

KARAKTERISASI AKUMULATOR *LEAD ACID* BERBASIS
THERMAL IMAGING DENGAN METODE LOGIKA FUZZY

(Tesis)

Oleh

EGY RESTU SANGAJI
2125031006



MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025

**KARAKTERISASI AKUMULATOR *LEAD ACID*
BERBASIS *THERMAL IMAGING* DENGAN METODE LOGIKA FUZZY**

**Oleh
EGY RESTU SANGAJI**

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER TEKNIK ELEKTRO**

Pada

**Program Pascasarjana Magister Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**PROGRAM PASCA SARJANA MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

KARAKTERISASI AKUMULATOR *LEAD ACID* BERBASIS *THERMAL IMAGING* DENGAN METODE LOGIKA FUZZY

Oleh
EGY RESTU SANGAJI

Akumulator *lead acid* merupakan baterai yang digunakan dalam penyimpanan energi seperti pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). *Thermal Imaging* merupakan teknik menggunakan energi inframerah yang ditangkap oleh kamera dan menjadi citra visual. Citra memiliki komponen warna *Red*, *Green*, dan *Blue* yang dimanfaatkan sebagai analisis penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh karakterisasi warna citra termal pada akumulator dengan kondisi baik, sedang dan buruk pada saat proses pengisian maupun pengosongan. Logika Fuzzy akan menentukan kondisi akumulator melalui perangkat lunak MATLAB. Berdasarkan data penelitian, proses pengosongan akumulator dengan kondisi baik memiliki nilai rata-rata citra *red* 228, *green* 109, dan *blue* 54. Akumulator kondisi sedang memiliki nilai rata-rata *red* 204, *green* 65, dan *blue* 106. Akumulator kondisi buruk memiliki nilai rata-rata *red* 93, *green* 16, dan *blue* 152. Nilai rata-rata *red* akan berlawanan dengan nilai rata-rata *blue* untuk akumulator kondisi baik serta buruk, akumulator kondisi sedang cenderung setara. Naik dan turunnya nilai rata-rata *green* akan mengikuti pola dari nilai rata-rata *red*.

Kata Kunci: Akumulator, Citra termal, RGB, Logika fuzzy.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF LEAD-ACID ACCUMULATORS BASED ON THERMAL IMAGING USING FUZZY LOGIC METHOD

By

EGY RESTU SANGAJI

Lead-acid accumulators are batteries commonly used for energy storage, such as in Solar Power Plants (PLTS). Thermal imaging is a technique that utilizes infrared energy captured by a camera to produce a visual image. These images contain Red, Green, and Blue (RGB) components, which are used as the basis for analysis in this study. The objective of this research is to characterize the thermal image color patterns of accumulators in good, fair, and poor conditions during charging and discharging processes. Fuzzy logic is employed to determine the condition of the accumulators through MATLAB software. Based on the research data, the discharging process of an accumulator in good condition shows average RGB values of red 228, green 109, and blue 54. Accumulators in fair condition show red 204, green 65, and blue 106, while those in poor condition show red 93, green 16, and blue 152. The average red value tends to inversely correlate with the average blue value for both good and poor conditions, whereas fair-condition accumulators exhibit relatively balanced values. The fluctuations in the green component generally follow the pattern of the red component.

Keywords: Accumulator, Thermal imaging, RGB, Fuzzy logic.

Judul Tesis : **KARAKTERISASI AKUMULATOR
LEAD ACID BERBASIS THERMAL IMAGING
DENGAN METODE LOGIKA FUZZY**

Nama Mahasiswa : **Egy Restu Sangaji**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2025031006**

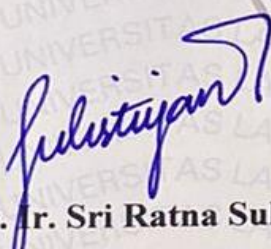
Program Studi : **Magister Teknik Elektro**

Fakultas : **Teknik**

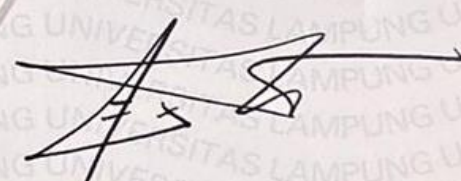


Pembimbing I

Pembimbing II

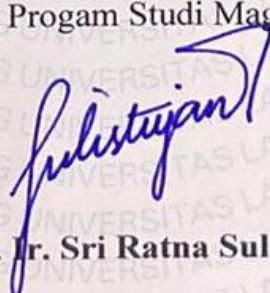

Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.

NIP. 19651021 199512 2 001


Dr. Eng. F.X. Arinto S., S.T., M.T.

NIP. 19691219 199903 1 002

2. Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro


Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.

NIP. 19651021 199512 2 001

MENGESAHKAN

1. Komisi Penguji

Ketua Komisi Penguji
(Pembimbing I)

: Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.

Sekretaris Komisi Penguji
(Pembimbing II)

: Dr. Eng. F.X. Arintro S., S.T., M.T.

Anggota Komisi Penguji
(Penguji I)

: Dr. Ir. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

Anggota Komisi Penguji
(Penguji II)

: Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T.

1. Dekan Fakultas Teknik,



Dr. Ir. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 19750928 200112 1 002

2. Direktur Program Pascasarjana,



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP. 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: **23 April 2025**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa sesungguhnya tesis yang saya susun sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Magister Teknik pada Program Pascasarjana Magister Teknik Elektro seluruhnya adalah benar merupakan hasil karya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis ini, saya kutip dari hasil penulisan orang lain yang sumbernya dituliskan dengan jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah.

Tesis dengan judul “KARAKTERISASI AKUMULATOR *LEAD ACID* BERBASIS *THERMAL IMAGING* DENGAN METODE LOGIKA FUZZY” dapat diselesaikan berkat bimbingan dan motivasi dari pembimbing-pembimbing saya, yaitu:

1. Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, S.T., M.T.
2. Dr. Eng. F.X. Arinto S., S.T., M.T.

Saya ucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak, khususnya kedua dosen pembimbing dan Bapak/Ibu Dosen Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Lampung yang banyak memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan dan motivasi.

