PERANCANGAN ALAT UJI ELEKTRICAL/KEKONDUKSIAN LISTRIK SKALA LAB

SKRIPSI

OLEH:

AHMAD DANI SATRIA UTAMA
NPM: 208130074

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

HALAMAN JUDUL

PERANCANGAN ALAT UJI ELEKTRIKAL/KEKONDUKSIAN LISTRIK SKAL LAB

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

AHMAD DANI SATRIA UTAMA
208130074

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal	**: Perancangan Alat Uji *Electrical*/Kekonduksian Listrik Skala Laboratorium**
Nama Mahasiswa	**: Ahmad Dani Satria Utama**
NIM	**: 208130074**
Fakultas	**: Teknik**

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing

Dr.Juwandi ST, MT
Pembimbing

Dr.Eng Supriatno, ST, MT
Dekan

Dr.Juwandi ST, MT
Ka. Prodi

Tanggal Lulus:

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumber secara jelas seusai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah

Saya bersedia menerima sanksi pencabutn gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 13 Mei 2025

Ahmad Dani Satria Utama

NPM 208130074

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangandibawah ini:

Nama	: Ahmad Dani Satria Utama
NPM	: 208130074
Program Studi	: Teknik Mesin
Fakultas	: Teknik
Jenis Karya	: Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi Pembangunan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royality-Free Right)*** atas kaarya ilmiah saya yang berjudul: " Perancangan Alat Uji *Electrical*/Kekonduksian Listrik Skala Laboratorium".

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengn Hak Bebas Royaliti Noneksklusif ini Univeersitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di: Universitas Medan Area
Pada Tanggal: 13 Mei 2025
Yang Menyatakan:

(Ahmad Dani Satria Utama)
NPM 208130074

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

ABSTRAK

Konduktivitas listrik merupakan kemampuan suatu material untuk menghantarkan arus listrik. Semakin tinggi konduktivitas listrik, maka semakin baik pula material tersebut dalam menghantarkan listrik. Metode Four Point Probe merupakan salah satu cara terbaik untuk mengukur nilai resistivitas atau konduktivitas. Dengan cara ini, resistansi kontak antara probe dengan material tidak mempengaruhi hasil pengukuran, karena tegangan diukur secara terpisah dengan arus. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang alat ukur konduktivitas listrik skala laboratorium dengan metode four point probe. Metode penelitian ini merupakan metode kuantitatif yang dimulai dari studi lapangan, analisis data. Penelitian ini dilaksanakan di bengkel bubut dan las Sudarman, Jl. Mangaan VII Pasar III, Kel., Mabar Hilir, Kec. Medan Deli, Kota Medan, Sumatera Utara. Hasil dan pembahasan dari perancangan ini diperoleh dengan merancang alat uji konduktivitas listrik/listrik skala laboratorium. Dimulai dari membuat sketsa pada kertas kosong kemudian menentukan ukuran alat, kemudian membuat gambar 3D dengan menggunakan software Solidwork, kemudian memilih material untuk setiap komponen yang terdapat pada alat tersebut.

Kata Kunci: Perancangan, Alat Ukur, Konduktivitas Listrik

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

ABSTRACT

Electrical conductivity is the ability of a material to conduct electric current. The higher the electrical conductivity, the better the material is at conducting electricity. The Four Point Probe method is one of the best ways to measure resistivity or conductivity. With this method, the contact resistance between the probe and the material did not affect the measurement results because the voltage was measured separately from the current. The purpose of this research was to design a laboratory-scale electrical conductivity measuring instrument using the Four Point Probe method. This research method was a quantitative method that began with field studies and data analysis. This research was conducted at the Sudarman lathe and welding workshop, Jl. Mangaan VII Pasar III, Kel., Mabar Hilir, Kec. Medan Deli, Kota Medan, North Sumatra. The results and discussion of this design were obtained by designing a laboratory-scale electrical conductivity testing device. It started with making sketches on blank paper, then determining the instrument dimensions, creating a 3D model using SolidWorks software, and selecting materials for each component of the instrument.

Keywords: *Design, Measuring Instrument, Electrical Conductivity.*

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan pada tanggal 11 Mei 2002 dari Ayah Alm. Budianto dan Ibunda Dewi Kurniati. Penulis merupakan putra pertama dari tiga bersaudara.

Pada tahun 2020 penulis lulus dari SMK dan terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan, tepatnya pada tahun 2022 penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di PT. SOCFIN INDONESIA Bangun Bandar.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Pengujian Konduktivitas Listrik dengan judul Perancangan Alat Uji *Electrical* / Kekonduksian Listrik Skala Lab. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Iswandi, ST., Mt. selaku pembimbing yang telah banyak memberikan saran. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ibunda Dwi Kurniati, Serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan dan juga masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 13 Mei 2025

Ahmad Dani Satria Utama
NPM.208130074

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI ii
HALAMAN PERNYATAAN iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH iv
ABSTRAK v
RIWAYAT HIDUP vii
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
DAFTAR NOTASI xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Perumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Hipotesis Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
BAB II TINJAUANPUSTAKA 7
2.1 Fuel Cell 7
2.2 Konduktivitas Listrik 8
2.3 Resistansi 10
2.4 Alat Uji Konduktivitas Listrik 11
2.5 Metode Four Point Probe 12
2.6 Proses Perancangan 14
2.7 Karakteristik Material 25
2.8 Komponen Dan Material Alat 27
2.9 Prinsip Kerja Alat Uji Konduktivitas Listrik 42
2.10 Mekanisme Penekanan Jarum *Probe* 43
BAB III METODEPENELITIAN 45
3.1 Waktu dan Tempat penelitian 45
3.2 Bahan dan Alat 46
3.3 Metodologi Penelitian 53
3.4 Populasi Dan Sampel 54
3.5 Prosedur Kerja 54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 57
4.1 Hasil 57
4.2 Pembahasan 69
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 74
5.1 Simpulan 74
5.2 Saran 75
DAFTAR PUSTAKA 77

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat-Sifat Mekanis Al-murni 34
Tabel 3.1. Jadwal Penelitian 45
Tabel 3.2. Populasi dan Sampel 54
Tabel 4.1. Spesifikasi Stage Atas 62
Tabel 4.2. Spesifikasi Poros As 63
Tabel 4.3. Spesifikasi Kaki Bantalan 63
Tabel 4.4. Spesifikasi Body Alat 64
Tabel 4.5. Spesifikasi Meja Multimeter 65
Tabel 4.6. Multimeter Digital 66
Tabel 4.7. Tabel spesifikasi baut dan mur 67
Tabel 4.8. Tabel spesifikasi Catu daya 68
Tabel 4.9. Biaya Bahan Baku 72
Tabel 4.10. Biaya Pembuatan 73

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram PEM Fuel Cell (Sumber: airbus.com) 7
Gambar 2.2. Alat Uji Konduktivitas Listrik 12
Gambar 2.3. Skema Metode Four Point Probe (FPP) 13
Gambar 2.4. Pengelasan 19
Gambar 2.5. Sambungan baut dan mur 20
Gambar 2.6. Ukuran standard ulir baut matriks(Sularso, 2004) 23
Gambar 2.7. Pemotongan. 24
Gambar 2.8. Korosi 27
Gambar 2.9. Kepala probe cylinder 28
Gambar 2.10. Multimeter 29
Gambar 2.11. Poros Spindle 31
Gambar 2.12. Poros Transmisi 31
Gambar 2.13. Poros Gandar. 31
Gambar 2.14. Pelat 33
Gambar 2.15 Rubber Pads 34
Gambar 2.16. Aluminium Alloy 36
Gambar 2.17. Karet 39
Gambar 2.18. Baja 41
Gambar 2.19. Tembaga 42
Gambar 3.1. Pelat Aluminium Alloy 46
Gambar 3.2. Stainlees stell 47
Gambar 3.3. Plastik Nylon PE(Polyethylene) 47
Gambar 3.4. Rubber Pads 48
Gambar 3.5. Pin Header 48
Gambar 3.6. Baja S45C 49
Gambar 3.7. Multitester Digital 49
Gambar 3.8. Kabel Penghubung 50
Gambar 3.9. Baut dan Mur 50
Gambar 3.10. Catu Daya 51
Gambar 3.11. Laptop 52
Gambar 3.12. Software Solidworks 52
Gambar 3.13. Diagram Alir Perancangan Alat Uji Konduktivitas Listrik 56
Gambar 4.1. Desain Perancangan Alat Uji Konduktivitas Listrik 57
Gambar 4.2. Tegangan 60
Gambar 4.3. Stage atas 61
Gambar 4.4. Poros As 62
Gambar 4.5 Rubber Pads 63
Gambar 4.6. Body Alat 64
Gambar 4.7. Handle Clamp 65
Gambar 4.8. Meja Multimeter 65
Gambar 4.9. Multimeter Digital 66
Gambar 4.10. Catu Daya UPS 68

Document Accepted 26/8/25
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Jandel Four Point Probe 80
Lampiran 2. Gambar Pandangan Jandel Four Point Probe 81
Lampiran 3. Gambar *Stage* Atas 82
Lampiran 4. Gambar Poros As 83
Lampiran 5. Gambar Body Probe Head Side 1 84
Lampiran 6. Gambar Body Probe Head Side 2 85
Lampiran 7. Gambar Rubber Pads 86
Lampiran 8. Gambar Handle 87
Lampiran 9 . Gambar As Ulir 88

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

DAFTAR NOTASI

PEMFC	= *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells*
PEM	= *Polymer electrolyte membrane*
MEA	= *Membrane electrolyte assembly*
BP	= Bipolar *plates*
EAF	= *Electric ARC Furnace*
Ohm	= Hambatan Listrik
σ	= Tegangan(S/m)
ρ	= $resistivitas$ lembaran tipis (Ωm)
P	= Tekanan (P_a)
F	= $Gaya$ (N)
C	= $corection\ factor$
A	= Luas Bidang (A)
V	= beda potensial listrik(V)
I	= $Kuat\ arus(A)$
ε	= Regangan
ΔL	= Perubahan panjang batang $(m) = L_1 - L$
L	= Panjang awal batang (m)
DCV	= Arus searah
ACV	=Arus bolak balik
Fe	= Besi
C	= Karbon
Si	= Silikon
S	= Sulfur
P	= Fosfor
Mn	= Mangan
ds	= Diameter Poros (mm)
Kt	= Faktor koreksi
T	= Momen rencana $(kg.mm)^2$
$r\alpha$	= Tegangan geser tang dizinkan $(Kg/mm)^2$
Pd	= Daya rencana
τg	= Tegangan geser
D1	= Diameter dalam
w	= beban
k	= Ulir
z	= Jumlah ulir

Document Accepted 26/8/25
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Salah satu kebutuhan esensial bagi eksistensi manusia adalah energi. Sumber daya alam tak terbarukan dan terbarukan adalah dua kategori sumber daya yang memiliki kapasitas untuk menghasilkan energi. Bahan bakar fosil, seperti batu bara serta minyak bumi, dianggap sebagai sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Karena penggunaannya yang berlebihan oleh manusia sebagai sumber energi, sumber daya alam seperti batu bara dan minyak bumi saat ini mulai menurun. Orang-orang mulai mencari sumber energi alternatif, seperti gas hidrogen, sebagai akibat dari keadaan yang disebutkan di atas. Ion elektron yang terdapat dalam hidrogen dapat bereaksi dengan oksigen dalam perangkat sel bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik. Hal ini memungkinkan untuk menggunakan energi yang dimiliki gas hidrogen untuk menghasilkan energi listrik. *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells* (PEMFC) dan *Polymer electrolyte membrane* (PEM) *fuel cell* ialah perangkat elektrokimia yang menggunakan proses oksidasi-reduksi yang digabungkan untuk secara langsung mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi listrik(Agus Pramono, 2012).

Mirip dengan baterai, *Fuel cell* adalah perangkat dasar yang dapat diisi ulang dengan hidrogen untuk memulihkan energinya. Jenis elektrolit yang digunakan menentukan klasifikasi sel bahan bakar, yang sering dikenal sebagai sel bahan bakar. Jenis reaksi kimia yang terjadi di dalam sel, jenis katalis yang dibutuhkan, suhu maksimum di mana sel beroperasi, bahan bakar yang

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

dibutuhkan, dan elemen-elemen lain semuanya ditentukan oleh klasifikasi ini. Kita akan membahas tentang *Proton Exchanger Membrane* (PEM). Sel bahan bakar PEM menggunakan polimer solid sebagai elektrolit dan elektroda karbon yang mengandung katalis, platinum(Ma'fur & Widiharsa, 2016).

Proses produksi dan bahan yang digunakan harus dievaluasi kembali untuk menurunkan biaya produksi yang dibutuhkan untuk membuat PEMFC. Pelat bipolar memiliki dampak yang signifikan terhadap biaya produksi PEMFC. Hingga 60% dari biaya, 70% dari berat, dan 80% dari volume PEMFC dipengaruhi oleh pelat bipolar saja(Agus Pramono, 2012). Mereka dibuat untuk menyelesaikan berbagai tugas. Tetapi masalah utamanya adalah harga untuk memproduksi pelat bipolar. Bahan pelat bipolar yang lebih ringan dan lebih murah dengan tetap mempertahankan kualitas mekanik, ketahanan korosi yang kuat, serta konduktivitas listrik yang baik sangat dibutuhkan karena pentingnya komponen pelat bipolar dan biaya produksinya yang tinggi. Metode dispersi basah, yang sebelumnya digunakan untuk mencampur material komposit dengan menggunakan pelarut sebagai pelarut polimer untuk mendemonstrasikan pencampuran yang merata serta meningkatkan konduktivitas listrik, dapat menghasilkan porositas ketika penguapan pelarut terjadi(Insiyanda & Chaer, 2017).

Proses pembuatan pelat bipolar berbasis limbah grafit / karbon hitam / polimer, Limbah grafit yang kami gunakan adalah limbah grafit EAF (*Electric ARC Furnace*). Komposit grafit dan karbon hitam dicampur dengan polimer menggunakan ballmill sebagai bahan utama pembuatan plat bipolar, Komposit yang digunakan adalah polimer sebagai matrik dan grafit serta karbon hitam sebagai bahan penguat. Karakteristik BP yang beragam dan penggabungan sifat fisik dan

Document Accepted 26/8/25
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

kimia yang berbeda telah memunculkan sejumlah material baru. Tinjauan ini memberikan gambaran terkini tentang bahan BP dan karakteristiknya. Sifat material BP *membrane electrolyte assembly* (MEA), alat pengukur difusi gas, gasket, pelat bipolar, pengumpul arus, dan pelat akhir adalah bagian utama dari sel bahan bakar PEMFC serta sangat penting untuk pengoperasian PEMFC itu sendiri. BP mempunyai fungsi sebagai berikut untuk mendistribusikan bahan bakar dan oksidan di dalam sel, Untuk memudahkanpengelolaan air di dalam sel, memisahkan sel individual dalam tumpukan, untuk membawa arus keluar dari sel, memudahkan manajemen panas oleh karena itu, bahan pembuatan BP akan berbeda-beda, grafit tidak berpori. secara tradisional, bahan BP yang paling umum digunakan adalah grafit, baik alami maupun sintetis, karena memiliki stabilitas kimia yang sangat baik untuk bertahan dalam lingkungansel bahan bakar. Ia juga memiliki resistivitas yang sangat rendah, sehingga menghasilkan keluaran daya elektrokimia tertinggi. Namun, hal ini penuh dengan masalah biaya tinggi, kekuatan mekanik yang rendah dan kebutuhan pemesinan untuk membentuk saluran aliran. Oleh karena itu, pencarian alternatif yang lebih baik dilakukan seperti dijelaskan di bawah.

Bahan dengan tingkat konduktivitas di antara isolator dan konduktor disebut semikonduktor. Untuk membuat bahan komposit, karbon konduktif, seperti serat karbon, karbon hitam, serta grafit sintetis, dapat ditambahkan ke bahan polimer untuk meningkatkan konduktivitasnya. Namun, konsentrasi, orientasi, ukuran, bentuk, dan karakteristik pengisi konduktif yang digunakan semuanya memengaruhi konduktivitas komposit. Karakteristik konduktivitas bahan komponen juga dipengaruhi oleh dispersi partikel dan bentuk jaringan pengisi konduktif yang kontinu (Agus Pramono, 2012).

Document Accepted 26/8/25
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

Suhu, intensitas cahaya, medan magnet, serta kandungan pengotor semuanya berdampak pada konduktivitas semikonduktor. Diagram pita energi dapat digunakan untuk menjelaskan karakteristik listrik suatu bahan, terutama semikonduktor. Menurut diagram pita energi, elektron hanya dapat menempati sejumlah tingkat energi terbatas dari kumpulan atom yang telah disusun secara hati-hati untuk membuat struktur kristal tertentu. Tingkat energi yang rendah akan ditempati pertama kali oleh elektron. Pita valensi adalah pita terakhir yang berisi elektron. Semikonduktor intrinsik adalah bahan semikonduktor yang terdiri dari komponen yang sama(JumadilM, 2023).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan, maka dalam perancangan alat uji konduktivitas listrik ini diperoleh beberapa perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan dari alat uji konduktivitas listrik yang menggunakan metode *four point probe* agar dapat digunakan pada saat pengujian.
2. Bagaimana menentukan komponen-komponen yang sesuai untuk digunakan pada alat uji konduktivitas listrik.
3. Bagaimana menentukan bahan yang sesuai untuk digunakan pada alat uji konduktivitas listrik dengan pengukuran menggunakan metode *four point probe.*

Document Accepted 26/8/25
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan rancang alat uji konduktivitas listrik skala lab ini dimana pengukuran konduktuvitas ini melalui pengukuran tahanan (resitensi) ketebalan yang terdapat pada sampel/bahan uji yang digunakan, dengan tujuan:

1. Merancang alat uji konduktivitas listrik yang akan digunakan untuk proses pengukuran kekonduksian listrik.
2. Menentukan pemilihan komponen alat uji kekonduksian listrik.
3. Menentukan bahan yang sesuai untuk digunakan pada alat uji kondukstivitas listrik dan estimasi biaya.

