

**PEMBUATAN KOTAK PELINDUNG INTERFERENSI
ELEKTROMAGNETIK DENGAN PENGGUNAAN BAHAN
KOMPOSIT SERAT ALAMI BERBASIS POLIMER
KONDUKTIF**

(Skripsi)

Oleh

**WIDYAWATI
NPM 1715031063**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

**PEMBUATAN KOTAK PELINDUNG INTERFERENSI
ELEKTROMAGNETIK DENGAN PENGGUNAAN BAHAN
KOMPOSIT SERAT ALAMI BERBASIS POLIMER
KONDUKTIF**

Oleh

WIDYAWATI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

PEMBUATAN KOTAK PELINDUNG INTERFERENSI ELEKTROMAGNETIK DENGAN PENGGUNAAN BAHAN KOMPOSIT SERAT ALAMI BERBASIS POLIMER KONDUKTIF

Oleh

WIDYAWATI

Perangkat elektronik memerlukan kotak pelindung (*shielding enclosure*) yang berfungsi untuk melindungi peralatan elektronik dari gangguan interferensi elektromagnetik (EMI). Akhir-akhir ini sudah banyak material komposit yang digunakan sebagai material kotak pelindung menggantikan logam. Penelitian ini mengusulkan kotak perisai EMI yang terbuat dari komposit serat alami. Material yang digunakan adalah serat kelapa yang dilapisi polianilin (PANI) sebagai *reinforced* dan *epoxy resin* dengan *filler Multi Walled Carbon Nanotubes* (MWCNTs). Tujuan dari pelapisan serat kelapa dengan PANI dan penggunaan *filler* MWCNTs untuk meningkatkan konduktivitas komposit serat alami tersebut. Komposit serat alami dibuat dalam 4 (empat) variasi persentase berat serat kelapa terhadap berat epoksi resin yaitu 5%, 8 %, 10% dan 15%. Konduktivitas volume dari 4 (empat) jenis komposit tersebut diperoleh dari pengukuran resistivitas volume sampel uji yang berbentuk lingkaran dengan diameter 10 cm. Berdasarkan hasil pengukuran konduktivitas tersebut hanya 3 (tiga) jenis komposit yang selanjutnya dibuat menjadi material kotak pelindung yaitu komposit dengan variasi berat 5%, 10% dan 15%. Pengukuran *shielding effectiveness* (SE) pada kotak perisai diukur pada rentang frekuensi dari 1 MHz sampai 20 MHz menggunakan dua buah antenna monopole. Antena monopole pertama sebagai antenna pengirim yang dihubungkan dengan generator fungsi sedangkan antenna kedua digunakan sebagai antenna penerima yang dihubungkan ke osiloskop. Hasil pengukuran

konduktivitas pada sampel uji dari komposit dengan berat serat kelapa 15% mempunyai konduktivitas lebih tinggi daripada komposit jenis yang lain yaitu 4.58×10^{-2} S/m. Nilai *shielding effectiveness* (SE) menunjukkan bahwa kotak perisai yang dibuat dari komposit dengan persentase berat serat kelapa 15% memiliki nilai SE yang terbaik yaitu -7,69 dB. Hal ini berarti kotak perisai yang terbuat dari komposit serat alami belum layak digunakan sebagai pelindung EMI.

Kata kunci: Polianilin (PANI), Kotak Pelindung, Konduktivitas, Interferensi Elektromagnetik (EMI), *Shielding Effectiveness* (SE).

ABSTRACT

MANUFACTURING OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE SHIELDING ENCLOSURE USING NATURAL FIBER COMPOSITE MATERIAL BASED ON CONDUCTIVE POLYMER

BY:

WIDYAWATI

Electronic devices are equipped with shielding enclosures to protect electronic equipment from electromagnetic interference (EMI) disturbance. Recently, composite material has been used as material for shielding enclosure replacing metal. This research proposes an EMI shielding enclosure made of natural fiber composites. The coconut fibers were used as natural fiber which is coated with polyaniline (PANI) as reinforced and epoxy resin was filled with Multi Walled Carbon Nanotubes (MWCNTs) as matrix. The purpose of coating coconut fiber with PANI and application of MWCNTs as filler of epoxy resin was to increase the conductivity of natural fiber composite. The natural fiber composite was made with 4 (four) variations of coconut fiber weight percentage to weight of the epoxy resin, i.e., 5%, 8 %, 10% and 15%. Volume conductivity of those composites was obtained using volume resistivity measurement from cylindrical testing samples with a diameter of 10 cm. Based on their conductivity only 3 (three) composites were used as shielding enclosure material, i.e., those with coconut fiber percentage of 5%, 10%, and 15%. The shielding effectiveness (SE) measurement of the shielding enclosure was measured from 1 MHz to 20 MHz. Two monopole antennas were used as transmitter and receiver antenna. Function generator was connected to the transmitter antenna and the oscilloscope was connected to the receiver antenna. The volume resistivity test shows that composites with coconut fiber weight percentage of 15% has the highest conductivity, i.e., 4.58×10^{-2} S/m. The shielding effectiveness tests show that an enclosure made from composites with weight percentage of

coconut fiber 15% also has the highest shielding effectiveness (SE), i.e., -7.69 dB. It means the shielding enclosure made from coconut fiber was not properly good enough to shield EMI.

Keywords: Polyaniline (PANI), Shielding Enclosure, Conductivity, Electromagnetic Interference (EMI), Shielding Effectiveness (SE).

Judul Skripsi

: **PEMBUATAN KOTAK PELINDUNG
INTERFERENSI ELEKTROMAGNETIK
DENGAN PENGGUNAAN BAHAN
KOMPOSIT SERAT ALAMI BERBASIS
POLIMER KONDUKTIF**

Nama Mahasiswa

: **Widyawati**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1715031063

Jurusan

: Teknik Elektro

Fakultas

: Teknik



Riah P.

Sonny Widiarto

Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T.
NIP 19700528 199803 2 003

Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc.
NIP 19711030 199703 1 003

2. Mengetahui

Ketua Jurusan
Teknik Elektro

Ketua Program Studi
Teknik Elektro

Herlinawati


Purwasih


Herlinawati, S.T., M.T.
NIP 19710314 199903 2 001

Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.
NIP 19740422 200012 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T. 

Sekretaris : Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc. 

Penguji : Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T. 

2. Dekan Fakultas Teknik



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 15 Maret 2022

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak ada terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 April 2022

A 10000 Indonesian postage stamp with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', '10000', and 'METERAI TEMPORER'. The serial number 'BA5CAJX796262566' is visible on the left side of the stamp.
Widyawati
NPM. 1715031063

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sukaraja, Kecamatan Gedongtataan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung pada tanggal 15 Maret 1999. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Suryadi dan Ibu Aliyah

Mengenai riwayat pendidikan, penulis lulus Sekolah Dasar di SDN 4 Bagelen pada tahun 2011, lulus Sekolah Menengah Pertama di Mts. Nurul Iman pada tahun 2014, lulus Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Gedongtataan pada tahun 2017, dan diterima di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2017.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Fakultas Teknik sebagai anggota Departemen Pengembangan Keteknikan pada Divisi Penelitain dan Pengembangan pada tahun 2018 serta Bendahara Umum 2019, Anggota PSDM KSE UNILA 2019, Bendahara Umum Badan Eksekutif Muda Fakultas Teknik Universitas Lampung 2020 dan Asisten Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi 2020.

Dengan motivasi tinggi untuk terus belajar, ketekunan seraf kerja keras dan usaha penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir skripsi ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir skripsi ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan dan riset.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya skripsi yang berjudul **“Pembuatan Kotak Pelindung Interferensi Elektromagnetik Dengan Penggunaan Bahan Komposit Serat Alami Berbasis Polimer Konduktif”**.



Bismillaahirrahmaanirrahiim

*Kuucapkan puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya
serta shalawatku kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi pedoman
hidupku*

*Kupersembahkan karyaku ini kepada kedua orang tuaku
Bapak Suryadi dan Ibu Aliyah sebagai wujud bakti, cinta, kasih sayang dan
terimakasihku atas segala yang telah diberikan, untuk kakakku atas dukungan,
doa dan kasih sayang yang telah diberikan.*

*Lembaga yang telah mendidik, mendewasakan, dan mencerdaskanku
dalam berpikir dan bertindak*

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Dan untuk

INDONESIA





Motto

"Kebaikan tidak sama dengan kejahatan. Tolaklah kejahatan itu dengan cara yang lebih baik sehingga yang memusuhimu akan seperti teman yang setia."