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 Mei 2025



EGY RESTU SANGAJI
NPM. 2125031006

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung pada tanggal 21 Maret 1997. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara oleh pasangan suami istri dari bapak Edy Sumarko dan ibu Mayatun yang diberi nama **Egy Restu Sangaji**. Mengenai riwayat pendidikan, penulis

memulai pendidikan di TK Pewa Natar dan lulus pada tahun 2003. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SD Negeri 7 Merak Batin Natar dan lulus pada tahun 2009. Selanjutnya penulis melanjutkan Pendidikan di SMP Negeri 5 Natar dan lulus pada tahun 2012. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMA SWADHIPA Natar dan lulus pada tahun 2015. Kemudian penulis diterima di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2015 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Pada tahun 2021 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Program Pascasarjana Magister Teknik Elektro Universitas Lampung. Dan pada tahun 2023 penulis melakukan penelitian pada bidang pengolahan citra dengan judul tesis “KARAKTERISASI AKUMULATOR *LEAD ACID* BERBASIS *THERMAL IMAGING* DENGAN METODE LOGIKA FUZZY” dibawah bimbingan Ibu Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Eng. F.X. Arinto S., S.T., M.T.

PERSEMBAHAN

Dengan Ridho Allah SWT, teriring shalawatku kepada Nabi Muhammad SAW, dan penuh dengan kerendahan hati ku persembahkan karya tulis ini kepada :

Kedua orang tuaku,

Edy Sumarko, S.IP.

Mayatun

Saudara kandungku,

Eza Rizda Faqilla

Evo Ramadha Thoriq

Ezo Ricello Fazli

Istri dan Anakku

Putri Shima Arifani, S.Pd.

Latisya Humaira Sangaji

Almamaterku,

Universitas Lampung

Terima kasih untuk semua yang telah diberikan kepadaku. Jazakallah Khairan

MOTTO

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi pula kamu membenci sesuatu padahal ia amat buruk bagimu. Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui”

(QS. Al-Baqarah:216)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Asy-Syrah:5-6)

“Dan aku belum pernah kecewa dalam berdoa padamu, ya Tuhanku”

(QS. Maryam: 4)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini, yang berjudul "MONITORING KONDISI PASIEN UNTUK APLIKASI RUANG RAWAT INAP CERDAS BERBASIS WEARABLE DEVICE DAN JARINGAN SENSOR NIRKABEL", dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian ini merupakan wujud kontribusi kecil saya dalam menjawab tantangan kesehatan global yang kian kompleks, khususnya dalam konteks pengendalian dan pemantauan penyakit menular melalui udara yang membutuhkan pendekatan inovatif dan multidisiplin.

Dalam menyusun tesis ini, saya mendapatkan banyak dukungan, baik secara akademik maupun moral. Oleh karena itu, saya ingin menyampaikan penghargaan yang tulus kepada kedua pembimbing saya, penguji, dosen, serta para kolega yang telah memberikan wawasan, arahan, dan inspirasi yang tak ternilai selama proses penelitian ini berlangsung. Tanpa kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak, penelitian ini tidak akan terwujud sebagaimana adanya saat ini.

Saya menyadari bahwa hasil penelitian ini masih memiliki keterbatasan dan ruang untuk pengembangan lebih lanjut. Oleh karena itu, kami sangat terbuka terhadap masukan, kritik, dan saran konstruktif dari berbagai pihak untuk menyempurnakan penelitian ini di masa mendatang. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat nyata bagi dunia akademik, sektor kesehatan, dan masyarakat luas, serta menjadi inspirasi untuk inovasi-inovasi yang lebih baik di masa depan. Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa memberikan keberkahan atas segala upaya yang telah dilakukan, dan semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil'alam, segala puji bagi Allah atas limpahan rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan kesehatan, keselamatan, kesempatan, kekuatan, dan kemampuan berpikir kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tesis ini. Shalawat serta salam tak lupa penulis ucapkan kepada Rasulullah SAW karena dengan perantarnya kita semua dapat merasakan nikmatnya kehidupan.

Tesis ini dengan judul “**Karakterisasi Akumulator *Lead Acid* Berbasis *Thermal Imaging* dengan Metode Logika Fuzzy**”, ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada jurusan Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selama melaksanakan penelitian ini, penulis banyak mendapatkan bantuan pemikiran baik moril, materi, maupun petunjuk serta bimbingan dan saran dari berbagai pihak yang didapat secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung, juga selaku dosen penguji utama yang telah banyak memberikan kritik, saran dan motivasi yang bermanfaat bagi penulis.

4. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
5. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna S, M.T., selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Lampung, juga selaku dosen pembimbing utama tesis saya yang banyak memberikan waktu, ide pemikiran, motivasi, serta semangat bagi penulis.
6. Bapak Dr. Eng. FX. Arinto Setyawan, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik sekaligus sebagai pembimbing pendamping penulis atas saran yang membangun serta arahan yang telah diberikan kepada penulis.
7. Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen Penguji pendamping yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran kepada penulis
8. Seluruh Dosen Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Lampung atas pengajaran dan bimbingan yang diberikan kepada penulis.
9. Seluruh Tenaga Pendidik Program Studi Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah banyak membantu kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini
10. Mba Nurul, dan seluruh jajaran Staf Jurusan Magister Teknik Elektro Universitas Lampung atas bantuannya dalam menyelesaikan urusan administrasi.
11. Seluruh teman-teman Program Studi Magister Teknik Elektro UNILA Angkatan 2021 untuk kebersamaan yang telah dijalani. Tiada kata yang dapat penulis utarakan untuk mengungkapkan perasaan senang dan bangga menjadi bagian dari angkatan 2021.

12. Mama dan Papa tersayang, terima kasih sudah memberikan segala yang terbaik untuk ku, yang selalu menjadi penyemangat hidupku, yang selalu mencurahkan doa di setiap langkahku sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Istri dan anakku Putri Shima Arifani, Latisya Humaira Sangaji. Terima kasih untuk doa, dukungan, serta cinta dan kasih yang telah diberikan kepadaku.
14. Keluarga Gedung Putih SMK SWADHIPA 2. Pak Purwadi, Bu Yuyun, Pak Bandi, Mas Yanuar, BuNa, BuNil, Pak Repki, Bu Agnes. Terimakasih untuk doa, dukungan, serta semangatnya dan izin untuk menyelesaikan tesis ini.
15. Seluruh penghuni di Laboratorium RCKD, terutama Kak Tiya, Mba Vivi, dan Kak Yudi, yang selalu setia mendengarkan keluh kesah serta memberikan motivasi kepada penulis selama melakukan penelitian. Kak Yogi Aldino, S.T., terima kasih telah menjadi skripsiku yang telah menemani proses pembelajaran hingga menyelesaikan tugas akhir ini.
16. Teman-teman EIE 2015, Asisten Laboratorium Elektronika (Agung, Dian, Ibrahim, Mutia, Agung, Haedar, Tiya, Dinda dkk), Keluarga Rumah Idaman, Keluarga Anak Admin, Keluarga PEKOK PEOPLE, teman-teman group Kapan Saya Akan di Wisuda, , atas canda-tawa, motivasi, semangat dan waktunya yang telah diberikan untukku.
17. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu
18. Tak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada diri penulis, yang telah berjuang sampai tahap ini.