1.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah dipaparkan, adapun hipotesis penelitian dalam perancangan alat uji konduktivitas listrik dengan menggunakan metode *four point probe* yaitu dengan pemilihan komponen dan bahan yang sesuai pada alat, diharapkan dapat membantu alat agar beroperasi dengan baik dan dengan menggunakan *software Solidworks* diharapkan dapat membantu dan mempermudah proses perancangan mesin.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari perancangan alat uji konduktivitas listrik dengan metode *four point probe* ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah wawasan mengenai perancangan alat uji konduktivitas listrik dengan metode *fiur point probe.*
2. Sebagai sarana untuk menerapkan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan

Document Accepted 26/8/25
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

Teknologi (IPTEK) dalam bidang konduktivitas listrik dengan cara menguji bahan/sampel yan akan di uji.

3. Merupakan proses belajar secara nyata dalam merancang, mengembangkan, dan menciptakan suatu alat yang dapat bermanfaat untuk diri sendiri maupun masyarakat secara luas.
4. Dapat memberikan dampak positif terhadap pengembangan sarana Laboratorium Universitas Medan Area.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

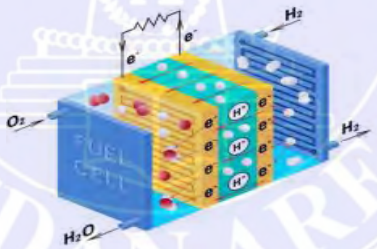
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fuel Cell

Fuel cell atau dalam bahasa Indonesia disebut sel bahan bakar adalah suatu perangkat elektrokimia yang secara kontinu mengkonversikan energi kimia menjadi energi listrik (Erwin et al., 2022). Fuel cell memiliki fungsi yang menyerupai baterai, tetapi ada perbedaan yang membedakan keduanya. Perbedaan utama antara fuel cell dan baterai ialah cara kerja suplai energi, dan fuel cell tidak mengandung energi. Namun, untuk terus memperoleh energi melalui reaksi kimia yang berkelanjutan, fuel cell harus terus diisi dengan reagen. Sementara itu, baterai sekadar menyimpan energi, dan energi maksimal yang didapatkan bergantung pada jumlah reagen yang disimpan dalam baterai.



Gambar 2.1. Diagram PEM Fuel Cell (Sumber: airbus.com)

awal mula fuel cell ditemukan oleh cendekiawan yang bernama Sir William R. G. pada tahun 1839. Menggunakan elektroda berupa platina dan menghasilkan arus sebesar 12 ampere serta tegangan sebesar 1,8 volt (Erwin et al., 2022) Terdiri dari elektrolit asam, keping platina, serta silinder dengan gas oksigen dan hidrogen. Di tahun 1889 Ludwig Mond dan Charles Longer melakukan penelitian dan menciptakan istilah fuel cell untuk pertama kalinya. Untuk memaksimalkan mesin awal, pada tahun 1932 seorang peneliti bernama Francis Bacon mulai meneliti fuel

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

cell memakai KOH sebagai elektrolitnya. Sebelumnya, fuel cell memakai elektroda asam sulfat dan platina sebagai elektrolit. Namun kelemahan kedua bahan tersebut adalah platina sangat mahal dan asam sulfat sangat korosif. Bacon mengembangkan fuel cell sebelumnya dengan menggunakan sel hidrogen dan oksigen, serta menggunakan elektrolit alkali yang non korosif dan elektroda nikel murah.(Erwin et al., 2022)

Secara umum pembangkit listrik pada sistem fuel cell dibagi menjadi 4 sub sistem, yakni :

1. Proses fuel,
2. Pembangkit sel bahan bakar,
3. Pemulihan panas (heat recovery)
4. Pengkondisian daya (AC-DC inverter).

Proses fuel memiliki fungsi untuk mengonversikan fuel (propana, batu bara, metanol, gas alam,dan lain-lain) menjadi gas hidrogen. Pada saat proses elektrokimia berlangsung, maka fuel cell stack yang berada di sub sistem akan menyebabkan adanya arus listrik. Di lain sisi, pada unit *power conditioning* memiliki fungsi untuk mengonversikan menjadi arus bolak-balik (AC) dari yang sebelumnya arus searah (DC). Proses elektrokimia merupakan suatu proses yang sangat penting pada sub sistem fuel cell. Mekanisme ini penting dikarenakan redoks gas hidrogen akan menunjukkan seberapa efisien arus listrik yang diperoleh.

2.2 Konduktivitas Listrik

Konduktivitas listrik merupakan salah satu besaran atau sifat yang dimiliki oleh material. Konduktivitas lisrik adalah kemampuan suatu bahan atau zat untuk

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

dapat menghantarkan arus listrik. Suatu beda potensial listrik ditempatkan pada ujung ujung sebuah konduktor, muatan muatan bergerak akan berpindah, menghasilkan arus listrik (Tipler, 2001). Pengukuran konduktivitas listrik material nonkonduktor bisa dilakukan dengan metode pengukuran arus dan tegangan listrik. Sedangkan untuk material konduktor pengukuran dengan metode tersebut lebih sulit dilakukan karena akan menyebabkan hubungan arus pendek (*short circuit*). Pengukuran konduktivitas listrik bahan konduktor secara akurat biasanya tidaklah mudah, dan kerap memerlukan penggunaan teknik rangkaian jembatan (jembatan Hartshorn, jembatan Wheatstone, jembatan Kelvi) atau teknik probe empat titik (Kraftmakher,Schuetze,Iniguez dkk,Bowler dan Huang, 2015).

Hubungan antara konduktivitas dan resistivitas listrik sangat lah berpengaruh. Resistivitas listrik merupakan besaran yang menyatakan tingkat penghambatan arus listrik dari suatu bahan. Besarnya resistivitas bergantung dari jenis penghantar atau materialnya. Hubungan antara konduktivitas dan resistivitas dapat ditulis berdasarkan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

σ = konduktivitas listrik(S/m)

ρ = resistivitas lembaran tipis (Ωm)

Konduktivitas listrik sebagai salah satu sifat material dapat diukur dengan berbagai metode sesuai dengan karakteristik material sebagai konduktor ataunon-konduktor. Untuk material semikonduktor pada bahan termoelektrik pengukuran konduktivitas listrik memerlukan upaya khusus dikarenakan sifat material yang

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

berbeda pada suhu rendah dan tinggi.

2.3 Resistansi

Resistansi atau hambatan merupakan perbandingan antara tegangan listrik dari suatu komponen elektronik (misalnya resistor) dengan arus listrik yang melewatinya. Satuan hambatan atau resistansi dinyatakan dengan Ohm. Secara matematis, resistansi dapat disebut sebagai perbandingan antara beda potensial dan arus yang dihasilkan(Lutfiyana et al., 2017).

Cara menentukan nilai resistansi sebuah konduktor yang diberi beda potensial V adalah mengukur arus yang mengalir dan nilai resistansinya. Dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$R = Resistansi(\Omega)$

$V = Teegangan(V)$

$I = Arus\ Lisrik(A)$

Jika kita menerapkan perbedaan potensial yang sama antara ujung batang tembaga dan kaca yang serupa secara geometris, akan menghasilkan arus yang sangat berbeda.(L utfiyana et al., 2017).

Karakteristiknya konduktor yang memengaruhi adalah hambatan atau resistansi listrik dari batang. Dengan menentukan resistensi antara dua titik konduktor serta menerapkan perbedaan potensial (V) antara titik-titik tersebut dan mengukur arus (I) yang dihasilkan. Resistansi (R) adalah sifat dari objek, sedangkan resistivitas (ρ) adalah sifat dari material, jadi berapapun ukuran dari

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

objek nilai resistivitas akan sama. Sama halnya dengan massa jenis pada sebuah material.

2.3.1 Hukum Ohm

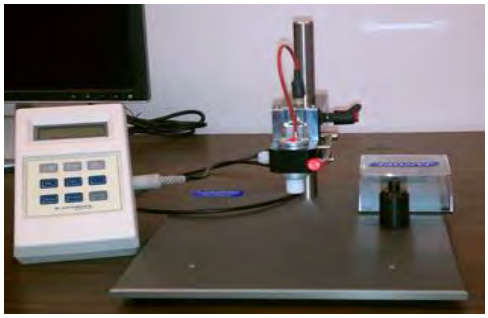
George Simon Ohm (1789-1854) merumuskan hubungan antara kuat aruslistrik (I), hambatan (R) dan beda potensial (V) yang kemudian dikenaldengan hukum Ohm. Arus didefinisikan sebagai banyaknya elektron yang melalui sebuah konduktor tiap waktu (atau satu detik). Hukum Ohm merupakan suatu pernyataan bahwa besar tegangan listrik pada sebuah penghantar berbanding lurus dengan arus listrik yang mengaliri penghantar. Setiap penghantar mempunyai hambatan. Beberapa penghantar seperti logam. Harus dipilih agar mempunyai nilai hambatan paling rendah. Komponen yang mempunyai kegunaan karena nilai hambatan paling rendah, komponen yang mempunyai kegunaan karena nilai hambatan (resistansi) disebut resistor (Ratna Mustika Yasi & Charis Fathul Hadi, 2021).

Rumus dasar untuk menghitung nilai ohm (satuan hambatan listrik) dapat kita lihat pada persamaan berikut ini:

2.4 Alat Uji Konduktivitas Listrik

Peralatan pengujian konduktivitas listrik digunakan untuk mengukur seberapa baik suatu bahan atau zat menghantarkan listrik. Dengan adanya alat ini dapat mempermudah proses dalam melakukan pengujian bahan pada penelitian penelitian. Ditunjukkan pada gambar 2.2 berikut ini:

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25



Gambar 2.2. Alat Uji Konduktivitas Listrik

Alat uji konduktivitas skala lab ini dirancang menggunakan gaya tekanan pada jarum *probe* dimana nantinya akan memiliki nilai dan arah. *Probe* empat titik Jandel dapat mengukur resistansi dan resisitivitas volume (massal) dari lapisan tipis dan wafer.(Rm & Unit, 2013).

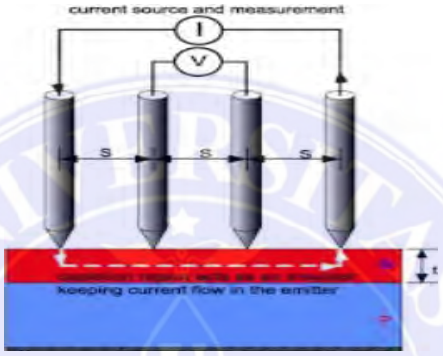
Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat uji konduktivitas listrik ini dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya yaitu menghitung nilai resistansi,resisitivitas, dan konduktivitas yang terdapat pada suatu bahan dengan menggunakan metode *four point probe* yang ditampilkan pada unit uji RM 3000.

2.5 Metode Four Point Probe

Four Poin Probe (FPP) adalah metode yang paling banyak digunakan untuk mengetahui nilai konduktivitas listrik dengan cara mengukur resistivitas. Selain mengukur resistivitas suatu bahan alat ini juga sekaligus digunakan untuk mengukur resistansi, tebal, dan tipe suatu bahan. Teknik *Four Poin Probe* (FPP) dikembangkan oleh Wenner pada tahun 1916 yang digunakan untuk mengukur resistivitas bumi. Dalam ilmu geofisika hal ini dikenal dengan teknik Wenner. Pada tahun 1954 Vades mengadopsi teknik ini untuk mengukur resistivitas wafer semikonduktor. Teknik ini juga diaplikasikan untuk mengkarakterisasi elektrolit dan menganalisi gas. *Four Poin Probe* (FPP) terdiri dari empat ujung logam

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

tungsen yang berjarak sama dengan jari-jari terbatas. Setiap ujung didukung dengan pegas untuk memperkecil kerusakan pada saat penggunaan. Sebuah sumber arus impedansi tinggi digunakan untuk menyuplai arus melalui dua *probe* terluar, voltmeter digunakan untuk mengukur tegangan melewati dua *probe* terdalam untuk menentukan resistivitas sampel Skema alat uji *Four Point Probe*(Mafahir, 2015).Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut ini:



Gambar 2.3. Skema Metode Four Point Probe (FPP)

Disebut *probe* empat titik, karena ada empat titik kontak yang disentuhkan pada permukaan sampel. Keempat titik kontak (*probe*) itu dibuat berderet dalam satu garis lurus dengan jarak antara probe diatur sedemikian rupa sehingga satu sama lain mempunyai jarak yang sama. Pengukuran dengan arus yang tetap akan diperoleh suatu variasi beda tegangan yang berakibat akan terdapat variasi resistansi yang akan membawa suatu informasi tentang struktur dan material yang dilewatinya(Mafahir, 2015).

Metode *four point probe* terdiri dari dua kontak bias yang menginjeksikan arus ke dalam sampel dan dua *probe* kontak yang mengukur penurunan tegangan yang dihasilkan di seluruh sampel. Berbeda dengan pengukuran klasik menggunakan dua *probe*, teknik ini menghilangkan resistansi kontak dari pengukuran dan dengan demikian memungkinkan untuk mendapatkan pengukuran resistansi yang tepat dengan akurasi tinggi. Pengukuran dengan arus yang tetap

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

akan diperoleh suatu variasi beda tegangan yang berakibat akan terdapat variasi resistansi yang akan membawa suatu informasi tentang struktur dan material yang dilewatinya. Prinsip ini sama halnya dengan menganggap bahwa material memiliki sifat resistif, dimana material-materialnya memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghantarkan arus listrik. Pada metode *four point probe* memiliki kekurangan yaitu metode ini memerlukan biaya yang tidak sedikit, akan tetapi metode ini memiliki error yang cukup kecil(Arief Elang Raharja1.dkk, 2019).

2.6 Proses Perancangan

Perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menganalisis,menilai, memperbaiki dan menyusun suatu sistem, baik sistem fisik maupun non-fisik yang optimum untuk waktu yang akan datang dengan memanfaatkan informasi yang ada. Pengertian perancangan lainnya menurut (Bin Ladjamudin, 2005). Tahapan perancangan atau *design* memiliki tujuan untuk mendesain sistem baru yang dapat menyelesaiakn masalah-masalah yang dihadapai perusahaan yang diperoleh dari pemilihan alternatif sistem yang terbaik".

Adapun tujuan akhir dari proses perancangan yaitu untuk mengahsilkan produk yang bermanfaat yang memenuhi keinginan konsumen dengan pembuatannya yang cukup dan aman. Oleh karena itu, keterampilan yang dibutuhkan dalam perancangan adalah:

1. Pembuatan sketsa,gambar teknis, dan perancangan dengan komputer.
2. Memahami sifat-sifat bahan,pemrosesan bahan, dan proses pembuatan.
3. Memahami aplikasi ilmu kimia seperti perlindungan karat,pemberian lapisan (*coating*) dang pengecetan.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

4. Serta memahami analisis tegangan.

Dalam proses perancangan alat uji kekonduksian listrik ini perlu mengunakan beberapa teori dasar, sebagai berikut :

2.6.1 Teori Pemilihan Bahan

Dalam merancang suatu alat, sangat penting untuk mempertimbangkan dan memilih bahan yang digunakan, apakah bahan tersebut memenuhi kebutuhan dari segi dimensi serta karakteristik dan sifat bahan tersebut. Digunakan berdasarkan pemilihan material yang cocok sangat menunjang keberhasilan desain.. Menurut Skousen(Skousen, 2011), Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan berikut ini harus diperhatikan :

1. Efisiensi bahan

   Mengikuti prinsip ekonomi dan berdasarkan perhitungan yang memadai, diharapkan biaya produksi setiap unitnya akan seperti ini. Hal ini untuk memastikan efisiensi produksi dapat bersaing dengan produk lain di pasaran dengan spesifikasi yang sama.

2. Bahan yang mudah didapat

   Dalam merancang suatu produk ditentukan apakah bahan yang digunakan mudah didapat atau tidak. Meskipun bahanyang dirancang cukup bagus namun tidak didukung oleh pasokan pasar, kedepannya desainakan menghadapi kesulitan atau permasalahan karena adanya kendala pada bahan baku tersebut. Oleh karena itu anda harus mengetahui terlebih dahulu apakah tersedia suku cadang di pasaran untuk bahan yang anda gunakan.

3. Spesifikasi bahan yang dipilih

   Pada bagian ini bahan harus disusun menurut kegunaannya. dan tujuan

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

penggunaannya agar materialyang tidak mampu menahan beban tidak mengalami beban berlebih. Oleh karena itu, bahan yang digunakan dalam desain harus sesuai dengan fungsi menyimpang sebagian dari, dimana fungsi setiap bagian berinteraksi dengan bagian dan bagian lainnya.

