histogram, Mobile Robot.*

***IDENTIFIKASI POLA WAJAH MENGGUNAKAN METODE LOCAL BINARY
PATTERN HISTOGRAM PADA MOBILE SYSTEM***

Retno Choirunisa (09011381621079)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer,
Universitas Sriwijaya

Email : retnocho16@gmail.com

ABSTRAK

Deteksi wajah banyak digunakan untuk membantu berbagai kebutuhan manusia, hal ini karena wajah dapat memberikan informasi terkait identifikasi atau data pribadi. Pengenalan wajah dapat dimulai dengan mendeteksi wajah terlebih dahulu. Banyak faktor, seperti posisi wajah di kamera, jarak wajah, dan tingkat cahaya yang dapat memengaruhi proses pengenalan wajah. Algoritma Local Binary Pattern (LBPH) adalah salah satu metode yang paling efektif untuk pengenalan wajah. Robot seluler yang dirancang diharapkan berfungsi untuk dapat bergerak mengikuti wajah yang dikenali. Untuk mengimplementasikan deteksi wajah dan pengenalan wajah pada robot seluler, Raspberry Pi digunakan sebagai komputer mini. dan Arduino sebagai pengontrol gerak robot.

Kata Kunci : *Face Detection, Face Recognition, Haar Cascade, Local Binary Pattern Histogram, Mobile Robot..*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN KATA PENGANTAR	v
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat	2
1.3 Rumusan Masalah dan Batasan Masalah	3
1.4 Sistematika Penulisan	4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengolahan Citra Digital	5
2.1.1 <i>Color Image</i>	5
2.1.2 Citra Keabuan (Grayscale)	6
2.1.2 Citra <i>Binary</i>	7
2.2 Sistem Pengenalan Wajah	7
2.3 <i>Haar cascade</i>	8
2.3.1 <i>Integral Image</i>	9
2.3.2 <i>Cascade Classifier</i>	10

2.4 Local Binary Pattern Histogram (LBPH)	11
2.4.1 Local Binary Pattern (LBP)	11
2.4.2 Histogram of Oriented Gradients (HOG)	11
2.5 Euclidean Distance	15
2.6 Mobile Robot Vision.....	15
2.6.1 Raspberry Pi	16
2.6.2 Camera Pi	17
2.6.3 Motor DC.....	18
2.6.4 Motor Servo.....	18
2.6.4 Open CR	19

BAB III.METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan	20
3.2 Kerangka Kerja	20
3.3 Studi Literatur	20
3.4 Perancangan Sistem	22
3.5 Perancangan <i>Software</i> (Perangkat Lunak)	23
3.5.1 <i>Preprocessing</i>	24
3.5.2 Algoritma <i>Haar Cascade Classifier</i>	27
3.5.3 Algoritma <i>Local Binary Pattern Histogram</i> (LBPH)	30
3.5.4 Proses <i>Training</i>	31
3.5.5 <i>Face Recognition</i>	32
3.5.6 Pelacakan Wajah	33
3.6 Perancangan <i>Hardware</i> (Perangkat Keras).....	33
3.7 Pengujian Sistem	38
3.7.1 Pengujian Perangkat Lunak.....	38
3.7.2 Pengambilan Data	38
3.7.2 Pengujian Data	38
3.7.2 Pengujian Perangkat Keras	38
3.8 Analisa Sistem.....	39

3.8 Pengambilan Kesimpulan.....	39
---------------------------------	----

BAB IV.PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pendahuluan	40
4.2 Proses Pengambilan Data.....	40
4.3 Pengujian Perangkat Lunak.....	41
4.3.2 Pengujian Deteksi Wajah	41
4.3.3 Pengujian Pengenalan Wajah.....	43
4.4 Pengujian Perangkat Keras	50
4.4.1 Pengujian Gerak Motor Servo.....	50
4.4.2 Pengujian Gerak Motor DC	52
4.5 Analisa	54

BAB V.KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	56
----------------------	----