Semoga kebersamaan ini membawa kebaikan, keberkahan, kemurahan hati, serta Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah memberikan apapun dalam penyelesaian tugas akhir ini. Penulis meminta maaf atas kesalahan dan ketidak sempurnaan dalam penulisan tugas akhir ini. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kebaikan dan kemajuan mendatang. Akhir kata semoga tugas akhir tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, dan dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 21 Mei 2025

Penulis

Egy Restu Sangaji

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
RIWAYAT HIDUP	vi
PERSEMBAHAN	vii
MOTTO	viii
KATA PENGANTAR	ix
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
 I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Hipotesis Penelitian	4
 II. TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Penelitian Terdahulu	5

2.2 Pengolahan Citra	8
2.3 <i>Thermography (Thermal Imaging)</i>	9
2.4 Akumulator <i>Lead Acid</i>	9
2.5 <i>Preprocessing</i>	8
2.6 Logika Fuzzy	10
III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	13
3.3 Prosedur Penelitian.....	13
3.4 Metode yang diusulkan	14
3.5 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak.....	16
3.6 Persiapan Sampel Uji	20
3.7 Prosedur Pengambilan Gambar	21
3.8 Prosedur Pengolahan Citra	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Hasil Penelitian	23
4.1.1 Perolehan Citra	23
4.1.2 Proses Pengolahan Citra	24
4.1.3 Hasil Pengolahan Citra Pada MATLAB	27
4.1.4 Hasil Pengumpulan Data RGB.....	29
4.1.4.1 Data RGB Pengisian.....	29
4.1.4.2 Data RGB Pengosongan.....	31
4.1.5 Fungsi Keanggotaan dan Logika Fuzzy	33

4.1.6 Proses Logika Fuzzy Mamdani	39
4.1.7 Pengujian Akumulator Pembanding.....	42
4.2 Pembahasan.....	43
V. SIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Simpulan	48
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49
Lampiran	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Pemeriksaan Akumulator Menggunakan Baterai <i>Teater</i>	20
Tabel 2 Total Sample Citra Akumulator	24
Tabel 3 Data Nilai Rata-rata RGB Akumulator saat Pengisian	30
Tabel 4 Data Nilai Rata-rata RGB Akumulator saat Pengosongan	31
Tabel 5 Hasil Fuzzy saat Pengisian.....	40
Tabel 6 Hasil Fuzzy saat Pengosongan.....	41
Tabel 7 Data Nilai Rata-rata RGB Akumulator 7 saat Pengisian	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Citra Termal	9
Gambar 2.2 Grafik fungsi keanggotaan segitiga.....	11
Gambar 2.3 Grafik fungsi keanggotaan trapesium	12
Gambar 3.1 Diagram alir proses penelitian	14
Gambar 3.2 Diagram Alir Metode yang Diusulkan	15
Gambar 3.3 Peletakan Kamera Secara Diam (statik).....	17
Gambar 3.4 Akumulator 6 Unit	17
Gambar 3.5 <i>FLIR Camera C3-X Series</i>	18
Gambar 3.6 <i>KRISBOW KW19-650</i>	18
Gambar 3.7 <i>Multitester</i> Digital	19
Gambar 3.8 Pemeriksaan Akumulator menggunakan <i>Multitester</i>	19
Gambar 4.1 Sampel Akumulator Saat Pengisian	24
Gambar 4.2 Sampel Akumulator Saat Pengosongan	24
Gambar 4.3 Proses <i>cloud FLIR IGNITE</i>	25
Gambar 4.4 Sampel Proses Menyamakan Pallet Warna.....	25
Gambar 4.5 Aplikasi MATLAB R2017b.....	26
Gambar 4.6 Citra Termal Awal Akumulator 1 & 2	27
Gambar 4.7 Hasil Pemotongan Citra Pada MATLAB.....	28
Gambar 4.8 Grafik Nilai Rata-rata RGB Pengisian Akumulator 1 Pagi.....	31
Gambar 4.9 Grafik Nilai Rata-rata RGB Pengosongan Akumulator 5.....	32

Gambar 4.10 Grafik Nilai Rata-rata RGB Pengosongan Akumulator 4	32
Gambar 4.11 Membuka <i>FIS editor</i> MATLAB	33
Gambar 4.12 Tampilan Awal <i>FIS editor</i>	34
Gambar 4.13 Penambahan <i>input</i> pada <i>FIS editor</i>	34
Gambar 4.14 Fungsi Keanggotaan <i>Red</i>	35
Gambar 4.15 Fungsi Keanggotaan <i>Green</i>	36
Gambar 4.16 Fungsi Keanggotaan <i>Blue</i>	37
Gambar 4.17 Fungsi Keanggotaan Hasil	38
Gambar 4.18 <i>Rule Fuzzy</i>	39
Gambar 4.19 Tampilan <i>Rule Viewer Fuzzy</i> Pada MATLAB	40
Gambar 4.20 Grafik Pengisian Akumulator 7.....	42
Gambar 4.21 Grafik Pengisian Akumulator 5 Malam	43
Gambar 4.22. Grafik Pengosongan Akumulator 5	44
Gambar 4.23 Grafik Pengisian Akumulator 4 Malam	45
Gambar 4.24 Grafik Pengosongan Akumulator 4.....	45
Gambar 4.25 Grafik Pengisian Akumulator 2 Malam	46
Gambar 4.26 Grafik Pengosongan Akumulator 2	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Akumulator *lead acid* merupakan salah satu jenis baterai yang paling umum digunakan dalam berbagai bidang, seperti pada bidang otomotif maupun sebagai penyimpanan energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Akumulator *lead acid* memiliki biaya yang relatif rendah, kapasitas penyimpanan energi yang besar, serta kemudahan dalam proses daur ulang, sehingga baterai ini menjadi pilihan untuk aplikasi energi [1]. Namun, baterai jenis ini memiliki keterbatasan, seperti siklus hidup seiring berjalannya waktu, penurunan kinerja akibat lama masa pakai, siklus pengisian atau pengosongan, serta risiko kerusakan akibat pengoperasian yang tidak sesuai prosedur [2].

Proses karakterisasi atau mengidentifikasi dan mendeskripsikan akumulator *lead acid* melalui suhu yang muncul pada proses kerja akumulator yaitu pengisian dan pengosongan. Suhu pada akumulator muncul karena terjadinya proses reaksi kimia didalamnya. Teknologi *thermal imaging* adalah salah satu pendekatan yang sesuai untuk mendapatkan citra pada permukaan akumulator yang memberikan informasi penting terkait suhu pada akumulator [3].