4. Kekuatan bahan

Untuk menentukan bahan yang digunakan dalam hal ini,harus diketahui kekuatan dasar bahan dan sumbernya, mengingatmemeriksa produk dan menyesuaikan kekuatan kembali dengan bahan yang digunakan.

2.6.2 Analisis Kekuatan Bahan

Dalam merancang suatu struktur perlu ditetapkan prosedur pemilihan material yang sesuai dengan kondisi aplikasinya. Kekuatan atau kekakuan material bukan kriteria satu–satunya yang harus dipertimbangkan dalam perancangan struktur, namun kekuatan material sama pentingnya dengan sifat material lainnya seperti kekerasan, ketangguhan, yang merupakan kriteria penetapan pemilihan bahan (Chen, Chen, 2018).

Kekuatan material struktur dapat dihitung dan disimulasikan melalui percobaan uji tarik dengan menggunakan pendekatan numerik (Hidajat & Lulus, 2005). Hasilnya kemudian dibandingkan dengan kekuatan luluh bahan sehingga diperoleh faktor keamanan bahan. Tujuan utama analisis kekuatan bahan adalah untuk menentukan tegangan (*stress*), regangan (*strain*) dan peralihan (*displacement*) pada struktur dan komponen-komponennya akibat beban-beban yang bekerja padanya.

Tegangan (σ) dalam suatu elemen mesin adalah besarnya gaya yang bekerja tiap satuan luas penampang. Tegangan dapat diketahui dengan melakukan

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

pengujian, dan besarnya kekuatan sangat tergantung pada jenis material yang diuji (Shigley,2006). Rumus untuk mencari nilai tegangan diperlihatkan padapersamaan berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

σ = Tegangan (N/m^2)

F = Gaya yang diberikan(N)

A = Luas penampang(m^2)

Regangan (–) merupakan laju perubahan ukuran bahan akibat beban yang dialami bahan tersebut. Regangan rata-rata dinyatakan oleh perubahan panjang dibagi dengan panjang awal. Secara matematis, hubungan ini diperlihatkan pada persamaan (2.5) berikut :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

$\varepsilon = Regangan$

$\Delta L = Perubahan\ panjang\ batang\ (m) = L_1 - L$

$L_1 = Akhir\ panjang\ batang\ (m)$

$L = Panjang\ awal\ batang\ (m)$

Korosi merupakan proses reaksi elektro kimia yang bersifat alamiah dan berlangsung dengan sendirinya,korosi tidak dapat dicegah atau dihentikan tetapi hanya bisa dikendalikan dengan menggunakan metode elektro galvanizing.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

Galvanizing adalah proses pelapisan baja menggunakan pelapis logam yang memiliki titik lebur lebih rendah dari pada titik lebur baja. Optimasi hot dip galvanizing terhadap ketahanan korosi, karena korosi merupakan proses elektro kimia yang bersifat alamiah dan berlangsung dengan sendirinya, oleh karena itu korosi tidak dapat dicegah atau dihentikan tetapi hanya dapat dikendalikan dengan menggunakan metode galvanizing. Fakta di lapangan material dari titik proses pengelasan dan penggerindaan mudah terkena korosi sehingga perlu pembahsan lebih lanjut, proses electro galvanizing (Galvanizing, 2022).

2.6.3 Teori Sambungan

Proses manufaktur memerlukan penyambungan material, baik untuk bahan logam maupun non-logam. Teknik penyambungan konvensional dibagi menjadi kategori sambungan tetap dan tidak tetap secara teoritis. Sambungan yang tidak dapat dibongkar pasang disebut sambungan tidak tetap, sedangkan sambungan tetap tidak dapat dilepaskan secara mudah. Sambungan tetap meliputi sambungan dengan pengelasan dan perekat (*adhesive*). Sambungan tidak tetap meliputi sambungan baut dan sambungan paku keling (*rivet*) (Ahire and Kachave, 2017; Ibrahim and Cronin, 2022).

1. Sambungan Tetap (permanen)

   Sambungan tetap (permanen) adalah jenis sambungan dimana bagian logam yang disambungkan tidak dapat dilepas kembali dan apabila dilakukan pelepasan sambungan akan meyebabkan kerusakan pada bagian logam yang disambungkan. Sambungan tetap dirancang untuk menahan momen, getaran, dan deformasi. Contoh sambungan tetap adalah dan pengelasan, yang dapat kita lihat pada gambar 2.4 berikut ini:

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

Gambar 2.4. Pengelasan

Ada tiga faktor yang perlu di perhatikan sesuai dengan rumus, yang dapat kita lihat pada persamaan berikut ini:

$$Jumlah\ panas = A^2.\Omega.tcc \quad \text{... ... ...(2.5)}$$

Dimana:

A = Pengelasan(dalam ampere).

Ω = Tahanan listrik antara elektroda(ohm).

T = Waktu.

Untuk memperoleh hasil lasan yang baik ketiga factor tersebut perlu diper hatikan dengan cermat dimana besarannya tergantung dari tebal , jenis bahan serta ukuran serta jenis elektroda yang digunakan. Proses pengelasan resitansi listrik meliputi : las titik, las proyeksi, las kampuh, las tumpul las nyala dan las perkusi, dalam proses pembuatan mesin pencacah material komposit ini digunakan las titik dapat disebut dengan las listrik atau bias juga di sebut dengan mesin trafo las listrik (inverter) 450 watt.

2. Sambungan Tidak Tetap (non permanen)

Sambungan tidak tetap (non permanen) adalah jenis sambungan yang digunakan untuk menggambarkan sambungan atau penyambung yang tidak dirancang untuk menjadi permanen atau stabil dalam jangka panjang.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

Sambungan jenis ini dapat dipasang, diubah, atau dibuka semula tanpa memerlukan perubahan permanen atau prosedur pembaikan yang rumit. Beberapa keuntungan sambungan mur dan baut adalah mempunyai kemampuan yang tinggi dalam menerima beban, dibuat dengan standarisasi, pemasangan sangat mudah serta harga yang relatif murah. sedangkan kerugian utama dalam menggunakan sambungan mur dan baut adalah mempunyai konsentrasi tegangan yang tinggi didaerah ulir. Sambungan ini sering digunakan dalam situasi di mana kemudahan dan fleksibiliti dalam menyambung atau memutuskan sambungan sangat penting.Contoh sambungantidak tetap adalah sambungan yang menggunakan mur dan baut. Seperti terlihat pada gambar 2.5 berikut ini:

Gambar 2.5. Sambungan baut dan mur

a. Baut dan Mur

Penggunaan baut dan mur sangat banyak digunakan, sebab fungsi dari baut adalah sebagai alat penyambung atau pengikat komponen yang satu dengan yang lainnya, agar menjadi satu kesatuan yang kokoh dan terbentuk sesuai dengan keinginan perancangnya. Teknik penyambungan dengan menggunakan baut dan mur relatif lebih aman, karena lebih mudah dipasang dan dibongkar kembali apabila diperlukan untuk melakukan hal - hal seperti perawatan, perbaikan dal lain-lain(Tamara, 2018).

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

Pemilihan baut dan mur sebagai alat pengikat dalam hal ini untuk konstruksi jembatan, harus dilakukan secara cermat dan seksama untuk mendapatkan mutu atau kekuatan baut dan mur yang sesuai dengan konstruksi yang akan disambung. Ada beberapa jenis baut dan mur yang sering digunakan pada dunia industri contohnya:

1. Jenis Baut
   a. Baut (*Hex Flange)*
   b. Baut Kepala Kecil(*Hex Flange)*
   c. Baut Hex
   d. Baut Soket
2. Jenis Mur
   a. Mur segi enam *(hexagonal plain nut).*
   b. Mur segi empat *(square nut).*
   c. Mur dengan mahkota atau dengan slot pengunci *(castellated nut & slotted nut).*
   d. Mur pengunci *(lock nut).*
   e. Mur lingkaran.

Jika suatu baut mempunyai ukuran diameter d mendapatkan gaya tarik akibat dari gaya aksial sebesar F maka tegangan tarik pada baut dapat dihitung dengan persamaan berikut(Sularso, 2004):

$$\sigma t = \frac{4.w}{\pi.d1^2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.6)$$

Dimana:

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

σt $= Tegangan\ tarik.$

W = Beban

d1 = Diameter dalam

Untuk mengetahui diameter dalam ulir baut dapat menggunakan persamaan 2.7 sebagai berikut(Sularso, 2004):

$$d1\sqrt{\frac{4.w}{\pi.\sigma a}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.7)$$

Dimana:

d1 = Diameter dalam ulir.

W = Beban.

σa = Tegangan geser.

Apabila ingin mengetahui tegangan geser ulir dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.8 sebagai berikut(Sularso, 2004):

$$\tau g = \frac{w}{\pi.D1.k.p.z} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.8)$$

Dimana:

τg = Tegangan geser.

D1 = Diameter dalam

k = Ulir metris

p = Jarak bagi

z = Jumlah ulir.

Terdapat macam macam ukuran standard ulir baut metriks kasar

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

yang sering digunakan pada dunia industri seperti yang dapat kita lihat pada gambar 2.6 berikut:

Ukuran	Jarak antar ulir *P*	Timggi ulir *H*	Diameter luar	Diameter efektif	Diameter dalam
M4	0,7	0,379	4,000	3,515	3,242
M5	0,8	0,433	5,000	4,480	4,134
M6	1	0,541	6,000	5,350	4,917
M7	1	0,541	7,000	6,350	5,917
M8	1,25	0,677	8,000	7,188	6,647
M9	1,25	0,677	9,000	8,188	7,647
M10	1,5	0,812	10,000	9,026	8,376
M11	1,5	0,812	11,000	10,026	9,378
M12	1,75	0,947	12,000	10,863	10,106
M14	2	1,083	14,000	12,701	11,835
M16	2	1,083	16,000	14,701	13,835
M18	2,5	1,353	18,000	16,376	15,294
M20	2,5	1,353	20,000	18,376	17,294
M22	2,5	1,353	22,000	20,376	19,294
M24	3	1,624	24,000	22,051	20,752
M27	3	1,624	27,000	25,051	23,752
M30	3,5	1,894	30,000	27,727	26,211
M33	3,5	1,894	33,000	30,727	29,211
M36	4	2,165	36,000	34,402	31,670
M39	4	2,165	39,000	36,402	34,670
M42	4,5	2,436	42,000	39,077	37,129
M45	4,5	2,436	45,000	42,077	40,129
M48	5	2,706	48,000	44,752	42,857
M52	5	2,706	52,000	48,752	46,587
M56	5,5	2,977	56,000	52,428	50,046
M60	5,5	2,977	60,000	56,428	54,046
M64	6	3,248	64,000	60,103	57,505
M68	6	3,248	68,000	64,103	61,505

Gambar 2.6. Ukuran standard ulir baut matriks(Sularso, 2004)

2.6.4 Teori Pemotongan

Dalam kehidupan sehari-hari banyak sekali ditemukan alat pemotongan benda, baik bergerak berputar dalam porosnya maupun maju mundur. Pemotongan adalah proses pemisahan benda padat menjadi dua atau lebih, melalui aplikasi gaya yang terarah melalui luas bidang permukaan yang kecil (Arrasyid, 2023). Kondisi pemotongan yang optimum bagi suatu proses permesinan memegang peranan penting, selain untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi geometris yang ada. Selain itu pemilihan juga ditentukan oleh jumlah benda yang

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

akan dibuat untuk mencapai keuntungan yang lain, yaitu menekan ongkos proses permesinan serendah mungkin atau menaikkan produktifitas setinggi mungkin (Widya Teknika, 2015). Proses pemotongan dapat kita lihat pada gambar 2.7 berikut ini.

Gambar 2.7. Pemotongan.

Suatu komponen mesin memiliki karakteristik geometrik yang ideal, Karakteristik geometrik yang baik meliputi kekerasan permukaan dapat dicapai dengan langka- langkah pengerjaan yang tepat mesin perkakas yang digunakan, jenis pahat (*cutting tool*), kondisi pemotongan, dan carian pendingan (*cutting fluid*).

Terdapat dua jenis pemotongan yang biasa digunakan, yaitu pemotongan tegak (*orthogonal*) dan pemotongan miring (*oblique*).

1. Pemotongan tegak (*orthogonal*) yaitu proses pembubutan dengan sistem gaya yang dipandang hanya pada satu bidang sehingga dapat diuraikan menjadi dua komponen gaya yang saling tegak lurus, antara gaya potong yang searah dengan kecepatan potong dan gaya makan yang searah dengan kecepatan makan.
2. Pemotongan miring (*oblique*) yaitu merujuk pada suatu proses pemotongan atau pemotongan material dengan sudut miring terhadap arah sumbu utama. Proses ini dapat diterapkan dalam berbagai konteks, termasuk pemotongan

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

logam, kayu, kertas, atau bahan lainnya.

Kekasaran permukaan (*surface roughness*) merupakan ketidak teraturan konfigurasi suatu permukaan beban kerja yang bisa berupa goresan atau kawah kecil pada suatu permukaan ditinjau dari profilnya.

2.7 Karakteristik Material

2.7.1 Pengertian Material

Material merupakan bahan baku yang diolah perusahaan industri dapat diperoleh dari pembelian lokal, impor atau pengolahan yang dilakukan sendiriyang digunakan untuk melakukan pekerjaan(Mulyadi, 2000).

Ruang Lingkup Manajemen Material pertama adalah Perencanaan dan Pengendalian Material. Material yang dibutuhkan akan direncanakan dan dikendalikan berdasarkan *Sales Forecast* atau Perkiraan Penjualan dan Perencannaan Produksi (*Production Planning*). Perencanaan dan Pengendalian Material ini melibatkan perkiraan kebutuhan setiap material, menyiapkan anggaran material, meramalkan tingkat persediaan, menjadwalkan pemesanan material dan melakukan pemantauan kinerjanya yang berhubungan dengan produksi dan penjualan (Mulyadi, 2000).

Sifat Material material menurut (Callister William, 2004) mempunyai beberapa sifat, antara lain:

1. Sifat listrik daya hantar atau *conductivity*.
2. Sifat kimia segregasi, ketahanan korosi.
3. Sifat fisik massa jenis, struktur.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

4. Sifat teknologi mampu mesin, mampu keras.
5. Sifat magnetik permeabilitas, histeresis.
6. Sifat thermal panas jenis pemuaian, konduktivitas.
7. Sifat mekanik kekuatan, kekerasan, nilai impak.

2.7.2 Karakteristik Material

Dalam teori pita energi benda padat dapat dibedakan antara konduktor,isolator dan semikonduktor. Dari ketiga jenis material tersebut,tiap-tiap material mempunyai karakteristik yang berbeda:

1. Konduktor: Mampu menghantarkan arus listrik dengan baik atau mempunya nilai konduktivitas yang tinggi.Contohnya: besi,baja, aluminium, kuningan, tembaga,seng, dan lainnya.
2. Isolator: memiliki sifat muatan listrik yang tidak dapat mengalir dengan mudah dan cepat. Contohnya: kayu,karet,plastik,kain,kaca,dan keramik.
3. Semikonduktor: Mempunyai sifat di antara isolator dan konduktor dimana jika pada temperatur suhu yang rendah muatan listrik tidak dapat mengalir dengan mudah tetapi temperatur tinggi mampu menghantarkan listrik dengan baik.

Dari ketiga karakteristik material ini kami ingin meneliti sifat konduktoryang terdapat pada sampel yang akan diuji nantinya.

2.7.3 Korosi

Korosi merupakan degadasi dari suatu material akibat interaksi dengan lingkungan melalui proses elektrokimia. Pada saat suatu logam di ekspos ke lingkungannya, maka akan terjadi interaksi diantara keduanya (Rochim S, 2011).

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

Timbulnya korosi ini akan sangat merugikan karena dapat menimbulkan kerusakan, penurunan penampilan, kontaminasi produk, serta keamanan berkurang. Stainless steel memiliki persentase jumlah krom yang memadahi sehingga akan membentuk suatu lapisan pasif kromium oksida yang akan mencegah terjadinya korosi lebih lanjut. Seperti kita lihat pada gambar 2.8 berikut ini.