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Color Image</i>	5
Gambar 2.2 Citra Keabuan (<i>Grayscale</i>).....	6
Gambar 2.3 Citra <i>Binary</i>	7
Gambar 2.4 Haar Cascade Classifier	8
Gambar 2.5 Skema Kerja Haar Cascade Classifier	9
Gambar 2.6 <i>Integral Image</i>	10
Gambar 2.7 Proses Cascade Clasifier	10
Gambar 2.8 Perbandingan derajat keabuan citra pada histogram	11
Gambar 2.9 Ilustrasi nilai Histogram	12
Gambar 2.10 Kode LBP	13
Gambar 2.11 Diagram Blok Raspberry Pi	16
Gambar 2.12 <i>Camera Pi</i>	17
Gambar 2.13 Motor DC	18
Gambar 2.14 Motor Servo	19
Gambar 2.15 OpenCR	19
Gambar 3.1 Kerangka Kerja Penelitian.....	21
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem identifikasi Wajah	22
Gambar 3.3 Flowchart Perancangan Perangkat Lunak	24
Gambar 3.4 Nilai Piksel R	25
Gambar 3.5 Nilai Piksel G	25
Gambar 3.6 Nilai Piksel B	25
Gambar 3.7 Nilai Piksel <i>Grayscale</i>	27
Gambar 3.8 Hasil preprocessing	27
Gambar 3.9 Flowchart dari Fitur Haar	28
Gambar 3.10 Matriks Perhitungan <i>Integral Image</i>	29
Gambar 3.11 Matriks <i>Integral Image</i>	29

Gambar 3.12 Flowchart Algoritma LBPH	30
Gambar 3.13 Visualisasi nilai Histogram	32
Gambar 3.14 Desain fisik <i>Mobile Robot</i>	34
Gambar 3.15 Fisik <i>Mobile Robot</i>	35
Gambar 3.16 Wiring <i>Mobile Robot</i>	36
Gambar 3.17 Flowchart sistem gerak <i>Mobile Robot</i>	37
Gambar 4.1 Database <i>Image Wajah</i>	43
Gambar 4.2 Pengujian wajah orang pertama	44
Gambar 4.3 Pengujian wajah orang Kedua	44
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Nilai Distance	47
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Nilai Distance pada Unknown	49
Gambar 4.6 Grafik gerak Servo	52
Gambar 4.7 Grafik PWM Motor DC	54

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Hasil Database <i>image</i> wajah	40
Tabel 4.2 Hasil dari pengujian deteksi wajah.....	42
Tabel 4.3 Hasil dari pengujian pengenalan wajah.....	45
Tabel 4.4 Hasil dari pengujian pengenalan wajah <i>Unknown</i>	48
Tabel 4.5 Tabel data jarak wajah pada kamera.	50
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Gerak Motor Servo	51
Tabel 4.7 Hasil pengujian Gerak Mobile Robot.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Gambar Mobile Robot

LAMPIRAN 2 Form Revisi

LAMPIRAN 3 Turnitin

LAMPIRAN 4 Source Code Pengenalan Wajah

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam ilmu pengetahuan teknologi yang sedang berkembang saat ini, pengenalan wajah banyak digunakan untuk membantu berbagai keperluan manusia seperti untuk sistem keamanan, absensi, robot vision, telekomunikasi dan interaksi cerdas manusia-komputer lainnya. Hal ini dikarenakan gambar wajah dapat memberikan sebuah informasi yang berhubungan dengan identifikasi ataupun data pribadi.

Pengenalan wajah (face recognition) adalah salah satu teknologi biometrik yang digunakan untuk mengidentifikasi atau memverifikasi wajah seseorang melalui sebuah gambar digital dengan cara menangkap citra wajah seseorang, kemudian dibandingkan dengan wajah sebelumnya. Proses dari pengenalan wajah diantaranya adalah deteksi wajah dan identifikasi wajah yang telah disimpan di dalam database tertentu[1]. Ada beberapa faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil dari pendekripsi wajah yaitu tingkat pecahayaan, jarak antara subjek pada kamera, dan sudut pandang wajah. Sehingga terdapat berbagai macam metode yang bisa digunakan untuk melakukan pengenalan wajah seperti Viola Jones, Eigenface, Fisherface, dan Local Binary Patterns (LBPH)[2].