Thermal imaging merupakan teknik menggunakan energi inframerah yang tidak tampak oleh penglihatan pada manusia. Ketika suatu benda dapat memancarkan energi panas, akan ditangkap oleh kamera dan kemudian diproses menjadi citra visual. Citra yang dihasilkan memiliki nilai komponen warna *Red*, *Green*, dan *Blue* (RGB) yang digunakan sebagai dasar analisis. RGB adalah sistem pewarnaan primer untuk merepresentasikan berbagai warna. Selain sebagai pewarnaan primer, warna tersebut dipilih karena kompatibilitasnya terhadap perangkat keras dan perangkat lunak pada pengolahan citra [4].

Nilai RGB (*Red*, *Green*, *Blue*) banyak digunakan sebagai titik awal dalam proses pengolahan data pada sistem logika fuzzy Mamdani karena mampu merepresentasikan informasi warna citra digital secara langsung dalam bentuk numerik. Logika fuzzy Mamdani, dengan kemampuannya dalam menangani ketidakpastian dan subjektivitas data, memungkinkan pembuatan model klasifikasi yang lebih adaptif melalui pembentukan fungsi keanggotaan dan aturan berbasis pengetahuan pakar. Dengan memanfaatkan nilai RGB sebagai variabel input, sistem dapat mengklasifikasikan objek atau menentukan kondisi berdasarkan karakteristik warna dengan tingkat akurasi yang tinggi. Pendekatan ini telah berhasil diimplementasikan dalam berbagai penelitian, di antaranya untuk identifikasi kadar klorofil menggunakan metode fuzzy Mamdani oleh Suhartono pada tahun 2019 [5]. Logika fuzzy memiliki kemampuan untuk menangani data yang bersifat tidak pasti dan memberikan interpretasi yang fleksibel terhadap kondisi nyata [6].

Berdasarkan uraian tersebut, maka pembuatan sistem identifikasi karakterisasi akumulator berbasis pengolahan citra termal dengan metode logika fuzzy akan dilakukan. Proses penggabungan citra termal dan logika fuzzy, diharapkan sistem karakterisasi ini dapat memberikan informasi yang lebih akurat dan praktis dalam memantau kondisi akumulator *lead acid*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode karakterisasi yang mengolah data nilai rata-rata RGB dari citra termal menjadi parameter fuzzy, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan kondisi akumulator baik, sedang dan buruk.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara mendeteksi karakterisasi warna akumulator menggunakan citra termal dan Logika Fuzzy?
2. Bagaimana cara merancang program pengolahan citra menggunakan perangkat lunak MATLAB untuk mengetahui karakterisasi akumulator berdasarkan citra termal?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah memperoleh karakterisasi warna citra termal akumulator *Lead Acid* dengan kondisi baik, sedang dan buruk, untuk proses pemeliharaan maupun tindakan secara tepat.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Membuktikan bahwa pengolahan citra termal dapat digunakan untuk membedakan akumulator dengan kondisi, baik, sedang dan buruk.
2. Menggantikan proses pemeliharaan akumulator secara satu persatu.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan pembatasan terhadap masalah yang akan dibahas yaitu:

1. Akumulator *lead acid* 12volt sebagai objek penelitian.
2. Kamera termal yang digunakan dan dipasang secara statis.

1.6 Hipotesis Penelitian

Teknologi *thermal imaging* dengan metode logika fuzzy dapat digunakan dalam mendeteksi kondisi Kesehatan pada akumulator *Lead Acid*, dengan berdasarkan warna RGB citra termal sehingga dapat dilakukan proses identifikasi karakterisasi akumulator *Lead Acid* secara tepat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian Yudi eka (2020) yang berjudul Karakteristik Warna Telur *Fertile* dan *Infertile* Berbasis Pengolahan Citra *Thermal* Menggunakan Metode *Multilevel Thresholding*. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh karakteristik telur *fertile* dan *infertile* berdasarkan nilai rerata intensitas piksel pada komponen warna penyusun citra termal, sehingga keduanya dapat dibedakan dan dilakukan prediksi secara dini pada saat proses inkubasi. Pada pengaplikasian penelitian menggunakan pengolahan citra termal untuk identifikasi dengan objek telur ayam menggunakan metode *multilevel thresholding*. Kamera termal digunakan untuk memperoleh citra awal. Proses identifikasi karakteristik dengan cara memisahkan komponen warna RGB pada citra termal dengan nilai ambang intensitas threshold pikselnya. Warna dihitung rerata intensitas piksel dan melihat perbedaan hasil nilainya. Sehingga dapat diketahui perbedaan telur *fertile* dan *infertile*, dengan nilai rerata intensitas hijau dan biru pada telur. Nilai rerata pada telur fertil 198,46 hijau dan biru sebesar 51,77. Pada telur infertil hijau sebesar 195,68 dan 41,61 pada intensitas biru [7].

Berdasarkan penelitian Tiya Mutia (2021) yang berjudul Sistem Identifikasi Karakteristik Suhu Telur Menggunakan *Thermal Imaging Camera* Berbasis Pengolahan Citra. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik suhu pada telur ayam yang akan membedakan antara telur *fertile* dan telur *infertile* dengan menggunakan pengolahan citra termal. Citra pada penelitian ini diperoleh dengan menggunakan kamera termal. Proses pengolahan citra yang dilakukan berupa cropping, grayscaling, dan region of interest menggunakan matlab. Citra telur ayam yang digunakan dalam penelitian merupakan citra telur kelompok. Dari penelitian yang telah dilakukan di dapatkan dua karakteristik suhu pada masa inkubasi yaitu saat suhu pada setiap harinya mengalami peningkatan dengan *relative* stabil maka telur tersebut dapat diklasifikasikan sebagai telur *fertile*, sedangkan telur yang memiliki suhu tidak stabil pada masa inkubasi maka telur tersebut sebagai telur *infertil* [8].

Berdasarkan penelitian Sunardi, A. Y. (2017) yang berjudul *Thermal Imaging* untuk Identifikasi Telur. Penelitian ini bertujuan untuk dapat melakukan identifikasi pengolahan citra telur dengan menggunakan *thermal image*. *Thermal camera flir* digunakan dalam mendapatkan *capture* telur ayam dan tidak berpengaruh pada lingkungan sekitar karena tidak memancarkan sinar infra. Pengolahan citra telur dilakukan menggunakan metode morfologi dengan operasi dilasi untuk memperbesar ukuran untuk menghitung obyek telur dan luas area. Pengolahan citra telur ayam yang dilakukan memperoleh hasil yaitu dapat mengidentifikasi obyek telur ayam dan luas area dari telur yang diproses.

Citra telur yang dilakukan secara tunggal dan kelompok dengan hasil 100% dalam proses penentuan luas area yang diinginkan [9].