Gambar 2.8. Korosi

2.8 Komponen Dan Material Alat

2.8.1 Komponen Alat

Komponen alat merujuk pada proses matematis atau analitis yang dilakukan untuk mengevaluasi dan memastikan bahwa elemen yang membentuk sebuah mesin/alat memiliki kekuatan, kinerja, dan karakteristik yang diperlukan untuk beroperasi sesuai dengan desain yang diinginkan. Elemen dan komponen alat terdiri dari:

1. Kepala *probe cylinder*

   kepala *probe* empat titik adalah alat yang digunakan untuk mengukur resistivitas, konduktivitas, dan resistansi permukaan suatu material. Alat ini membuat kontak listrik dengan material dengan menggunakan empat probe yang berjarak sama dan sejajar. berbentuk seperti silinder agar kompatibel dengan *Jandel Multiposition Wafer Probe*, *Microposition Probe*, *Multiheight*

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

Probe, *The Multiheight/Microposition Probe*, serta beberapa sistem pemetaan OEM. Komponen tersebut dapat kita lihat pada gambar 2.9 berikut ini :

Gambar 2.9. Kepala *probe cylinder*

Keunggulan dari kepala *probe cylinder* adalah :

a. Dapat menghilangkan kesalahan pengukuran yang disebabkan oleh resistansi *probe*, resistansi penyebaran, dan resistansi kontak
b. Dapat mengukur resistivitas dengan tepat dan akurat
c. Dapat digunakan untuk mengukur sampel yang rapuh

Four point probe sering digunakan untuk mengukur sifat resistivitas wafer semikonduktor dan film tipis. Jika ketebalan film tipis diketahui, ketebalan filmtipis dapat dihitung dengan menggunakan hasil pengukuran *sheet resistance* dari *four point probe.*

2. Multimeter

Multitester merupakan alat ukur listrik yang banyak digunakan oleh teknisi di laboratorium dan bengkel lektronika. Fungsi utama dari multitester ini ialah mengukur resistansi, kapasitansi, arus listrik, tegangan AC maupun DC, menguji baik atau tidaknya suatu komponen, mengetahui sambungan rangkaian, dan sebagainya. Hasil dari pengujian tersebut akan ditunjukkan oleh jarum penunjuk pada multimeter(Martias, 2017). Alat ukur multimeter yang sering disebut juga dengan nama multitester atau AVOmeter memiliki beberapa bagian penting dengan fungsi dan kegunaan berbeda-beda juga. Seperti kita

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

lihat pada gambar 2.10berikut ini :

Gambar 2.10. Multimeter

Keteranagn bagian-bagian multimeter dan fungsinya:

a. Jarum petunjuk: berfungsi sebagai penunjuk besaran yang diukur. Jarum ini akan bergerak sesuai dengan besaran yang sedang diukur, seperti tegangan, arus, atau resistansi.
b. Papan Skala: berfungsi sebagai skala pembacaan meter. Skala ini terdiri dari skala tegangan, skala arus, dan skala resistor.
c. *Zero Adjust Screw*: untuk mengatur kedudukan jarum penunjuk pada posisi nol. Caranya dengan memutar sekrup ini ke kanan atau ke kiri menggunakan obeng pipih kecil.
d. *Zero Ohm Adjust Knob*: berfungsi untuk mengatur jarum penunjuk pada posisi nol saat mengukur resistansi. Caranya dengan memutar saklar pemilih pada posisi ohm, kemudian hubungkan test lead merah dengan test lead hitam, lalu putar knob ke kiri atau ke kanan sampai jarum penunjuk menjadi 0 Ohm.
e. Lubang kutub + (*positive thermal*): tempat masuknya test lead kutub positif yang berwarna merah.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

f. *Positive* terminal (20 A DC *only*): lubang masuk untuk test lead kutub positif saat mengukur arus searah (DC) dengan rentang pengukuran 0-20 Ampere.

g. Range Selector *switch:* berfungsi untuk memilih posisi pengukuran dan batas ukurannya. Pada multimeter analog, terdapat 4 posisi yang umumnya digunakan, yaitu DCV (tegangan searah), DC mA (arus searah dalam milliampere), ACV (tegangan bolak-balik), dan Ohm (resistansi).

h. Lubang Kutub – (*Negative Thermal*): tempat masuknya test lead kutub negatif yang berwarna hitam.

3. Poros

Poros adalah bagian yang berputar dan stasioner, biasanya berpenampang bulat, di mana komponen seperti *gear* (roda gigi), *pulley* (puli), *flywheel* (roda gila), engkol, sproket, dan elemen pemindah tenaga lainnya terpasang. Atau dengan kata lain, Poros merupakan salah satu bagian terpenting dari mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran (Mananoma et al., 2018).

Adapun jenis-jenis poros dibagi menjadi dua, yaitu berdasarkan pembebanannya dan berdasarkan bentuknya, sebagai berikut:

1. Poros berdasarkan pembebanan

a. Poros *Spindle*

Poros *Spindle* adalah poros transmisi yang memiliki dimensi lebih pendek dengan pembebanan puntir saja, contohnya pada mesin perkakas. Komponen tersebut dapat dilihat pada gambar 2.11 berikut ini :

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

Gambar 2.11. Poros Spindle

b. Poros Transmisi

Poros transmisi merupakan poros yang mengalami pembebanan puntir (torsi), pembebanan lentur murni maupun kombinasi dari pembebanan torsi dengan lentur. Dapat dilihat pada gambar 2.12 berikut :

Gambar 2.12. Poros Transmisi

c. Poros Gandar

Gandar merupakan poros yang tidak berputar dengan kata lain yangberputar adalah rodanya yang biasa kita jumpai pada roda kereta api. Seperti kita lihat pada gambar 2.13 berikut ini :

Gambar 2.13. Poros Gandar.

Perbedaan antara poros dan as (*axle*) adalah poros meneruskan momen torsi (berputar), sedangkan as tidak. Adapun perhitungan pada poros sebagai berikut:

a. Diamaeter Poros

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

Dalam perhitungan diameter poros ada bebrapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu momen rencana (momen puntir), dan tegangan geser dari material. Maka persamaan untuk mencari diameter poros dapat dilihat pada persamaan 2.9 Sebagai berikut :

$$ds = \sqrt[3]{\frac{16.T.Kt.Cb}{\tau\alpha.\pi}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

s = Diameter Poros (mm)

Kt = Faktor koreksi

T= Momen rencana $(kg.mm)^2$

τα =Tegangan geser yang dizinkan$(Kg/mm)^2$

b. Daya Rencana (pd)

Untuk menghitung momen puntir atau torsi maka digunakan persamaan 2.10 Sebagai berikut :

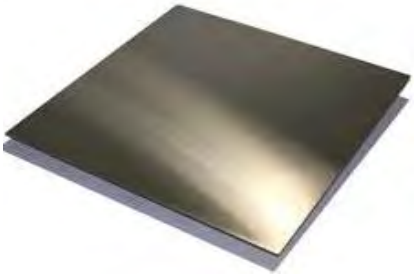
$$T = 9{,}74\ x\ 10^5 \frac{Pd}{N} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.10)$$

4. Pelat

Besi Pelat atau Pelat adalah bahan baku yang berupa lembaran yang dalam pembuatannya digunakan sebagai bahan baku dalam membuat berbagai macam perlatan dan perlengkapan dalam membuat kebutuhan industri seperti mesin, badan kendaraan alat transportasi, dan juga banyak digunakan sebagai bahan baku *property* (Bonardo et al., 2023). Dapat kita lihat pada gambar 2.14 berikut ini :

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25



Gambar 2.14. Pelat

Berbagai jenis bahan pelat yang sering kita temui antara lain:

a. Aluminium
b. Besi
c. Stainless steel
d. Akrilik

5. *Rubber Pads*

Karet sintetis mempunyai sifat yang berbeda dengan karet alam. Material jenis ini juga menghadirkan stabilitas ultraviolet dan oksigen dengan sangat baik (Hassan et al, 2018).

Melihat perkembangan barang jadi karet, saat ini penggunaan karet sintetis memang cukup memegang peranan penting dalam industri seperti industri mebel khususnya karet bantalan kaki. Karet bantalan kaki mebel digunakan sebagai karet kaki meja maupun kursi yang berguna dalam memberikan efek anti geser, menyerap getaran, mengurangi kebisingan dan mencegah terjadinya cacat pada permukaan lantai.

Komponen bantalan kaki untuk mebel perlu digunakan kombinasi karet alam dan karet sintetis, karet alam tidak tahan terhadap ozon dan panas, tetapi memiliki ketahanan kikis yang tinggi. Sedangkan karet sintetis tahan terhadap ozon, panas dan ketahanan retak. Material elastomer berbasis SBR memiliki ketahanan

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

retak yang cukup baik, tahan air dan tahan terhadap cuaca Hassan et al., 2018). Dapat kita lihat pada gambar 2.15 berikut ini :

Gambar 2.15 *Rubber Pads*

2.8.2 Material Alat

1. Aluminium Alloy

Komponen meja *probe* pada alat uji konduktivitas listrik ini menggunakan bahan dari alumunium alloy. Alumunium alloy atau paduan alumunium adalahlogam yang mempunyai sifat ringan yang pemanfaatannya sangat luas. Selain ringan juga memiliki kelebihan lain seperti pengantar panas yang baik. Aluminium ditemukan pertama kali oleh Sir Humprey Davy dalam tahun 1809sebagai suatu unsur,d an pertama kali direduksi oleh HC Oersted tahun 1825. Penggunaan logam aluminium sebagai logam setiap tahunnya pada urutan kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam non fero(Shifi Syarifa F, Nur Mei S, Zulfah Ukhti S, 1992).

Aluminium mempunyai beberapa sifat-sifat karakter fisis antara lain memiliki berat jenis sekitar 2,65-2,8 kg/dm3 , mempunyai daya hantar listrik dan panas yang baik, tahan terhadap korosi, dalam beberapa bahan, titik lebur 6580C dan susunan atom *face centered cubic*. Berikut sifat-sifat murni yang terdapat pada aluminium dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1. Sifat-Sifat Mekanis Al-murni(Shifi Syarifa F, Nur Mei S, Zulfah Ukhti

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

S, 1992)

Sifat-Sifat	Kemurnian			
	99,996		>99,9	
	Dianil	75% Dirol dingin	Dianil	H18
Kekuatan Tarik (Kg/mm^2)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kukuatan Mulur (0,2%)(Kg/mm^2)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

Bila terkena udara objek-objek aluminium akan teroksidasi pada permukaannya.

Sifat yang dimiliki pada alumunium alloy yaitu:

a. Ringan
b. Kuat
c. Konduktor listrik dan panas yang sangat baik
d. Tahan terhadap korosi

jenis-jenis aluminium alloy atau paduan aluminium, antara lain:

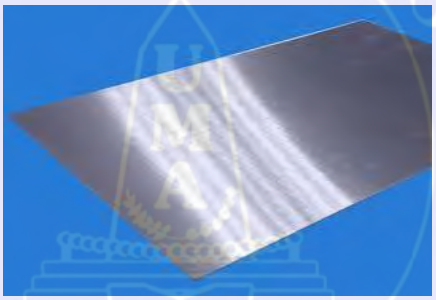
1. Aluminium Copper Alloy (Seri 2000): Digunakan untuk bagian yang bekerja pada suhu tinggi, seperti piston dan silinder head motor bakar.
2. Aluminium Manganese Alloy (3000): Mudah dibentuk, tahan korosi, dan memiliki kemampuan las yang baik. Aluminium seri 3000 mengandung

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

0,05-1,5% mangan sebagai elemen paduan utama.

3. Aluminium Silicon Alloy (4000): Mengandung 3,6-13,5% silikon dan sejumlah kecil tembaga dan magnesium.
4. Aluminium Magnesium Alloy (5000): Mengandung 0,5-5,5% magnesium.
5. Aluminium Zinc Alloy (7000): Memiliki kekuatan tertinggi diantara paduan-paduan lainnya.

Aluminium alloy terbagi menjadi dua klasifikasi utama, yaitu paduan cor dan paduan tempa. Aluminium cor dicairkan dan dituang ke dalam cetakan,sedangkan aluminium tempa diolah dalam bentuk padat. Dapat kita lihat pada gambar 2.16 berikut ini :



Gambar 2.16. Aluminium Alloy

Berdasarkan perbedaan struktur kristal yang terdapat pada *stainless steel,* ada beberapa tipe *stainless steel* yang banyak digunakan dalam dunia industri.

3. Stainless steel

Komponen meja multitester pada alat uji konduktivitas listrik inimenggunakan bahan dari Stainless steel 304. Stainless steel adalah logam paduan yang memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi dan noda. Stainless steel mengandung setidaknya 10,5% kromium yang membentuk lapisan oksida kromium di permukaannya (Respati, 2010).

Menambahkan nikel ke paduan membuat stainless steel tidak terlalu rapuh pada

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

suhu rendah. Jika diinginkan sifat mekanik yang lebih kuat dan keras untuk, maka diperlukan lebih banyak karbon. S*tainless steel* juga dapat dibedakan berdasarkan struktur kristalnya menjadi: *austenitic stainless steel, ferritic stainless steel, martensitic stainless steel, precipitation-hardening stainless steel,* dan *duplex stainless steel*.

Stainless steel memiliki beberapa kelebihan, di antaranya yaitu:

a. Tahan lama dan tidak mudah rusak,
b. Mendistribusikan panas secara merata,
c. Mudah dibersihkan,
d. Tidak mempengaruhi rasa masakan,
e. Dan tahan pada suhu tinggi maupun rendah.

Berdasarkan perbedaan struktur kristal yang terdapat pada *stainless steel,* ada beberapa tipe *stainless steel* yang banyak digunakan dalam dunia industri. Berikut beberapa jenis *stainless steel* dan spesifikasinya :

a. *Stainless Steel* Tipe 304

Baja paduan SS 304 merupakan jenis baja tahan karat austenitic stainless steel yang memiliki komposisi 0.042%C, 1.19%Mn, 0.034%P, 0.006%S, 0.049%Si, 18.24%Cr, 8.15%Ni, dan sisanya Fe. Beberapa sifat mekanik yang dimiliki baja karbon tipe 304 ini antara lain: kekuatan tarik 646 Mpa, *yield strength* 270 Mpa, elongation 50%, kekerasan 82 HRB. *Stainless steel* tipe 304 merupakan jenis baja tahan karat yang serbaguna.dan paling banyak digunakan. Komposisi kimia, kekuatan mekanik, kemampuan las dan ketahanan korosinya sangat baik dengan harga yang relative terjangkau. *Stainless steel* tipe 304 ini banyak digunakan dalam dunia industri maupun skala kecil. Penggunaannya

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

antara lain untuk: tanki dan container untuk berbagai macam cairan dan padatan, peralatan pertambangan, kimia, makanan, dan industri farmasi.

b. Stainless Steel Tipe SS 201

Baja paduan SS 201 merupakan jenis baja tahan karat *austenitic stainless steel* yang memiliki komposisi 0.15%C, 13.5%Mn, 0.03%P, 0.03%S, 0.15%Si, 13.00%Cr, 1.02%Ni, dan sisanya Fe. Beberapa sifat mekanik yang dimiliki baja karbon tipe 304 ini antara lain: kekuatan tarik 580 Mpa, yield strength 198 Mpa, elongation 50%, kekerasan 87HRB.

c. Stainless steel grade 302

Jenis ini memiliki kandungan nikel 8% dan chromium 18%. Stainless steel grade 302 biasanya digunakan sebagai material peralatan dapur, bejana bertekanan, peralatan memasak, hingga alat-alat medis.

d. Stainless steel duplex

Jenis ini mengandung unsur nikel, kromium, molibdenum, dan nitrogen dengan kadar seimbang. Stainless steel duplex cocok digunakan pada suhu rendah, antara -50°C sampai 300°C.

4. Karet

Karet adalah polimer hidrokarbon yang terbentuk dari emulsi kesusuan yang diperoleh dari getah tumbuhan dan ada juga hasil produksi secara sintetis. Sumber utama latex atau getah ini adalah pohon karet Hevea brasiliensis dengan cara melukai kulit pohon. Karet alam merupakan senyawa hidrokarbon yang mengandung atom karbon (C), atom hidrogen (H) dan merupakan senyawa isoprena sebagai monomernya dengan struktur kimia(Syarifa et al., 2016).

Karet sintetis mempunyai sifat yang berbeda dengan karet alam. Material

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

jenis ini juga menghadirkan stabilitas ultraviolet dan oksigen dengan sangat baik (Syarifa et al., 2016). Melihat perkembangan barang jadi karet, saat ini penggunaan karet sintetis memang cukup memegang peranan penting dalam industri seperti industri mebel khususnya karet bantalan kaki. Karet bantalan kaki mebel digunakan sebagai karet kaki meja maupun kursi yang berguna dalam memberikan efek anti geser, menyerap getaran, mengurangi kebisingan dan mencegah terjadinya cacat pada permukaan lantai. Seperti dilihat pada gambar 2.17 berikut ini:

Gambar 2.17. Karet

5. Baja

Baja didefinisikan sebagai suatu campuran besi dan karbon atau logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon di dalam baja sekitar 0,1% sampai 1,7%, sedangkan unsur lainnya dibatasi oleh persentasenya. Secara garis besar baja dapat dikelompokan menjadi dua yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja karbon dibagi menjadi tiga yaitu:

a. Baja karbon rendah (<0,3%C).
b. Baja karbon sedang (0,3%<C<0,7%).
c. Baja karbon tinggi (0,70 < C <1,40%).

Sedangkan pada baja paduan dibagi menjadi dua bagian yaitu :

a. Baja paduan rendah (jumlah unsure paduan khusus <8,0%),

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

b. Baja paduan tinggi (jumlah unsure paduan khusus >8,0%).

Baja karbon rendah sering digunakan untuk kawat, baja profil, sekrup, ulir dan baut. Baja karbon sedang digunakan untuk rel kereta api, as, roda gigi dan suku cadang yang berkekuatan tinggi,ataudengankekerasan sedang sampai tinggi. Baja karbon tinggi digunakan untuk perkakas potong seperti pisau, gurdi, tap dan bagian–bagian yang harus tahan gesekan. Sifat baja sangat tergantung pada unsure - unsur yang terkandung dalam baja. Baja karbon biasanya mempunyai kekurangan diantaranya kekerasan baja tidak merata, sifat mekanis yang rendah, kurang tahan terhadap korosi dan lain sebagainya. Penambahan unsur campuran digunakan untuk memperbaiki sifat pada baja(Amanto dan Daryanto, 2015).