Pada penelitian sebelumnya sudah ada sistem pengenalan wajah menggunakan metode Eigenface yang mencapai tingkat akurasi pengenalan wajah sebesar 80% dan kesalahan sebesar 33.34% dengan database 12 gambar yang terdiri dari 3 orang dengan masing-masing pengambilan citra sebanyak 4 kali [3]. Adapula penelitian sebelumnya yang menggunakan metode fisherface dalam pengenalan wajah dengan pengujian yang dilakukan terhadap 60 gambar masukan, menghasilkan tingkat keberhasilan pengenalan wajah sebesar 81,82%[15].Dalam penelitian ini yang berjudul “IDENTIFIKASI POLA WAJAH

MENGGUNAKAN METODE LOCAL BINARY PATTERN HISTOGRAM PADA MOBILE” membahas tentang bagaimana penulis mengaplikasikan sistem pengenalan wajah pada mobile robot menggunakan metode LBPH dan Raspberry Pi sebagai mini computer untuk kendali robot.

Local Binary Pattern Histograms atau yang biasa disebut LBPH merupakan salah satu algoritma yang digunakan untuk proses pengolahan fitur wajah seperti face detection dan face recognition[2]. Algoritma ini akan mengubah tekstur dari suatu citra wajah menjadi nilai biner, dan nilai tersebut mewakili bagian dari piksel-piksel suatu wajah yang membentuk sebuah lingkaran dan memiliki pusat sebagai acuan terhadap nilai-nilai tersebut. Jarak antar kerapatan dari nilai-nilai biner tersebut dinamakan neighbors[4]. Menurut beberapa sumber penelitian yang telah ada sebelumnya menjelaskan bahwa metode Local Binary Pattern Histogram, memiliki perhitungan yang cukup cepat dan menghasilkan ciri wajah yang efisien dikarenakan algoritmanya yang sederhana[14].

1.2.1 Tujuan dan Manfaat

1.2.1 Tujuan

Adapun tujuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Membuat sistem yang dapat mengenali wajah pemiliknya.
2. Untuk membuat sebuah sistem pengenalan wajah menggunakan algoritma *Local Binary Patterns Histograms* (LBPH).
3. Membuat sistem yang dapat berfungsi melakukan pelacakan wajah dengan menggunakan Motor Servo
4. Untuk menghasilkan Mobil Robot dengan sistem yang dapat mengenali wajah.

1.2.2 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat membantu untuk proses interaksi antara manusia dan robot.

2. Dapat mengimplementasikan sistem pada sebuah mobile robot dengan menggunakan algoritma *Local Binary Patterns Histograms* (LBPH) sehingga dapat mengenali wajah seseorang.

1.3 Rumusan Masalah dan Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah ditemukan maka rumusan masalahnya adalah bagaimana merancang mobile robot yang dapat mengenali wajah menggunakan algoritma *Local Binary Patterns Histograms* (LBPH), yang kemudian hasil capture akan diidentifikasi oleh sistem. Selain itu pada tugas akhir ini memiliki beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Python.
2. Robot dapat membedakan wajah yang dikenal dan berdasarkan algoritma Local binary patterns histograms.
3. Sistem hanya dapat mengenali wajah yang terdapat pada database.
4. Menggunakan Raspberry Pi sebagai *mini computer* untuk kontrol robot mendeteksi wajah.
5. Robot hanya akan bergerak maju mendekati wajah yang dikenali sampai batas yang telah ditentukan.