Berdasarkan Penelitian Ema J. A. (2021) dengan judul Implementasi Logika Fuzzy Metode Mamdani Pada Prediksi Biaya Pemakaian Listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasi logika fuzzy metode Mamdani pada prediksi biaya pemakaian listrik dan memperoleh hasil akurasi dari implementasi logika fuzzy tersebut. Adapun *variable* yang digunakan yaitu luas rumah, perlengkapan elektronik, daya listrik, pendapatan ekonomi, dan biaya pemakaian listrik. Penelitian ini dilakukan menggunakan *software* Matlab karena terdapat berbagai *tools* untuk metode Mamdani. Berdasarkan hasil implementasi logika fuzzy metode Mamdani pada prediksi biaya pemakaian listrik diperoleh nilai MAPE sebesar 19,60% yang berarti memiliki nilai kebenaran sebesar 80,40%. Hal ini menunjukkan bahwa logika fuzzy metode Mamdani baik digunakan untuk memprediksi biaya pemakaian listrik[10].

Secara garis besar, penelitian-penelitian terdahulu memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Pada penelitian ini, menggunakan metode yang telah digunakan dengan mengganti objek yang diteliti atau diamati. Dari penelitian ini diharapkan melalui metode yang telah ditentukan dapat memberikan informasi penting untuk kemajuan pada penyimpanan energi listrik baterai. Keunggulan yang ditawarkan pada penelitian ini yaitu penggunaan komponen dan metode yang lebih efisien dalam proses penentuan

karakterisasi pada akumulator *lead acid* yang dapat bekerja dengan baik dan yang tidak dapat bekerja dengan baik.

2.2 Pengolahan Citra

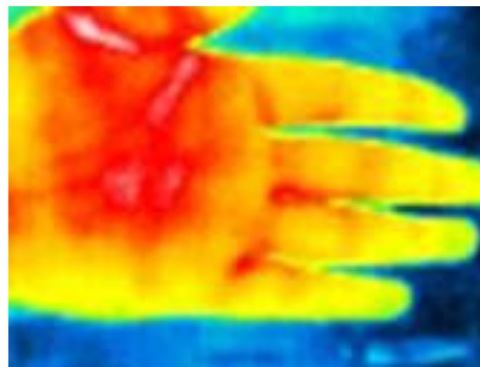
Pengolahan citra terdiri dari dua kata yaitu pengolahan dan citra. Pengolahan dalam kamus besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah proses dalam mengubah sesuatu untuk menjadi berbeda atau menjadi lebih sempurna. Sedangkan citra itu sendiri adalah tampilan atau gambar dalam sistem visual. Sehingga pengolahan citra adalah representasi dari suatu objek yang diperoleh dari penangkapan kekuatan sinar yang dipantulkan oleh objek. Citra juga merupakan hasil dari alat perekam seperti kamera yang bersifat analog maupun digital. Citra digital adalah sebuah larik (*array*) yang berisi nilai sesungguhnya yang direpresentasikan dengan deretan bit tertentu.

Pengolahan citra merupakan sesuatu cara merubah suatu citra menjadi citra berbeda menjadi lebih sempurna atau sesuai yang diinginkan. Pengolahan citra memproses masukan citra dan menghasilkan keluaran berupa citra seperti yang dikehendaki. proses pengolahan citra dilakukan untuk beberapa tujuan yaitu meningkatkan kontras dan kecerahan, mengurangi atau menghapus gangguan atau noise, serta mencari bentuk atau pola objek pada citra [11].

2.3 Thermography (*thermal imaging*)

Thermografi atau *thermal imaging* ini merupakan suatu metode pendekatan citra dengan memanfaatkan radiasi panas yang dipancarkan oleh suatu objek seperti pada Gambar 2.1 Tampilan Citra Termal. Setiap benda yang memiliki

temperature lebih besar dari suhu mutlak (0 K atau -273,15 celcius) akan meradiasikan sejumlah panas, yang disebut energi inframerah (IR). Sinar IR berada dalam wilayah spektrum dengan Panjang gelombang 0,8 – 14 μ m. Citra digital atau analog berbeda dengan citra berbasis thermal, citra digital atau analog merupakan representasi dan gambaran objek nyata. Sedangkan citra berbasis termal merupakan citra hasil deteksi suhu yang dipancarkan oleh objek yang ditangkap menggunakan kamera termal, sehingga citra yang diperoleh berupa pancaran panas objek yang tertangkap dan menghasilkan warna-warna tertentu sesuai dengan panas yang dipancarkan [12].



Gambar 2.1 Tampilan Citra Termal

2.4 *Lead Acid* Akumulator (aki)

Lead Acid Akumulator yang biasa disebut aki merupakan sebuah baterai yang dapat menerima, menyimpan dan mengeluarkan energi listrik arus searah melalui proses kimia. Terdapat beberapa jenis aki yang telah beredar di pasaran yaitu jenis aki konvensional atau aki basah yang masih menggunakan cairan asam sulfat H_2SO_4 dalam bentuk cair dan aki MF (*maintenance free*) sering disebut juga aki kering yang menggunakan asam sulfat yang sudah kental. Di dalam kehidupan sehari-hari banyak manfaat yang dapat diperoleh dengan menggunakan aki, terutama alat-alat bersifat flexible [13].

2.5 *Preprocessing*

Preprocessing merupakan proses yang diperlukan untuk melakukan perbaikan citra seperti meningkatkan kontras atau kecerahan, dan menghilangkan bagian bagian yang tidak diperlukan pada gambar input untuk proses pengolahan selanjutnya. Tahap ini dilakukan untuk menjamin kelancaran pada proses berikutnya. *Cropping* citra ini merupakan proses memperkecil ukuran citra dengan melakukan pemotongan citra pada koordinat yang telah ditentukan pada area citra tertentu [14]. Proses ini juga dapat menjadi solusi untuk menghilangkan derau (*noise*) yang berada di luar area objek yang diteliti maupun diamati. *Noise* merupakan Sebagian informasi yang menjadi bagian dalam citra namun tidak dibutuhkan. *Noise* bisa berada dalam maupun di luar area objek yang diamati [15].

2.6 **Logika Fuzzy**

Logika fuzzy merupakan metodologi sistem kontrol pemecahan masalah yang dapat diterapkan pada suatu sistem, mulai dari sistem yang sederhana sampai sistem yang kompleks. Logika fuzzy dapat diterapkan dalam berbagai bidang, yaitu pada sistem diagnosis penyakit (dalam bidang kedokteran), hingga prediksi adanya gempa bumi dan lain-lain. Logika fuzzy digunakan untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output [16].