Unsur campuran dalam baja membawa pengaruh sebagai berikut:

a. Unsur Silisium (Si) Silisium merupakan unsur paduan yang ada pada setiap baja dengan jumlah kandungan lebih dari 0,4% yang mempunyai pengaruh kenaikan tegangan tarikdan menurunkan kecepatan pendinginan kritis.
b. Unsur Mangan (Mn) Unsur mangan dalam proses pembuatan baja berfungsi sebagai deoxider (pengikat) sehingga proses peleburan dapat berlangsung baik.
c. Unsur Krom (Cr) Unsur krom meninggikan kekuatan tarik dan keplastisan, menambah kekerasan ,meningkatkan tahan korosi dan tahan suhu tinggi.
d. Unsur Vana dium (V) dan Wolfram (W) Unsur Vanadium dan Wolfram ini membentuk karbidat yang sangat keras dan memberikan baja dengan kekerasan yang tinggi, kemampuan potong dan daya tahan panas yang cukup tinggi pada baja yang sangat diperlukan untuk pahat potong dengan kecepatan tinggi.

penambahan unsure lain pada baja mempunyai tiga fungsi,yaitu:

1. Sebagai subtitusi atom besi dalam larutan padat atau dalam sementit untuk meningkatkan kekuatan, kekerasan dan ketangguhan.
2. Untuk menjamin terbentuknya martensit pada laju pendinginan yang lebih rendah

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

dari laju pendinginan celup air.

3. Untuk membentuk karbidat yang lebih keras dan tahan aus dari sementit dan mengatur penemperan martensit.

Adapun gambar material baja ditunjukkan pada gambar 2.18 sebagai berikut:

Gambar 2.18. Baja

6. Tembaga

Tembaga adalah salah satu logam pertama yang digunakan umat manusia. Material berbahan dasar tembaga (tembaga merah, paduan tembaga, dan material komposit berbahan dasar tembaga) merupakan bahan baku dasar yang penting dalam perkembangan industri modern dan perekonomian nasional karena memiliki daya hantar listrik dan termal yang sangat baik, sifat mekanik yang baik, ketahanan terhadap korosi serta keuletan dan sifat mampu bentuk yang tinggi. Tembaga termasuk dalam kelompok logam transisi pada tabel periodik, lebih tepatnya golongan 11 (atau IB). Logam tembaga dan beberapa bentuk persenyawaannya tidak dapat larut dalam air dingin atau air panas, tetapi dapat dilarutkan dalam asam, seperti senyawa asam sulfat panas dan dalam larutan basa NH4OH. Tembaga sulfat pentahidrat merupakan salah satu bentuk persenyawaan Cu yang sering digunakan dalam bidang industri, misalnya untuk pewarnaan tekstil, untuk penyepuhan, pelapisan, dan pembilasan pada industri perak. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.19 sebagai berikut:

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

Gambar 2.19. Tembaga

Tembaga memiliki simbol Cu dan nomor atom 29, serta massa atom 63,546. Ia juga dikenal sebagai salah satu logam pertama yang digunakan manusia, dan kegunaannya sangat luas, mulai dari kabel listrik, perhiasan, hingga sebagai campuran dalam pembuatan paduan logam lain.

2.9 Prinsip Kerja Alat Uji Konduktivitas Listrik

Prinsip kerja alat uji konduktivitas listrik ini yaitu untuk melakukan proses pengukuran dengan menggunakan empat buah jarum dengan material platinum diameter 1mm atau bisa dinamakan dengan menggunakan metode *four point ptobe*. Proses pengukuran konduktivitas listrik ini mencari hambatan atau resistivitas listrik yang terdapat pada suatu bahan atau material yang memiliki sifat konduktor,isolator,dan semikonduktor. Pengukuran resistivity suatu material dengan metode *four-point probe*, tidak dapat dilepaskan dari geometri faktor sampel yang diukur contohnya pada pengujian sampel lingkaran semakin besar nilai *resistivity* suatu material maka semakin kecil nilaikonduktivitas listriknya.

Untuk proses pengukuran kekonduksian listrik skala laboratorium ini perlu dilakukan beberapa tahap sebagai berikut:

1. Alat dan Sampel

   Mempersiapakan alat uji dan sampel bahan yang akan di ukur kekonduksiannya.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

2. Penempatan *Probe*

Meletakkan *probe* empat titik pada permukaan sampel atau memastikan jarak antara tiap *probe* konsisten dan sesuai dengan dengan spesifikasi alat. Biasanya,probe ditempatkan dalam satu garis lurus dengan jarak yang sama antara tiap titik.

3. Kalibrasi alat

Melakukan kalibrasi alat sebelum melakukan tes pengukuran untuk memastikan akurasi pada saat pengukuran.

4. Mengatur Arus

Menyalakan alat dan arus listrik yang akan diberikan melalui dua probe luar.Dan arus akan mengalir melalui sampel dan menciptakan perbedaan potensial yang akan di ukur.

5. Mengukuran tegangan

Dua *probe* tengah akan megukur tegangan yang muncul akibat aliran arus listrik.

6. Membaca hasil

Alat akan menampilkan nilai tegangan yang diukur. Dengan mengetahui nilai arus yang diberikan dan tegangan yang diukur, alat atau perangkat lunak terkait akan menghitung kekonduksian listrik dari sampel.

2.10 Mekanisme Penekanan Jarum *Probe*

Kepala probe empat titik merupakan peralatan yang biasnya di gunakan untuk mengukur resisitivitas massal. *Probe* empat titik berisi empat kawat *probe*

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

yang ditempatkan seara kolinear yang nantinya menyentuh sampel yang akan di uji. *probe* empat titik ini berbahan perunggu fosfor berlapis emas. Perunggu fosfor berlapis emas merupakan merupakan bahan baku penting dan memiliki banyak aplikasi di berbagai sektor industri, seperti energi, material, teknologi informasi, dan kebutuhan pokok konsumen. Secara khusus, perunggu fosfor berlapis emas telah banyak digunakan di berbagai keperluan contohnya seperti pegas, bantalan, busing, dan kontak listrik. Pelapisan emas pada perunggu fosfor dapat membantu mencegah korosi. Untuk meminimalkan korosi,ketebalan pelapisan emas perlu diperhatikan.

Pada alat uji konduktivitas listrik skala lab ini perancang menggunakan mekanisme penekanan, dimana dapat diatur secara manual oleh pengguna menggunakan tuas/*handle* untuk mrngatur seberapa keras *probe* ditekan ke permukaan sampel yang akan di uji.

Berikut mekanisme penekanan pada jarum *probe* empat titik, Sebagai berikut:

1. Mengatur posisi ketinggian pada *body* alat.
2. Mengatur posisi jarak antara sampel dengan kepala *probe* empat titik.
3. Setelah posisi pas,letakkan sampel yang akan di uji.
4. Kemudian turunkan kepala *probe* dengan manual melalui tuas/*handle* sampai menyentuh sampel tersebut.
5. Tunggu beberapa menit sampai multitester menampilkan hasil yang akurat.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat penelitian

3.1.1 Tempat penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di bengkel bubut dan als sudarman, JL. Mangaan VII Pasar III, Kec. Medan Deli, Sumatera Utara. Kota Medan.

3.1.2 Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai dari tanggal disetujuinya usulan oleh pengelola program studi hingga dinyatakan selesai, dengan durasi yang direncanakan akan berlangsung sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Jadwal kegiatan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	2024 Jul 1234	Agu 1234	Sep 1234	Okt 1234	Nov 1234	Des 1234	Jan 1234	2025 Feb 1234	Mar 1234
1	Pengajuan judul									
2	Penulisan proposal									
3	Seminar Proposal									
4	Proses Penelitian									
5	Pengolahan Data									
6	Penyelesaian Laporan									
7	Seminar Hasil									
8	Evaluasi Dan Persiapan Sidang									
9	Sidang Sarjana									

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

1. Plat aluminium alloy

Bahan aluminium alloy pada alat uji konduktivitas listrik in i digunakan pada komponen *stage* atau meja pengujian. Jenis aluminium alloy yang digunaan yaitu aluminium 1100. Aluminium 1100 hampir murni 99% AI, selain itu aluminium 1100 ini memiliki konduktivitas listrik yang sangat tinggi yaitu (~61% AICS/*International Annealed Copper Standard*) dan lunak serta mudah dibentuk. Bahan ini memiliki sifat ketahanan korosiyang sangat baik,kekerasan yang relatif lunak, tetapi untuk kekuatan mekanik nya lebih rendah dibandingkan alloy lainnya. Paduan AI Alloy 1100 ini sering digunakan dalam komponen kimia,industri listrik, dan reflektor. Seperti yang dilihat pada pada gambar 3.1 berikut ini:

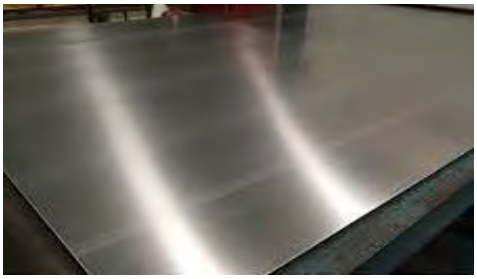
Gambar 3.1. Pelat Aluminium Alloy

2. Plat *Stainlees stell*

Plat stainlees stell pada alat uji konduktivitas listrik ini digunakan pada komponen meja multitester. Jenis pelat stainlees stell yang digunakan pada komponen meja multitester ini yaitu stainlees stell 304, Karena memiliki nilai konduktivitas listrik yang rendah (~2-3%IACS/*International Annealed Copper Standard*) dan juga mudah di dapat. Bahan jenis logam paduan yang dikenal

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

sebagai baja tahan karat ini memiliki beberapa keunggulan, di antaranya: Tahan terhadap korosi dan noda, Kuat dan tahan lama, Mudah dibersihkan dan dirawat. Untuk plat stianlees stell ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut ini:



Gambar 3.2. Stainlees stell

3. Plastik *Nylon* PE *(Polyethylene)*

Bahan plastik *nylon* PE*(Polyethylene)* digunakan pada komponen *body* alat. Bahan ini dipilih karena mudah di dapat dan harga yang relatif murah. Selain itu kekuatan benturan yang ringan dan tinggi dari plastik nilon PE ini merupakan karakteristik yang menentukan. Aplikasi untuk bahan ini sangat banyak di sektor otomotif, rekreasi, dan industri. Mengenai bahan nilon PE dapat kita lihat pada gambar 3.3 berikut ini:

Gambar 3.3. Plastik *Nylon PE(Polyethylene)*

4. Neoprena (chloroprene)

Neoprena (chloroprene) merupakan jenis karet sintetis yang diproduksi oleh polemerisasi kloroprena dengan memiliki tingkat stabilitas kimia yang baik pada rentang suhu yang luas. Bahan ini biasa digunakan pada *rubber pads* atau

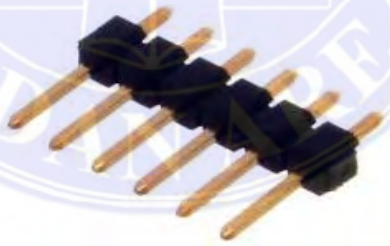
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

bantalan kaki karet yang merupakan bagian dari komponen penting pada alat uji konduktvitas yang dimana memiliki fungsi agar meja pengujian tidak mudah bergerak dan meluncur. Seperti dilihat pada gambar 3.4 berikut ini:

Gambar 3.4. *Rubber Pads*

5. Pin *Header*

Pin *header* merupakan komponen elektronik yang terdiri dari deretan pin logam yang disusun dalam satu atau lebih baris. Pada umumnya komponen ini berbahan tembaga berlapis emas atau nikel. Komponen ini digunakan pada probe yang nantinya berguna untuk pengukuruan dengan empat titik penekanan. Dan untuk pin header ditampilkan pada gambar 3.5 berikut ini:



Gambar 3.5. Pin Header

6. Baja S45C

Baja S45C pada alat uji konduktivitas listrik ini digunakan pada komponen poros as batangan. Baja S45C memiliki karakterisitk diantaranya, kuat dan kekerasan yang baik dibandingkan baja karbon lainnya namun baja S45C ini mudah berkarat, maka dari itu perlu perlakuan anti karat. Dan untuk baja S45C

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

dapat ditampilkan pada gambar 3.6 berikut ini:

Gambar 3.6. Baja S45C

7. Multitester Digital

Komponen multitester pada alat uji *electrical*/kekonduksian listrik ini berguna untuk menampilkan nilai atau hasil dari pengujian nila resistivitas atau konduktivitas yang nantinya ditampilkan pada *display*. Pada umumnya multitester memiliki spesifikasi dasar yaitu mengukur tegangan AC, tegangan DC, mengukur arus dan pengukuran resistansi,memiliki perkiraan berat sekisar 73g.

Gambar 3.7. Multitester Digital

8. Kabel Penghubung

Komponen kabel penghubung pada alat uji *electrical*/kekonduksian listrik ini berfungsi untuk menghubungkan atau penghantar arus dari komponen kepala *probe* dengan multitester sehingga terlihat berapa hasil atau nilai konduktivitas yang di ukur. Seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

ini:

Gambar 3.8. Kabel Penghubung

9. Baut dan mur

Terdapat baut dan mur pada alat uji *electrical/*kekonduksian listrik ini yang kegunaannya untuk penyambungan terhadap beberapa komponen. Jenis baut yang di gunakan pada alat ini yaitu baut JP, baut L kepala pendek, dan baut hexagonal. Masing masing bahan dari baut tersebut tergantung dari jenis baut yg digunakan tersebut. Untuk contoh gambar dapat kita lihat seperti gambar 3.9 sebagai berikut:

Gambar 3.9. Baut dan Mur

10. Catu Daya

Catu daya (power supply) adalah perangkat elektronik yang berfungsi sebagai penyedia energi untuk perangkat elektronik lainnya. Secara umum, istilah catu daya merujuk pada sistem penyearah dan filter yang mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Meskipun sumber daya DC biasanya dapat langsung mengoperasikan peralatan elektronik, metode tertentu

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

seringkali diperlukan untuk mengatur dan mempertahankan gaya gerak listrik (ggl) yang stabil meskipun beban berubah. Sebagian besar energi yang tersedia dalam bentuk arus bolak-balik (AC) harus diubah atau diserahkan menjadi arus tetap (DC). Catu daya listrik terdiri dari dua jenis: catu daya tidak stabil dan catu daya stabil. Catu daya tidak stabil tidak menstabilkan tegangan dan arus keluarannya, sehingga outputnya dapat berubah sesuai dengan perubahan tegangan dan beban yang dimasukkan ke dalamnya. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.10 sebagai berikut:

Gambar 3.10. Catu Daya

3.2.2 Alat

1. Laptop

Laptop adalah Alat perangkat lunak yang ukurannya kecil dan ringan, sehingga mudah dibawa serta digunakan di berbagai tempat. Laptop merupakan evolusi dari komputer *desktop*, dengan ukuran *keyboard*, CPU, danmonitor yang lebih kecil. Manfaat laptop yaitu mengolah data dan Mencetak dokumen. Untuk spesifikasi laptop yang digunakan para pekerja biasanya memiliki prosesor minimal Intel Core i5 atau AMD yang setara untuk performa yang cepat, Serta memiliki RAM Minimal 8 GB sampai 16 GB untuk menangani banyak tugas dan, memiliki penyimpanan minimal 256 GB untuk akses cepat

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

dan waktu booting.

Gambar 3.11. Laptop

2. *Software Solidwork*

Salah satu program CAD yang diproduksi oleh *DASSAULT SYSTEMS* adalah *SolidWorks*, yang digunakan untuk membuat komponen permesinan atau susunan komponen permesinan dalam bentuk perakitan. Program ini dapat digunakan untuk menggambarkan proses pemesinan dalam tampilan 2D (gambar) atau untuk merepresentasikan komponen dalam bentuk 3D sebelum benar-benar dibuat. Produk Ini mengembangkan aplikasi CAD 3D pertama di dunia yang berjalan pada PC desktop. Seperti padagambar 3.7 berikut ini:

Gambar 3.12. *Software Solidworks*

Untuk saat ini ssudah tersedia rilisan terbaru *Solidworks* 2024 dengan menyertakan perintah *Insert Assembly into Part*. Perintah ini memungkinkan Anda memasukkan *assembly* sebagai bagian dan menerapkan semua fiturmenggunakan model data *platform* 3D *EXPERIENCE* yang ada. Dalam rilis terbaru, Anda dapat membuat gambar yang mengomunikasikan desain denganlebih jelas.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

3.3 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam perancangan alat uji konduktivitas listrik ini yaitu metode penelitian kuantitatif melalui survei dan pengamatan secara langsung kelapangan pada subjek penelitian sebagai metode penelitiannya, setelah data selesai dikumpulkan, maka akan dapat disimpulkan langkah selanjutnya dalam proses perancangan alat ini.