(Q.S Fusshilat: 34)

"Satu-satunya sumber dari pengetahuan adalah pengalaman"
(Albert Einstein)

"Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan sekecil apapun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya."

(Q.S Al-Zalzalah: 7)



SANWACANA

Bismillaahirrohmaanirroohiim

Segala puji bagi Allah SWT berkat rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan kekuatan dan kemampuan berpikir kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini sehingga laporan ini dapat selesai tepat pada waktunya. Sholawat dan salam tak lupa penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW karena kita dapat merasakan nikmatnya ibadah, nikmatnya bersyukur, dan insyaallah nikmatnya surga.

Pada hal ini penulis telah menulis skripsi berjudul “Pembuatan Kotak Pelindung Interferensi Elektromagnetik Dengan Penggunaan Bahan Komposit Serat Alami Berbasis Polimer Konduktif” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menjalani pengerjaan Skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung serta Dosen Pembimbing Akademi.
2. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Dr.Eng.Nining Purwasih.S.T.,M.T. selaku ketua program studi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung serta Dosen Penguji atas bimbingan, saran serta masukan ilmu yang telah diberikan kepada penulis.

4. Ibu Diah Permata,S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing Utama atas bimbingan, saran yang membangun serta masukan yang telah diberikan kepada Penulis.
5. Bapak Sonny Widiarto,S.Si,M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Pendamping atas saran yang membangun dan arahan yang telah diberikan kepada penulis.
6. Bapak Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah mendidik, membimbing dan memberikan ilmu pengetahuanya.
7. Staff Administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
8. Ayah, Mamah, dan Kakak-kakak kandung ku (Setia Budi) yang selalu memberikan doa dan dukungan sehingga skripsi dan penyusunan laporan ini dapat terselesaikan dengan baik.
9. Seluruh Keluarga Besar Penulis yang selalu menjadi motivasi penulis untuk terus berjuang.
10. Gunawan Agung Aditya yang telah memberikan do'a, semangat dan motivasi dalam membantu penulisan pengerjaan skripsi.
11. Seluruh teman-teman angkatan 2017 atas kebersamaan yang diberikan kepada penulis, mulai penulis masuk kuliah hingga penulis menyelesaikan skripsi ini sebagai tugas akhir dalam memperoleh gelar sarjana.
12. Pak Sugiarto.S.T dan Asisten Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi angkatan 2017 yang telah membantu dalam pengerjaan skripsi.
13. Keluarga besar HIMATRO periode 2018 dan 2019.
14. Semua pihak yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah sampai dengan terselesaikannya skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Bandar Lampung, 12 April 2022

Penulis,

Widyawati

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
1.4 Perumusan Masalah	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Hipotesis.....	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Electromagnetic Interference (EMI)</i>	6
2.2 Mekanisme <i>Electromagnetic Shielding</i>	7
2.3 Material Komposit	9
2.3.1 <i>Reinforced</i> (Penguat).....	9
2.3.2 Matriks (Pengikat).....	11
2.4 Pengukuran Resistansi Material dengan Metode Pengukuran Langsung	14
2.5 Pengujian <i>Shielding Effectivitas (SE)</i>	15
III METODE PENELITIAN	43
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	43
3.2 Jadwal Kegiatan Penelitian	43
3.3 Diagram Alir Penelitian (Flowchart)	43
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	44
3.5 Prosedur Penelitian.....	45
3.5.1 Perlakuan Terhadap Serat Sabut Kelapa	46