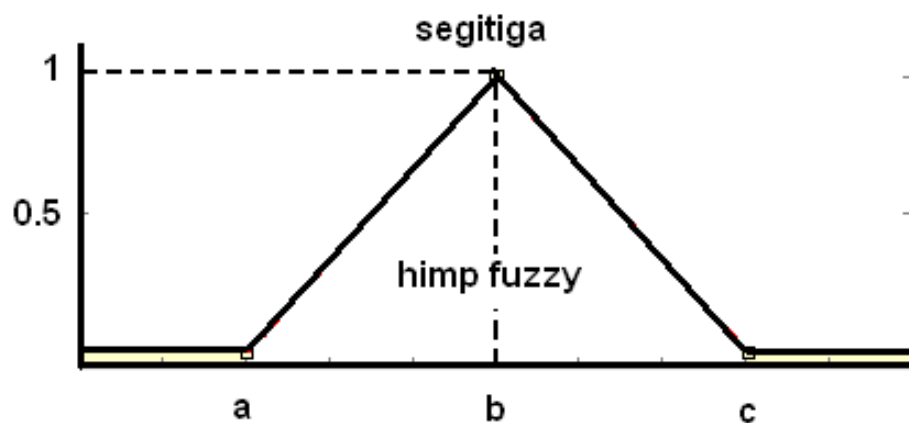
Dalam teori logika fuzzy suatu nilai bias bernilai benar atau salah secara bersama. Namun berapa besar keberadaan dan kesalahan suatu tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika fuzzy memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1. Derajat keanggotaan 0 (*FALSE*) artinya

nilai bukan merupakan anggota himpunan dan 1 (*TRUE*) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan. Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output, mempunyai nilai kontinyu. Fuzzy dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama [17].

Fuzzy Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki *interval* antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memperoleh nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi keanggotaan seperti fungsi keanggotaan segitiga dan fungsi keanggotaan trapezium [18].

a. Fungsi Keanggotaan Segitiga

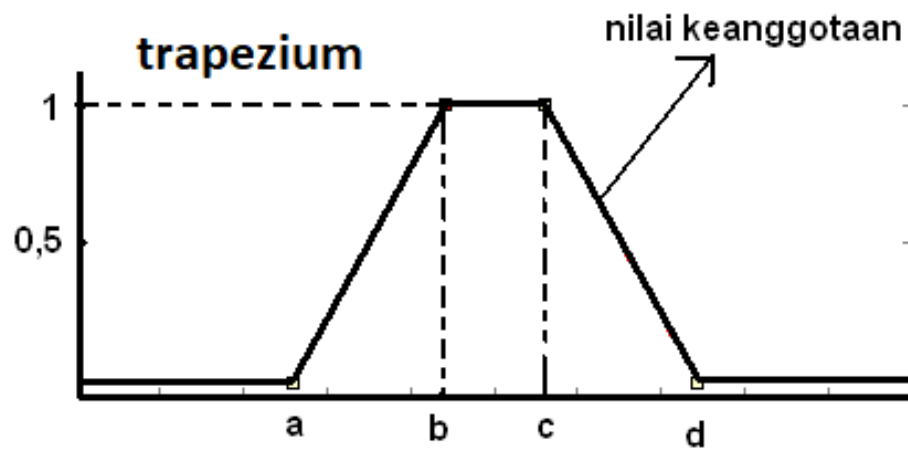
Fungsi keanggotaan segitiga ditandai oleh adanya 3 (tiga) parameter $\{a, b, c\}$ yang akan menentukan koordinat x dari tiga sudut. Kurva ini pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linier).



Gambar 2.2. Grafik fungsi keanggotaan segitiga

b. Fungsi Keanggotaan Trapezium

Kurva trapesium pengembangan dari kurva segitiga, hanya saja memiliki beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan sama dengan 1.



Gambar 2.3. Grafik fungsi keanggotaan trapesium

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Sekolah Menengah Kejuruan atau SMK SWADHIPA 2 NATAR, mulai dari bulan juni 2024 hingga Januari 2025 mulai dari penyusunan proposal sampai dengan penyusunan hasil penelitian.

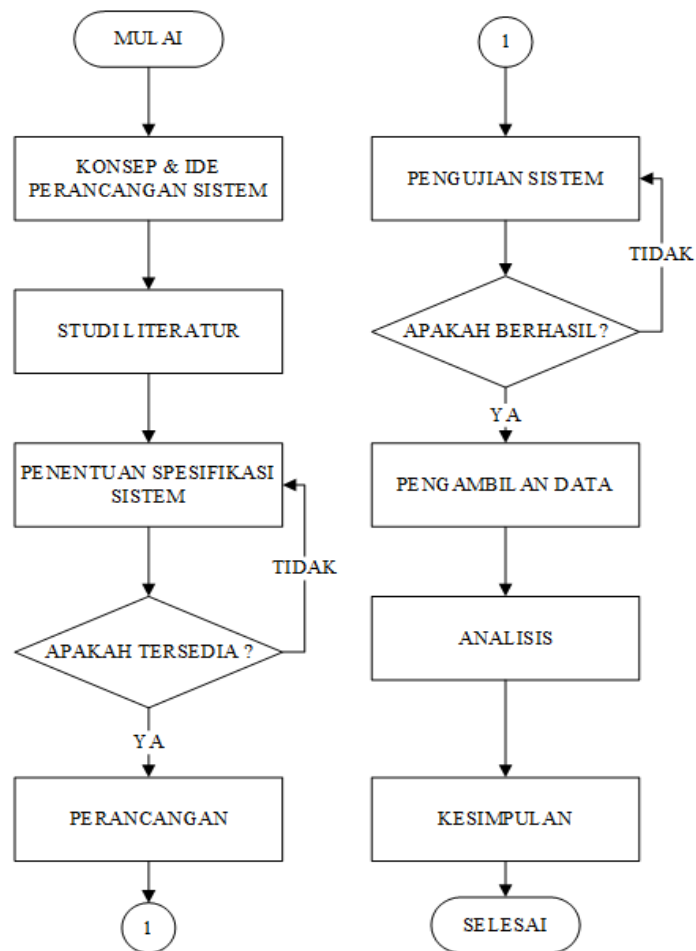
3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. 6 Unit Aki 12 Volt DC
2. 1 Unit *Battery Charge* 12 Volt DC
3. 1 Unit kamera FLIR C3-X *Series*
4. 1 Unit *Multiterster* Digital
5. 1 Unit Laptop Lenovo X230
6. Perangkat lunak MATLAB