3.3.1 Siastematika Penelitian

Sistematika penelitian pada perancangan alat uji konduktivitas listrik skala laboratorium adalah sebagai berikut:

a. Studi literatur yang bertujuan untuk mengumpulkan data-data teori, informasi, serta acuan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas. Hal ini dilakukan dengan mencari dasar teori melalui buku, karya ilmiah, dan juga internet yang berkaitan dengan Alat uji konduktivitas listrik.
b. Observasi lapangan atau studi lapangan merupakan teknik pengambilan data yang dilakukan dengan cara datang langsung ke lapangan untuk mendapatkan informasi dan data-data mengenai perancangan alat uji konduktivitas listrik skala lab seperti data mengenai komponen dan bahan yang akan digunakan.
c. Melakukan perhitungan terhadap komponen dan bahan untuk menentukan spesifikasi komponen dan bahan yang akan digunakan pada Alat uji konduktivitas listrik.
d. Membuat desain atau gambar dari alat uji konduktivitas listrik skala laboratorium dengan menggunakan *Software solidwork*.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

e. Menarik kesimpulan.

3.4 Populasi Dan Sampel

Populasi dan sampel dalam penelitian perancangan alat uji elektrikal/ konduktivitas listrik ini di deskripsikan pada tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3. 2. Populasi dan Sampel

No	Komponen	Jumlah
1	*Stage* atas	1
2	*Stage* bawah	1
3	*Rubber Pads*	4
4	Poros as	1
5	*Body* Alat	1
6	*Rear Clamp Screw*	2
7	*Handle Clamp*	1
8	*Handle*	1
9	*Probe Hide Slide*	1
10	Meja Multimeter	1
11	*Assy* Multimeter	1

3.5 Prosedur Kerja

Prosedur kerja pada perancangan alat uji konduktivitas skala laboratorium ini adalah sebagai berikut:

a. Menyiapkan data-data maupun informasi mengenai perancangan alat yang telah dicari sebelumnya.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

b. Menentukan komponen-komponen dan bahan yang akan digunakan pada alat.

c. Melakukan perhitungan terhadap komponen dan bahan untuk menentukan spesifikasi komponen dan bahan yang akan digunakan pada alat.

d. Menentukan dimensi atau ukuran pada bagian-bagian alat seperti meja probe, poros batangan, *body* alat, serta ukuran keseluruhan dari alat agar sesuai dengan kebutuhan.

e. Menyiapkan *software solidworks* yang akan digunakan untuk membuat desain atau gambar alat uji konduktivitas listrik.

f. Membuat desain atau gambar mesin dengan menggunakan *software solidworks*, lengkap dengan komponen-komponen alat yang telah ditentukan sebelumnya.

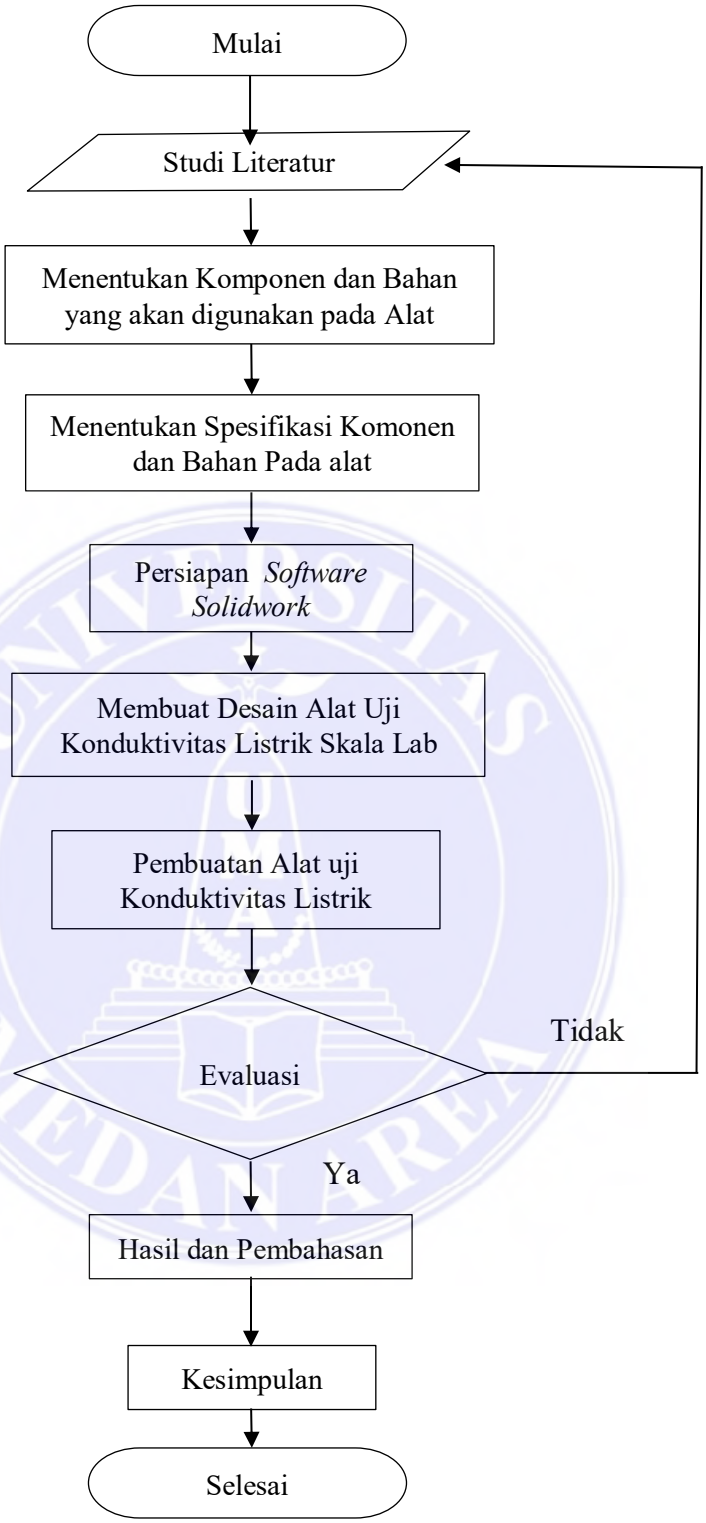
g. Mengamati dan memeriksa kembali hasil perancangan alat, sehingga dapat diperoleh hasil perancangan alat yang maksimal dan dapat membantu serta mempermudah teknisi pembuat alat dalam proses pembuatan alat uji konduktivitas listrik skala laboratorium.

3.5.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir merupakan suatu tipe diagram yang mewakili urutan prosedur ataupun proses kerja, yang menunjukkan langkah-langkah dalam bentuk simbol grafis dan urutannya dihubungkan dengan tanda panah. Diagram alir membantu menggambarkan apa yang sedang terjadi dan dengan demikian membantu untuk memahami sebuah proses. Diagram alir proses perancangan Alat Uji Konduktivitas Listrik Skala Lab diperlihatkan pada gambar 3.11 berikut:

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
Document Accepted 26/8/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25



Gambar 3.13. Diagram Alir Perancangan Alat Uji Konduktivitas Listrik

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan yang telah dilakukan maka diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada perancangan alat uji konduktivitas listrik, diperoleh data untuk menghasilkan volume alat. Dimana alat uji konduktivitas listrik ini memiliki lebar 250 mm dan tinggi 200 mm. Dan pada *Probe hide side* dicetak menggunakan 3D *Printer*. Penggunaan *Software Solidwork* sangat membantu proses pembuatan gambar dari alat uji *electrical/*kekonduksian listrik skala laboratorium, sehingga dapat mempermudah teknisi pembuat alat dalam memahami detail dari alat yang akan dibuat.
2. Untuk spesifikasi komponen yang digunakan pada alat uji elctrical/kekonduksian listrik skala laboratorium ini diperoleh data pada poros as batangan yang memiliki panjang 200 mm dan berdiameter 20 mm. Sedangkan pada *Stage*/meja probe memiliki etebaln 12 mm dan lebar 250x250 mm. Pada komponen *Probe hide side* perancang merekomendasi kepada teknisi pembuatan untuk dicetak dengan 3D printer dengan jarak jarum/*probe* 1 mm dari beberapa jarum lainnya agar saat pengujian tidaj terjadi gangguan kontak yang mengabitkan gagal nya proses pengujian ata menampilkan hasil yang tidak sesuai.untuk hasi pengujian ditampilkan oleh Multitester digital yang dimana memiliki spesifikasi pengukuran resistansi,tegangan AC dan DC. Komponen yang direncanakan

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

untukdigunakan pada alat sudah memenuhi syarat spesifikasi yang dibutuhkan agar nantinya alat dapat berfungsi dengan baik.

3. Untuk jenis bahan dari data hasil perancangan alat uji *electrical*/kekonduksian listrik skala laboratorim ini pada base bawah berbahan aluminium alloy karena karakteristik dari bahan aluminiumalloy ini dapat menghantarkan listrik yang baik sehingga nantinya memudahkan proses penelitian atau uji coba pengukuran untuk mendapatkan hasil yang akurasi, Kemudian pada poros as batangan menggunakan S45C, selain itu terdapat komponen *body* alat yang berfungsi sebagai penghubung atau tempat letaknya *probe hide side* yang dimana komponen tersebut menggunakan bahan plastik *nylon* PE. Bahan yang direncanakan untuk digunakan pada alat sudah memenuhi syarat spesifikasi yang dibutuhkan, sehingga bahan tidak akan mengalami kerusakan pada saat proses pengujian sedang berlangsung.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan yang telah dilakukan maka saran yang ingin disampaikan adalah:

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk memperhatikan ke empat jarum *probe* yang terdapat pada kepala probe. Karena, pada saat proses pengujian terkadang ke empat jarum tersebut tidak membaca hasil pengujian dikarenakan sedikit mengalami kemiringan atau tidak rata pada permukaan yang diakibatkan terlalu kerasnya proses penekanan pada penelitian sebelumnya. Apabila akan dilakukan pengembangan pada

Document Accepted 26/8/25
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

komponen tersebut, disarankan untuk melakukan perbaikan yang dapat meminimalisir patahnya jarum tersebut, seperti pemilihan material yang lebih tepat dan tingkat kekasaran permukaan jarum yang baik. Yang pasti penggantian atau penambahan yang akan dilakukan pada jarum probe harus tetap memperhatikan tingkat keamanan dan ketahanan material tersebut.

2. Sebelum mengoperasikan alat, operator harus mengetahui prinsip kerja dari alat tersebut, hal ini bertujuan agar pada saat proses pengujian alat dapat berfungsi dengan baik tanpa mengalami kegagalan.
3. Operator harus mengetahui batasan ataupun kemampuan dari alat, seperti gaya tekan pada ujung *probe* yang dapat menghasilkan nilai resistivitas,dan lainnya. Hal ini bertujuan agar operator tidak memberikan beban berlebih pada saat melakukan pengujian.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

DAFTAR PUSTAKA

(Amanto dan Daryanto, dkk). (2015). No Title Analisa Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Besi Strip 30x4 Mmyang Mendapat Perlakuan Panas Karburising Bisri. *Nal Teknik Mesin Ubl, Vol.3 No. 1 (2015) Jurnal Teknik Mesin Ubl, Vol.3 No. 1 (2015) 7*, 14.

Agus Pramono, D. (2012). Konduktivitas Listrik Komposit Polimer Polipropilena/Karbon Untuk Aplikasi Pelat Bipolar Fuel Cell. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, *1*(1), 46. https://doi.org/10.36055/setrum.v1i1.446

Arief Elang Raharja1.dkk. (2019). −8 −8 −7 −6. *Pengukuran Resistivitas Pada Pelat Konduktor Tipis Menggunakan Metode Four Point Probe*, *6*(2), 5305–5313.

Arrasyid, A. (2023). UNES Journal of Scientech Research. *Perancangan Alat Pemotong Plat Manual Design Of Manual Plate Cutting Tools*, *8*(2), 29–43.

Bonardo, T., Mukhnizar, & Zulkarnain. (2023). Pembuatan Alat Pemotong Plat Manual. *Jurnal Teknik, Komputer, Agroteknologi Dan Sains*, *2*(1), 79–91.

Chen, Chen, & L. (2018). Analisis Kekuatan Struktur Rangka Mesin Pengering Analysis Of Frame Strength On Onion Dryer Machine With. 3(01), 20–28. https://doi.org/10.31289/jmemme.v3i1.2417

Erwin, Fernanda, R., P, M. D., R, N. F., & K, I. R. (2022). Kajian Penerapan Sistem Fuel Cell Sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan Pada Kendaraan Bermotor. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, *10*(2), 104–116. http://10.0.93.79/jptm.v10i2.45831

Galvanizing, E. (2022). Analisis kekuatan bahan hasil electro galvanizing. *Jurnal Media Teknologi Vol. 09*, *09*, 20–24.

Insiyanda, D. R., & Chaer, A. (2017). *Dispersi Dengan Metode Kering Untuk Peningkatan Konduktivitas Komposit Limbah Grafit/Karbon Serat Alam Pada Aplikasi Pelat Bipolar Fuel Cell*. *VI*, SNF2017-MPS-27-SNF2017-MPS-32. https://doi.org/10.21009/03.snf2017.02.mps.05

JumadilM. (2023). *No Title Semikonduktor*. Wikipedia. https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Semikonduktor&action=history

Kraftmakher,Schuetze,Iniguez dkk,Bowler dan Huang, H. dkk. (2015). *Pembuatan Alat Ukur Konduktivitas Listrik Konduktor Logam*. *July*.

Lutfiyana, Hudallah, N., & Suryanto, A. (2017). Rancang Bangun Alat Ukur Suhu Tanah , Kelembaban Tanah, dan Resistansi. *Teknik Elektro*, *9*(2), 80–86.

Ma'fur, H., & Widiharsa, F. (2016). Fuel Cell Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Pengisi Baterai Dengan Pengendali Panas. *Transmisi*, *12*(1), 45–54.

Mafahir, I. A. (2015). Pengujian Konduktivitas Listrik Material dangan Metode Four Point Probe (FPP). *Pengaruh Suhu Substrat Terhadap Sifat-Sifat Listrik Bahan Semikonduktor Lapisan Tipis Pbs, Pbse, Pbte Hasil Preparasi Dengan Teknik Vakum Evaporasi*. https://www.academia.edu/39145151/Laporan_Praktikum_MateriAL_Pengujian_Konduktivitas_Listrik_Material_dangan_Metode_Four_Point_Probe_FPP_RHEINA_AS_16_083

Mananoma, F., Sutrisno, A., & Tangkuman, S. (2018). Perancangan Poros Transmisi Dengan Daya 100 HP. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, *6*(1), 1–

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

9.

Martias. (2017). No Title. *Peneerapan DAan Penggunaan Alat Ukur Multimeter Pada Pengukuran Komponen Elektronika*. https://repository.bsi.ac.id/repo/files/221257/download/KNiST-2017-Martias-MTS.pdf

Mulyadi. (2000). *No Title*. Pengertian Material. https://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/2127/4/BAB_II.pdf#:~:text=Pengertian material adalah bahan baku yang diolah perusahaan,impor atau pengolahan yang dilakukan sendiri %28Mulyadi%2C 2000%29.

Ratna Mustika Yasi, & Charis Fathul Hadi. (2021). Pengaruh Tegangan Terhadap Besar Kuat Arus Listrik Pada Persamaan Hukum Ohm. *Journal Zetroem*, *3*(1), 34–36. https://doi.org/10.36526/ztr.v3i1.1331

Respati, S. M. B. (2010). Bahan Biomaterial Stainless Steel Dan Keramik. *Momentum*, *6*(1), 5–8.

Rm, J., & Unit, T. (2013). *Jandel Engineering Limited*. *2013*(0), 6–7.

Rochim S. (2011). Sumarji, Jurnal ROTOR , Volume 4 Nomor1, Januari 2011 1. *Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe SS 304 DAN SS 201 MEenggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu Dan Ph*, *4*, 1–8.

Shifi Syarifa F, Nur Mei S, Zulfah Ukhti S, D. I. (1992). Aluminium Dan Senyawa-Senyawanya. *Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang*.

Skousen. (2011). *No Title Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan bahan baku*. Http://Repositori.Unsil.Ac.Id/1036/6/BAB%20II.Pdf.

Sularso. (2004). Perencanaan Sambungan Mur Dan Baut Pada Gerobak Sampah Motor. *Teknik Mesin ITN Malang*, *01*(01), 21–26.

Syarifa, L. F., Agustina, D. S., Nancy, C., & Supriadi, M. (2016). Dampak Rendahnya Harga Karet Terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Petani Karet Di Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Karet*, *34*(1), 119–126. https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v34i1.218

Tamara, F. (2018). *Publikasi Online Mahsiswa Teknik Mesin* Kaji Eksperimen Pengaruh Variasi Beban Tekan Dan Waktu Tuang Pada Squeeze Casting Terhadap Porositas Dan Ketahanan Korosi Bahan Baut Dan Mur Dari Komposit Aluminium 6061-Abu Dasar Batu. 1(1), 1–9.

Tipler. (2001). Konduktivitas Listrik Ion Terlarut: Studi Kasus di Air Sumur TPA Sukawinatan Palembang. *Jurnal Redoks*, *7*(1), 48–54. https://doi.org/10.31851/redoks.v7i1.6760

Widya Teknika. (2015). Staf Dosen Pengajar Teknik Mesin Institut Nasional Malang 16. *Pengaruh Variasi Cutting Fluid Dan Variasi Feeding Pada Proses Pemotongan Orthogonal Poros Baja Terhadap Kekasaran Permukaan*, *23*(2), 16–25.

Iswandi and Abu Bakar Sulong, "*Effects Of Graphite/Polypropylene On The Electrical Conductivity Of Manufactured Bipolar Plate*," Malays. J. Anal. Sci., vol. 23, no. 2, Apr. 2019, doi: 10.17576/mjas-2019-2302-19.