1.4 Sistem Penulisan

Untuk lebih memudahkan dalam menyusun tugas akhir ini dan memperjelas isi dari setiap bab pada laporan ini, maka dibuatlah sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang seluruh teori dan penjelasan yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas pada penulisan tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang proses, langkah –langkah perancangan hingga pengujian pada sistem yang yang dijelaskan secara bertahap dan terperinci dalam proses menyelesaikan tugas akhir.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menjelaskan tentang hasil dari pengujian yang di lakukan dan menganalisa hadil dari perancangan tugas akhir yang telah dibuat.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan sementara tentang hasil yang telah diperoleh dari percobaan yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syarif, M., Studi, P., Informatika, T., Komputer, F. I., Dian, U., & Semarang,N. “*DETEKSI KEDIPAN MATA DENGAN HAAR CASCADE CLASSIFIER DAN CONTOUR UNTUK PASSWORD LOGIN*”. *14(4)*, 242–249, 2015.
- [2] Fauzan, A., Novamizanti, L., Si, S., & Fuadah, Y. N. “Implementation Identification of Face Recognition Using LBPH (Local Binary Pattern Histogram) Method For Attendance Presence Based Android”. *E-Proceeding of Engineering*, *5(3)*, 5403–5413, 2018.
- [3] Simaremare, H., & Kurniawan, A. “Perbandingan Akurasi Pengenalan Wajah Menggunakan Metode LBPH dan Eigenface dalam Mengenali Tiga Wajah Sekaligus secara Real-Time”. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, *14(1)*, 66–71, (2016).
- [4] Pambudi, W. S., Maria, B., Simorangkir, N., Elektro, J. T., Batam, U. I., & Obyek, D.”*FACETRACKER MENGGUNAKAN METODE HAAR LIKE FEATURE*”. *2(2)*, 142–154, 2012.
- [5] Purwati, R., Ariyanto, G., Machine, S. V., Equalization, H., & Machine, S. V. “Pengenalan Wajah Manusia Berbasis Algoritma Local”. *Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS), Jurnal Emitor, ISSN 1411-8890*, *17(02)*, 29–38, 2018.
- [6] Jatmoko, C., & Sinaga, D. ‘*Ekstraksi Fitur Glcm Pada K-Nn Dalam Mengklasifikasi Motif Batik*’. 978–979, 2019.
- [7] Dedy irawan, J., & Adriantantri, E. “Pendeteksi Mengantuk Menggunakan Library Python”. *Jurnal Mnemonic*, *2(1)*, 22–27. 47, 2019.
- [8] Rahman, M. A., Wasista, I. S., Kom, M., & Belakang, L. “Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Webcam Untuk Absensi Dengan Metode Template Matching”. *Elektronika*, 1–6, 2015.
- [9] Septian, M. Y., & Fitriyani. 25.”*Deteksi Wajah Menggunakan Metode Viola Jones pada Graphics Processing Unit Face Detection Using Viola Jones Method on Graphics Processing Unit*”. 1–17, 2014.
- [10] Rosidah;.”Bab II Landasan Teori”. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *53(9)*, 8–24,2018.

- [11] Wibowo, A. W., Karima, A., Wiktasari, Yobioktabera, A., & Fahriah, S. “Pendeteksian dan Pengenalan Wajah Pada Foto Secara Real Time Dengan Haar Cascade dan Local Binary Pattern Histogram. *JTET (Jurnal Teknik Elektro Terapan)*, Vol. 9 No., 6 – 11, 2020.
- [12] Yanti Liliana, D., & Arif Rahman, M. “Deteksi Wajah Manusia pada Citra Menggunakan Dekomposisi Fourier”. *Journal of Scientific Modeling & Computation*, 1(1), 14, 2013.
- [13] Budiarti, A. “Bab 2 landasan teori”. *Aplikasi Dan Analisis Literatur Fasilkom UI*, 4–25, (2006).
- [14] Yusvida Putri, “*Pengenalan ekspresi wajah menggunakan metode local binary pattern histogram dan jaringan syaraf tiruan*”. Komputer, J. S., Komputer, F. I., & Sriwijaya, U. (2019).
- [15] Arlando Saragih, R. “Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Fisherface” . *Jurnal Teknik Elektro*, 7(1), 50–61. (2007).
- [16] Setyanto, K. D., & Fibriani. “Pengendalian Mobile Robot Vision”. *Arus Elektro Indonesia (JAEI)*. I. (2016).
- [17] Hubbard, H. P. Personal Computer. *IBM Tech Disclosure Bull*, 19(7), 2419–2423. (1976).
- [18] Royan, & Luqman A. “Aplikasi Motor Dc-Shunt Untuk Laboratory Shaker Menggunakan Metode Pwm (Pulse Width Modulation) Berbasis Mikrokontroler Atmega 32”. *Media Elektrika*, 8(1). (2015).