3.3 Prosedur Penelitian

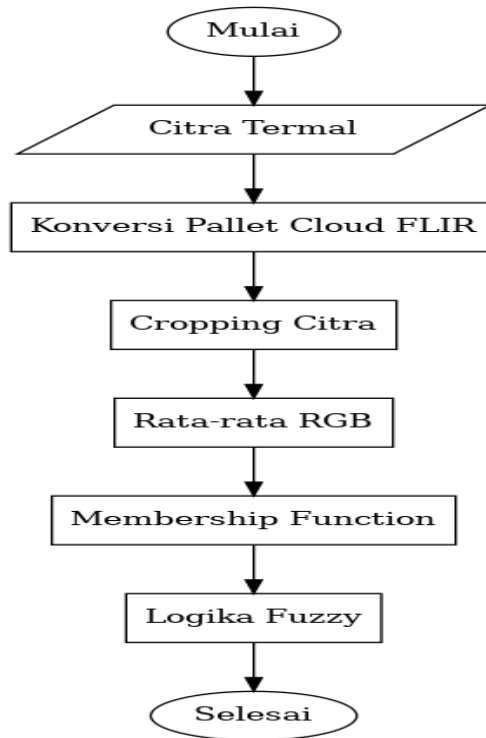
Metode penelitian yang dilakukan termasuk dalam metode penelitian *Research and Development (R&D)*. Penelitian dan pengembangan adalah suatu metode yang digunakan pada penelitian untuk menghasilkan dan mengembangkan sebuah produk serta menguji validitas produk yang dihasilkan. Secara keseluruhan diagram alir prosedur penelitian seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir proses penelitian

3.4 Metode yang Diusulkan

Secara keseluruhan metode yang diusulkan memiliki beberapa tahapan penelitian dan bentuk diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3.2 dengan penjelasannya sebagai berikut:



Gambar 3.2. Diagram Alir Metode

Tahap 1

Perencanaan Komponen sistem.

Pada proses ini dilakukan perancangan komponen sistem menggunakan kamera termal *FLIR C3-X series* dan enam unit akumulator 12 Volt DC dari merk GS dengan tipe NS60L.

Tahap 2

Perencanaan Desain Sistem.

Pada proses ini dilakukan perancangan desain sistem pada *hardware* dan *software* serta melakukan pengujian kinerja kedua hal tersebut, bertujuan untuk mendapatkan sistem yang sesuai. Pada tahap 2 akan diperoleh hasil diantaranya racangan *hardware* dan *software* yang terintegrasi dengan sistem juga menampilkan hasil yang diinginkan.

Tahap 3

Pengujian Kinerja dan Akurasi Sistem Secara Keseluruhan.

Proses ini merupakan proses akhir pada perancangan sistem, pengujian kinerja meliputi akurasi dan stabilitas. Pengujian lapangan utama dilakukan dengan cara menggunakan produk hasil perancangan dalam kondisi nyata. Desain pengujian sama dengan pengujian lapangan awal dengan menggunakan metode eksperimen. Bila hasil pengujian lapangan utama belum memenuhi spesifikasi yang diharapkan, maka perlu ada revisi terhadap produk tersebut. Hasil revisi selanjutnya digunakan untuk lapangan operasional. Pengujian lapangan operasional dilakukan dengan cara menguji sistem kendali, meliputi tahapan identifikasi dan karakterisasi. Tahapan ini diharapkan mendapatkan data resolusi dari sistem kendali dan sensibilitasnya.

3.5 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini, citra diambil menggunakan kamera termal *FLIR C3-X series* yang diletakkan dalam keadaan diam (statik) tepat didepan akumulator dengan jarak 42 cm antara kamera dan objek seperti pada Gambar 3.3. Setelah didapat citra termal akumulator, akan diproses menggunakan perangkat lunak *FLIR Ignite* dan MATLAB. Data nilai citra tersebut akan disimpan menggunakan perangkat lunak *Ms. Excel*.



Gambar 3.3. Peletakan Kamera Secara Diam (statik)

Komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Komponen perangkat keras pada penelitian ini terdiri dari:

1. Akumulator *Lead Acid*: 12VDC digunakan sebagai objek penelitian yang berjumlah enam unit seperti pada Gambar 3.4. Pada akumulator tersebut memiliki dua jenis tipe, GS NS40L Premium, dan GS NS40LS Hybrid. Secara spesifikasi arus dan tegangan sama, perbedaan hanya pada posisi kutub positif dan negatifnya.



Gambar 3.4. Akumulator 6 Unit

2. Perangkat akuisisi (*acquisition device*) bertugas dan bertanggung jawab untuk mengambil dan mendigitalkan citra yang akan digunakan sebagai penelitian. Perangkat yang digunakan adalah kamera FLIR C3-X Series seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Kamera FLIR C3-X Series

3. Perangkat pengisian akumulator bertugas untuk pengisian daya 6 unit akumulator yang digunakan sebagai objek penelitian. Perangkat yang digunakan adalah KRISBOW KW19-650 seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. KRISBOW KW19-650.

4. Perangkat penguji objek bertugas sebagai penguji akumulator untuk mengetahui kondisi kesehatan akumulator. Perangkat yang digunakan adalah *Multitester Victor VC890D* seperti pada Gambar 3.7 dan *Baterai Tester Hantek HT2018B* seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3.7. *Multitester Victor VC890D.*



Gambar 3.8. *Baterai Tester Hantek HT2018B*

Komponen perangkat lunak pada penelitian ini terdiri dari:

1. Perangkat lunak MATLAB sebagai penampil dan pengolah *citra* yang diperoleh.
2. Perangkat lunak *cloud FLIR Ignite* sebagai penyimpan dan *edit* gambar citra yang telah diambil oleh kamera FLIR C3-X Series.
3. Perangkat lunak *Ms. Excel* untuk mencatat dan membuat grafik pada data nilai citra yang diteliti.

3.6 Persiapan Sampel Uji

Untuk melakukan proses pengambilan data, telah dipersiapkan sampel akumulator 12 Volt DC merk GS dengan tipe NS60L sebanyak enam unit. Sebelum melakukan pengambilan citra, pada persiapan sampel uji ini dilakukan dua proses. Hal pertama yang dilakukan adalah memeriksa akumulator menggunakan baterai *tester* untuk mengetahui kondisi kesehatan atau *State of Health (SOH)* pada setiap akumulator, berdasarkan hasil pemeriksaan masing-masing akumulator terlihat kondisi kesehatannya dengan hasil pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemeriksaan Akumulator menggunakan Baterai *Tester*.