N. A. Mohd Radzuan, A. B. Sulong, and I. Iswandi, "*Effect of Multi-Sized Graphite Filler on the Mechanical Properties and Electrical Conductivity*," JSM, vol. 50, no. 7, pp. 2025–2034, Jul. 2021, doi: 10.17576/jsm-2021-5007-

Document Accepted 26/8/25

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

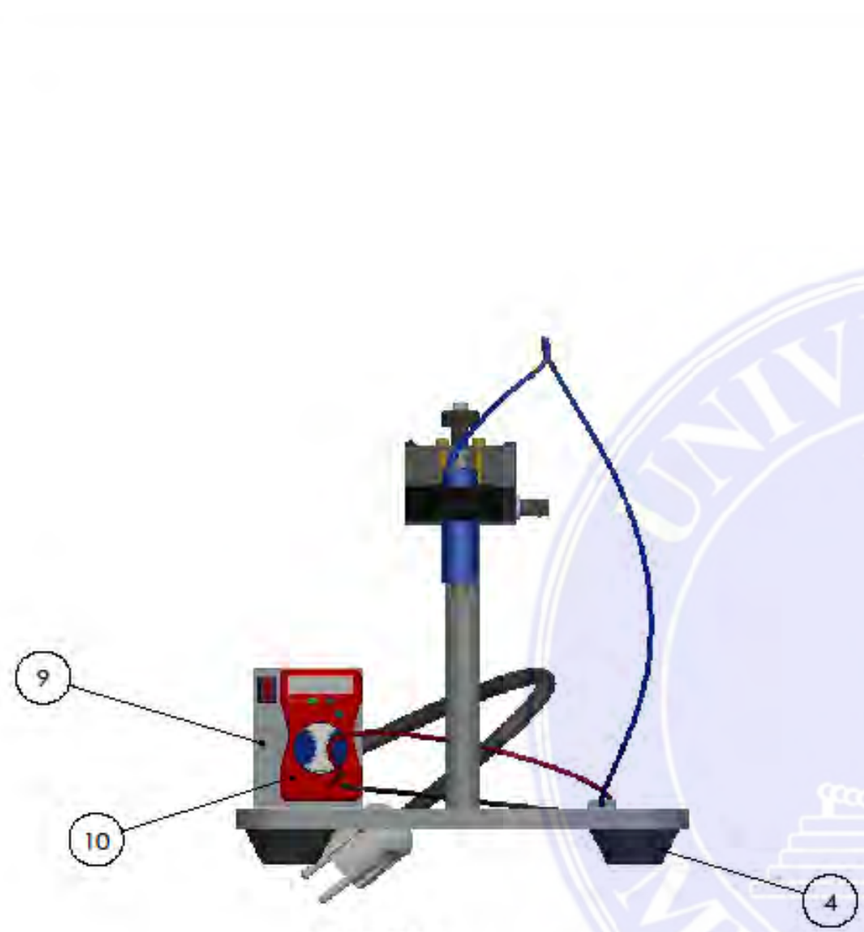
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

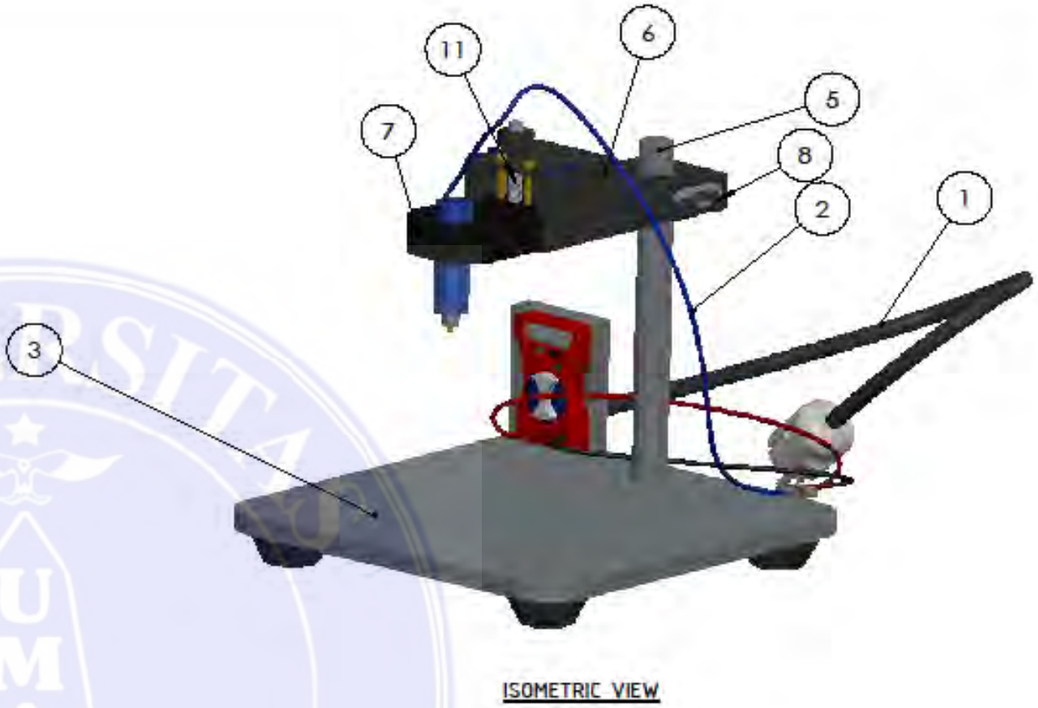
LAMPIRAN

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25



FRONT VIEW
1 : 3



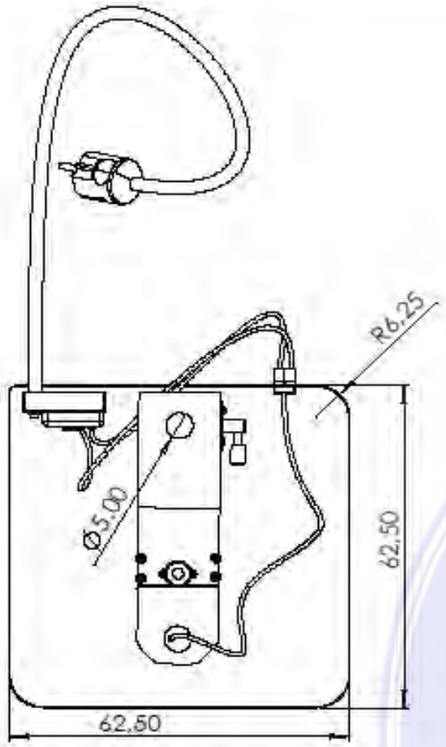
ISOMETRIC VIEW
1 : 3

NO	QTY	DESCRIPTION	MATERIAL
1	1	Kabel Penghubung 1	XLPE (Cross-Linked Polyethyline)
2	1	Kabel Penghubung 2	PVC (Polyvinyl Chloride)
3	1	Stage Atas	Aluminium Alloy
4	4	Rubber Pads	Karet
5	1	Poros As	Baja S45C
6	1	Body Probe Head Side 1	Plastik Nylon Polyethylene
7	1	Body Probe Head Side 2	Plastik Nylon Polyethylene
8	1	Handle	Baja
9	1	Catu Daya	-
10	1	Assy Multitester	-
11	1	As Ulir	Baja

QTY	Skala : 1 : 3	Digambar : Ahmad Dani Satria Utama	Keterangan :
	Satuan : mm	NPM : 20813007A	
	Tanggal : 11/05/2025	Diperiksa : Dr. Iswandi ST., MT.	
FT- TEKNIK UMA		JANDEL FOUR POINT PROBE	NO 1 / A3

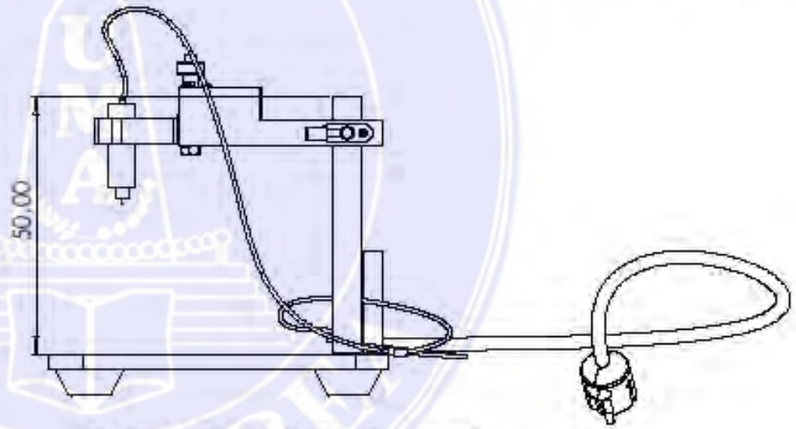
UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

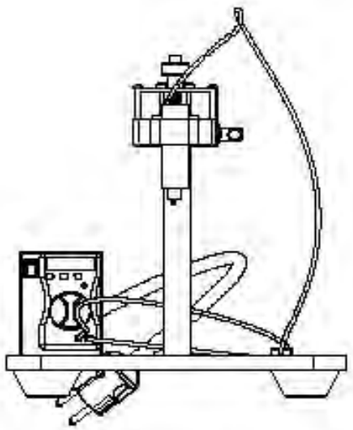


PANDANGAN ATAS

ISOMETRIC VIEW
1 : 4



PANDANGAN SAMPING KANAN

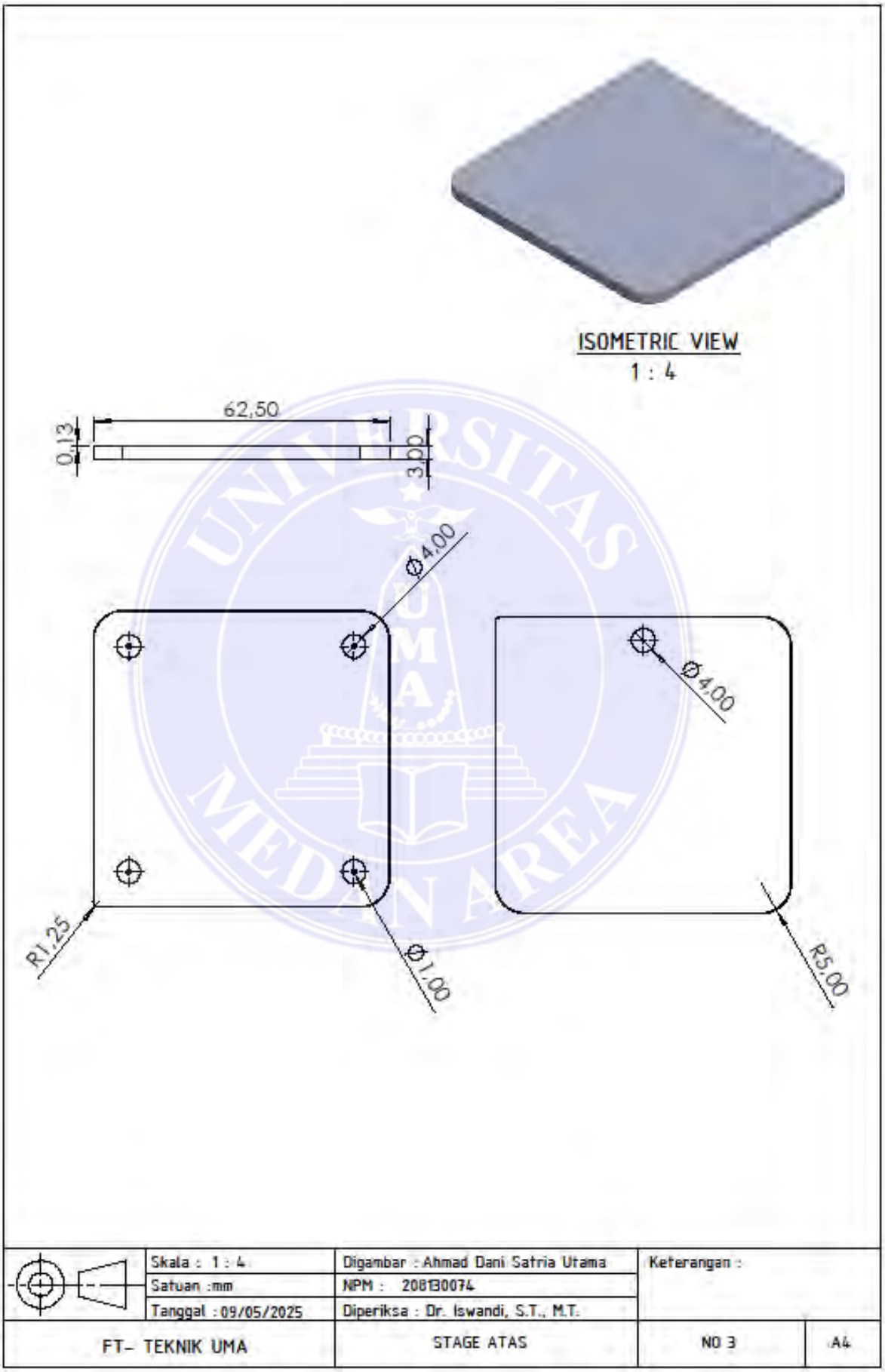


PANDANGAN DEPAN

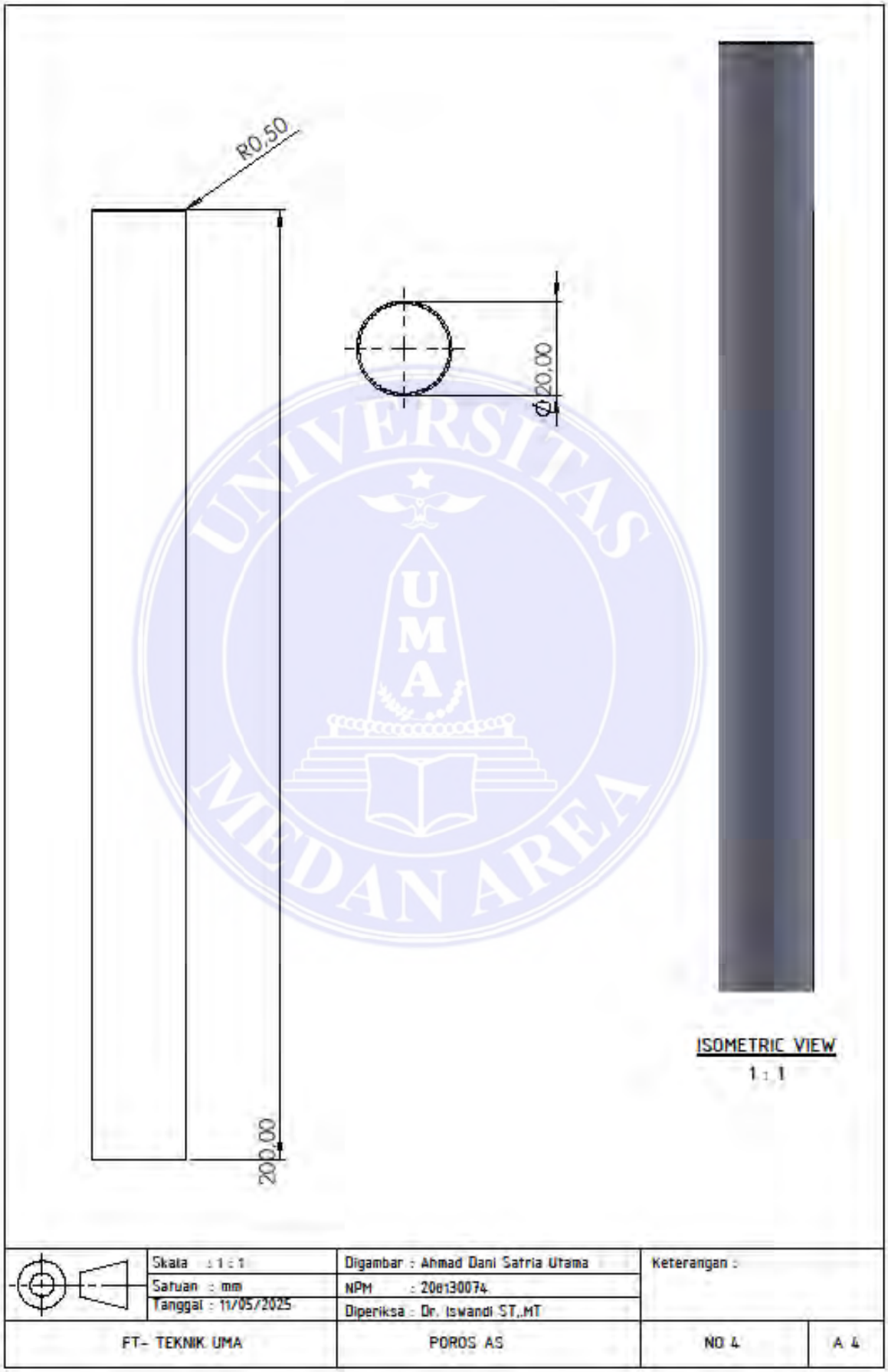
	Skala : 1 : 4	Digambar : Ahmad Dani Satria Utama	Keterangan :	
	Satuan : mm	NPM : 208130074		
	Tanggal : 11/05/2025	Diperiksa : Dr. Iswandi ST., MT.		
FT- TEKNIK UMA		JANDEL FOUR POINT PROBE	NO 2	A3

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

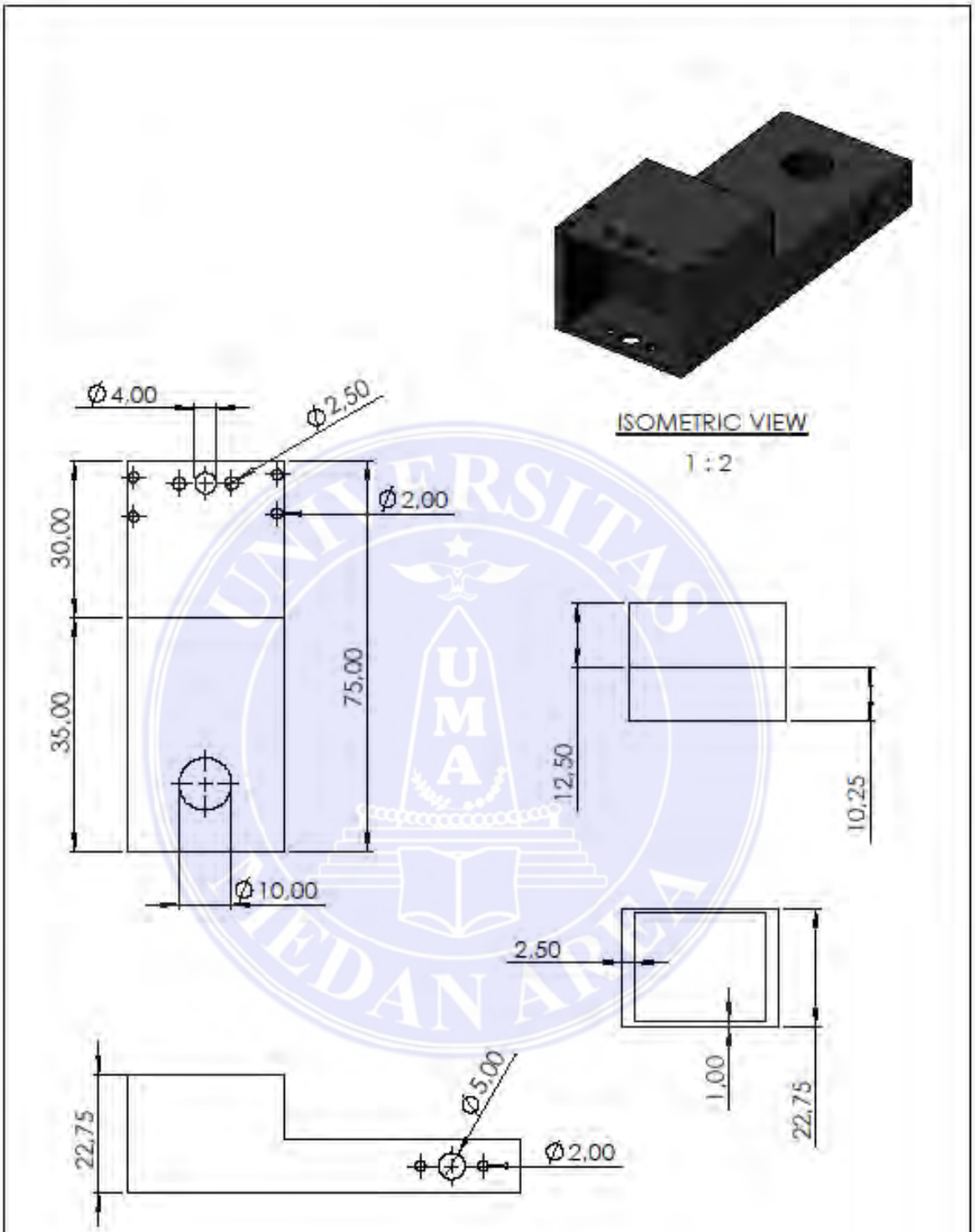
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25



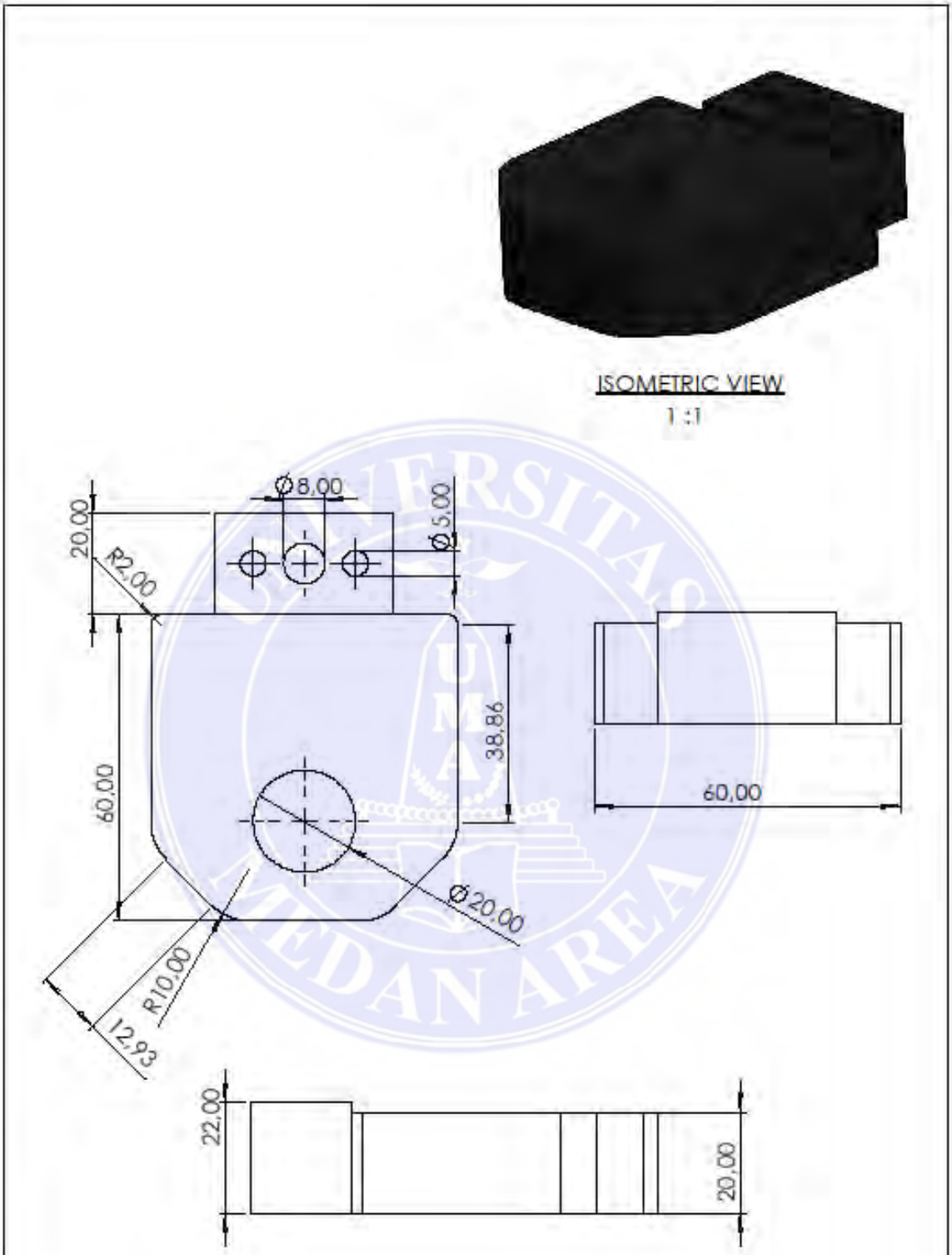
Document Accepted 26/8/25
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25



Document Accepted 26/8/25
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25



Document Accepted 26/8/25
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

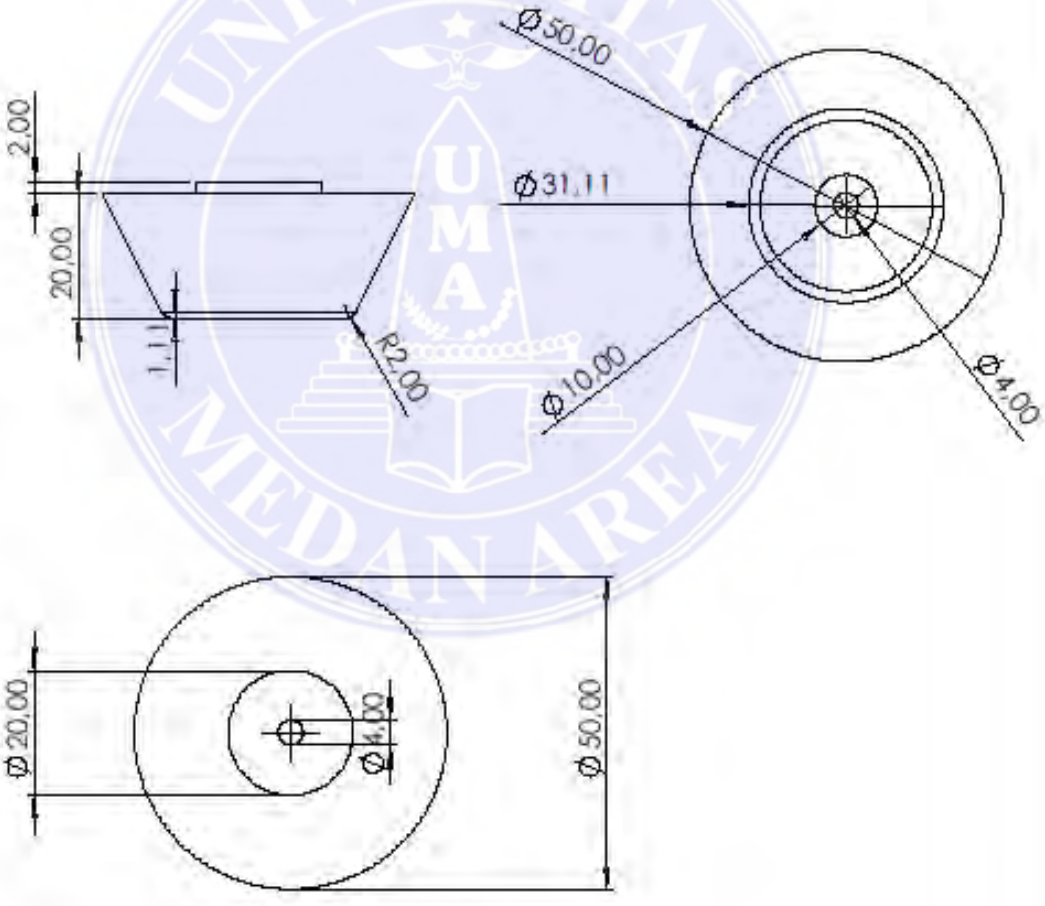


UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

ISOMETRIC VIEW

1 : 1



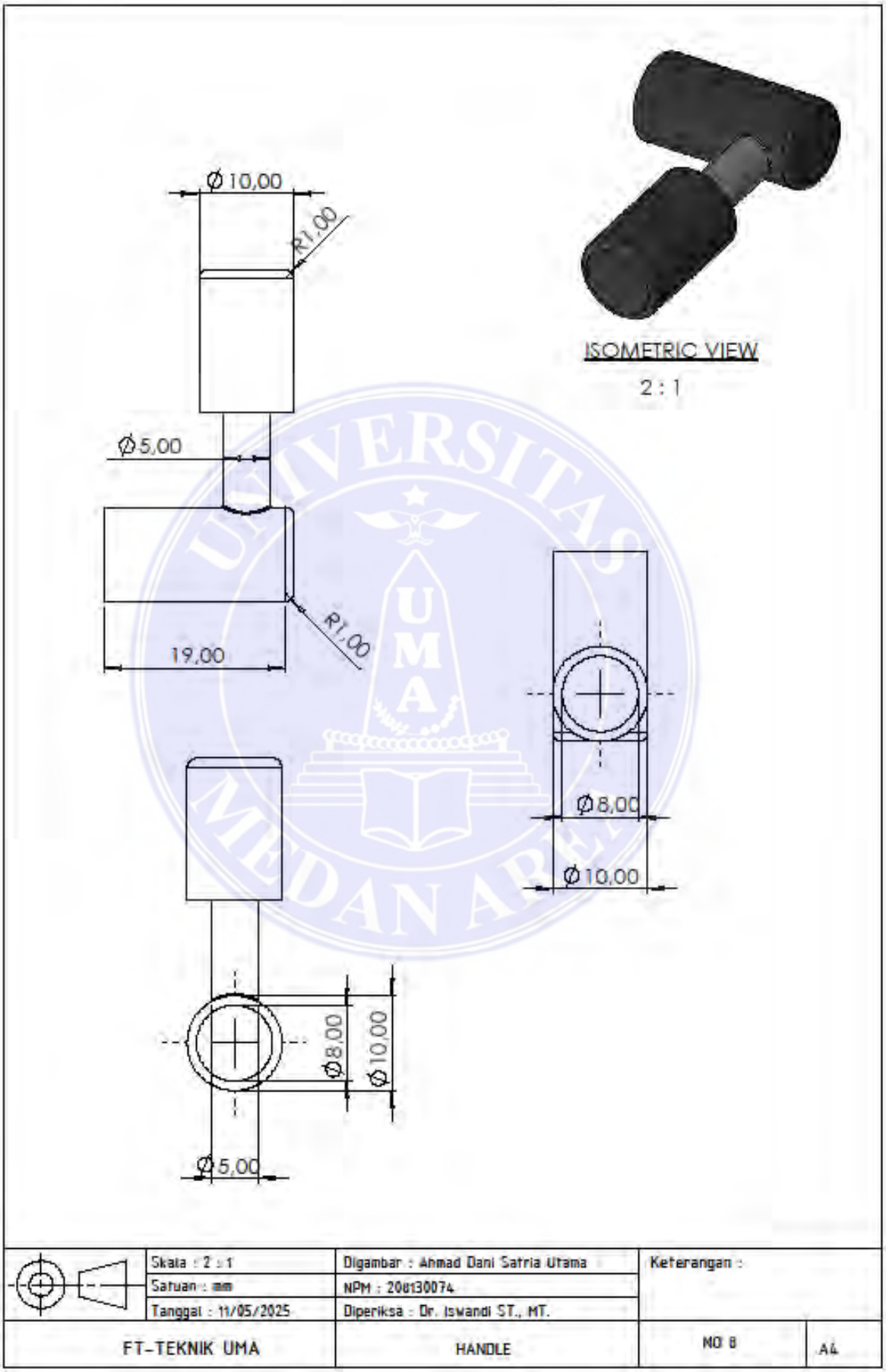
Skala : 1 : 1	Digambar : Ahmad Dani Satria Utama	Keterangan :	
Satuan : mm	NPM : 20813O074		
Tanggal :11/05/2025	Diperiksa : Dr. Iswandi ST,. MT		
FT-TEKNIK UMA	RUBBER PADS	NO 7	A4

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25



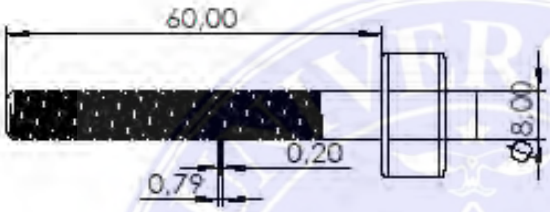
	Skala : 2 : 1	Digambar : Ahmad Dani Satria Utama	Keterangan :
	Satuan : mm	NPM : 20813007 4	
	Tanggal : 11/05/2025	Diperiksa : Dr. Iswandi ST., MT.	
FT-TEKNIK UMA	HANDLE	NO 8	A4

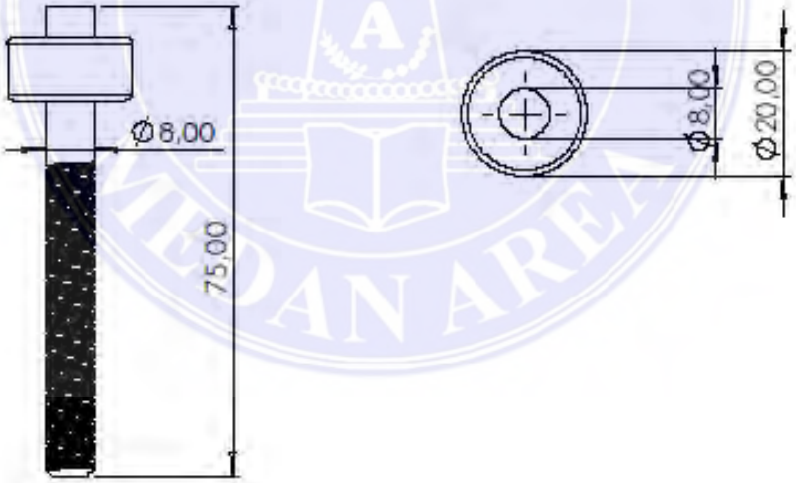
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

ISOMETRIC VIEW

1 : 1





Skala : 1 : 1	Digambar : Ahmad Dani Satria Utama	Keterangan :	
Satuan : mm	Npm : 20813007 4		
Tanggal : 11/05/2025	Diperiksa : Dr. Iswandi ST., MT.		
FT-TEKNIK UMA	AS ULIR	NO 9	A4

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 26/8/25
Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 26/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25