Akumulator ke	SOH
1	73%
2	67%
3	54%
4	8%
5	95%
6	83%

3.7 Prosedur Pengambilan Gambar

Pada penelitian ini, sampel akumulator akan diambil citranya menggunakan kamera termal *FLIR C3-X Series* yang diletakkan secara statis. Pada bagian belakang objek diberikan warna putih yang bertujuan supaya tidak ada warna yang mengganggu pada proses pengolahan gambar dan tidak dilakukannya penambahan proses pengolahan citra untuk menghilangkan latar belakang gambar pada MATLAB. Objek akumulator dengan kamera termal berjarak 45 cm. Pada proses pengambilan gambar, kondisi ruangan tertutup, tidak menggunakan *air conditioner (AC)*, dan memiliki satu unit lampu LED sebagai penerangan dengan daya sebesar 20watt yang hidup saat pengambilan gambar.

Pengambilan gambar dilakukan dengan dua tahapan yaitu pada proses pengisian dan pengosongan akumulator. Pada pengisian akumulator dilakukan pada saat pagi, sore, dan malam, sedangkan pada proses pengosongan dilakukan saat malam hari saja. Pada proses pengisian hari pertama yaitu akumulator 1 dan 2 saat pagi hari, 3 dan 4 sore hari, serta 5 dan 6 pada malam hari. Pada proses pengambilan gambar saat pengisian akumulator ini membutuhkan jangka waktu selama 3 hari.

3.8 Prosedur Pengolahan Citra

Proses pengolahan citra pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *cloud FLIR Ignite* dan komputer yang terinstal aplikasi MATLAB R2017b. Sampel citra yang didapatkan menggunakan kamera FLIR, akan disamakan pallet warnanya terlebih dahulu melalui *cloud FLIR Ignite* berukuran 640x480 piksel. Proses pertama pada aplikasi MATLAB R2017b adalah melakukan pemotongan citra pada bagian setiap akumulator yang tertangkap oleh kamera FLIR dengan

menggunakan program atau kode pada matlab yang telah disesuaikan ukurannya menjadi 226x226 piksel. Proses selanjutnya pada MATLAB, citra tersebut akan melalui proses mencari nilai rata-rata RGB dengan menggunakan program atau kode matlab yang telah dibuat. Nilai rata-rata RGB pada masing-masing citra tersebut yang menjadi acuan pada akumulator setiap kondisinya untuk melakukan pembentukan fungsi keanggotaan, dengan menggunakan metode logika fuzzy Mamdani sebagai logika untuk menentukan hasil sesuai dengan nilai rata-rata RGB yang dijadikan sebagai acuan.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah Karakterisasi pada akumulator *lead acid* terlihat jelas proses pengosongannya, dengan kondisi baik memiliki nilai rata-rata citra *red* 228, *green* 109, dan *blue* 54. Akumulator kondisi sedang memiliki nilai rata-rata *red* 204, *green* 65, dan *blue* 106. Akumulator kondisi buruk memiliki nilai rata-rata *red* 93, *green* 16, dan *blue* 152. Nilai rata-rata *red* akan berlawanan dengan nilai rata-rata *blue* untuk akumulator kondisi baik serta buruk, akumulator kondisi sedang cenderung setara. Naik dan turunnya nilai rata-rata *green* akan mengikuti pola dari nilai rata-rata *red*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu pada penelitian selanjutnya, sebaiknya proses penentuan karakterisasi akumulator dilakukan dengan menggunakan metode lainnya yang bertujuan untuk memperluas cara menentukan karakterisasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Linden, D., & Reddy, T. B. 2001. *Handbook of Batteries*. McGraw-Hill.
- [2] Bode, H. 1977. *Lead-Acid Batteries*. Wiley.
- [3] Karami, N., & Dincer, I. 2017. *Thermal modeling and performance analysis of lead-acid batteries*. *Journal of Power Sources*. 360, 18–29.
- [4] Noor A. Ibraheem. 2012. *Understanding Color Models: A Review*. *Journal of Science and Technology*. VOL. 2, NO. 3. ISSN 2225-7217.
- [5] Suhartono. 2016. An Identification of Chlorophyll Content using Image Processing Technique and Fuzzy Mamdani Method. *Indian Journal of Science and Technology*. VOL. 9 (29). ISSN 0974-5645
- [6] Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353.
- [7] Yudi, E.P., Sri, R.S., F.X. Arinto, S. 2021. Karakteristik Warna Telur Fertil fan Infertil Berbasis Pengolahan Citra Termal Menggunakan Metode Multilevel Thresholding. [Online]. Available: <http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/60644>,
- [8] Tiya. M., Sri, R.S., F.X. Arinto, S., Afri. Y., Yudi, E.P. 2021. Identifikasi Telur Fertil dan Infertil Berbasis Suhu, Prosiding SINTA (Science and Technology Index), Vol.4.
- [9] Sunardi, A.Y. 2017. *Thermal Imaging untuk Identifikasi Telur*”, Asosiasi Program Pascasarjana Perguruan Tinggi Muhammadiyah (APPPTM), (hal.152-158). Yogyakarta.

- [10] Ema, J.A., Mashuri. 2021. Implementasi Logika Fuzzy Metode Mamdani Pada Prediksi Biaya Pemakaian Listrik,” UNNES Journal Mathematics, 11(2):179-188.
- [11] Abdul, K., Andi, S., 2013. Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra. Yogyakarta. ISBN: 978-979-29-3430-4.
- [12] S. Saifullah, Sunardi, A. Yudhana. 2016. Analisis Perbandingan Pengolahan Citra Asli dan Hasil Cropping untuk Identifikasi Telur,” Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi, Vol. 2, Hal. 341.
- [13] I. Setiono. 2015. Akumulator pemakaian dan Perawatan”, hal. 31-36.
- [14] Yuhandri. 2019. Perbandingan Metode Cropping Pada Sebuah Citra untuk Pengambilan Motif Tertentu Pada Kain Songket Sumatera Barat,” Jurnal KontekInfo, Vol.6, Hal.95.
- [15] Abdul, K., Lukito, E.N., Adhi, S., Paulus, I.S. 2011. Foliage Plant Retrieval Using Polar Fourier Transform Color Moments and Vein Features on Signal and Image Preprocessing,” International Journal, Vol.2, Hal.13.
- [16] Adi, W., Yustria, H.S., Muhammad, D.I., Sinta, F. 2020. Implementasi Logika Fuzzy Dalam Menentukan Jurusan Bagi Siswa Baru Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Negeri 1 Air Putih,” Vol.2, Hal 130-136, Jurnal Teknologi Informasi.
- [17] Pawan, W., Syed, N.A. 2017. Fuzzy Logic Implementation of Photo Catalitic Sensor,” International Robotics and Automation Journal, Vol.2, Issue 3.
- [18] Johan, I., Dian, K.U. 2019. Penerapan Fuzzy Logic Untuk Meningkatkan Derajat Kebenaran Deteksi Pada Alat Bantu Buta Warna Berbasis Sensor Optik,” Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer dan Matematika, Vol.16, No.1.