3.5.2 Preparasi Serat Kelapa Dilapisi Polianilin	48
3.5.3 Pembuatan resin <i>epoxy</i> dengan penambahan <i>filler</i> MWCNTs.....	49
3.5.4 Pembuatan Kotak Pelindung	51
3.5.5 <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	51
3.5.6 Pengukuran Resistansi.....	53
3.5.7 Pengukuran <i>Shielding Effectiveness (SE)</i>	55
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Hasil <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	32
4.2 Hasil Pengujian Resistivitas	33
4.3 Hasil Pengujian <i>Shielding Effectiveness</i> pada Kotak Perisai EMI.	37
V. KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	17
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Aspek Dasar interferensi elektromagnetik (EMI).[5]	6
Gambar 2.2 Konsep Shielding Effectiveness (SE).[6].....	8
Gambar 2.3 Skema Fasa-Fasa Material Komposit.[7].....	9
Gambar 2.4 Serat Kelapa.	10
Gambar 2.5 (a) Polyaniline,	11
Gambar 2.6 Resin Lycal 1011.....	12
Gambar 2.7 Multi-Walled Carbon Nanotube (MWCNT).[17]	12
Gambar 2.8 Pengukuran resistansi volume.....	14
Gambar 2.9 Diagram skematik pengujian shielding effectiveness (SE).....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	44
Gambar 3.2 Diagram Blok Penelitian	46
Gambar 3.3 Serat Kelapa	46
Gambar 3.4 Rendaman Serat Kelapa dengan 2% NaOH.....	47
Gambar 3.5 Pencucian Serat Kelapa.....	47
Gambar 3.6 Hasil Serat Kelapa.....	47
Gambar 3.7 Penimbangan Serat Kelapa.....	48
Gambar 3.8 Pencampuran Serat, HCl, Aniline dan APS	48
Gambar 3.9 Hasil Polimerisasi Serat Kelapa	49
Gambar 3.10 Pelapisan Kaca dengan PVA.....	49
Gambar 3.11 Penaburan Serat Pada Cetakan.....	50
Gambar 3.12 Ukuran Resin, Hardener dan MWCNTs	50
Gambar 3.13 Pengepresan Komposit.....	50
Gambar 3.14 Pemotongan Komposit.	51
Gambar 3.15 Penyatuan Komposit dengan Lem Cyanoacrylate Adhesive.	51
Gambar 3.16 Hasil Kotak Perisai.....	51
Gambar 3.17 Agilent Cary 630 FTIR Spectrometer	52
Gambar 3.18 Skematik Pengujian Fourier Transform Infrared (FTIR).....	52
Gambar 3.19 Skema Rangkaian Pengujian Resistivitas Volume	53
Gambar 3.20 Rangkaian Pengujian Resistivitas Volume	54

Gambar 3.21 Diagram Skematik Pengujian SE.	55
Gambar 3.22 Rangkaian Uji SE Saat Kotak Perisai Tidak Terpasang	56
Gambar 3.23 Rangkaian Uji SE Saat Kotak Perisai Terpasang.....	56
Gambar 4.1 Hasil FTIR CF 2 % NaOH Dengan Dan Tanpa Polimerisasi Polyaniline (PANI).	32
Gambar 4.2 Spesimen Uji Resistivitas Dengan Komposit Serat Kelapa Yang Bervariasi.	34
Gambar 4.3 Perbandingan Nilai Konduktivitas Serat Kelapa dengan Persentase Berat 5%, 8%, 10% dan 15%.....	37
Gambar 4.4 Hasil Pembuatan Kotak Perisai EMI.....	38
Gambar 4.5 Bentuk Gelombang Tegangan Pada Frekuensi 2 MHz Tanpa Kotak Perisai.....	38
Gambar 4.6 Bentuk Gelombang Tegangan Pada Frekuensi 2 MHz dengan Kotak Perisai.....	39
Gambar 4.7 Gabungan Gelombang Sinusoidal Pada Frekuensi 2 MHz dengan dan Tanpa Kotak Perisai.	39

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	43
Tabel 3.2 Hasil Pengujian Resistivitas dengan Persentase Berat 5%, 8%, 10% dan 15%	54
Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Resistivitas dengan Persentase Berat 5%, 8%, 10% dan 15%	55
Tabel 3.4 Hasil Pengujian <i>Shielding Effectiveness</i> (SE)	57
Tabel 3.5 Hasil Perhitungan <i>Shielding Effectiveness</i> (SE)	57
Tabel 4.1 Identifikasi Gugus Fungsi Hasil FTIR PANI	33
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Spesimen	35
Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Spesimen	36
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Tegangan	40
Tabel 4.5 Data Hasil Perhitungan Nilai <i>Shielding Effectiveness</i>	41

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perangkat elektronik yang banyak digunakan saat ini seperti telepon seluler, televisi dan *microwave* merupakan perangkat yang umumnya memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Oleh karena itu barang-barang ini merupakan salah satu sumber terjadinya interferensi elektromagnetik. Pengaruh terjadinya interferensi elektromagnetik adalah kerusakan pada sistem perangkat elektronik, dan efek buruk pada kesehatan masyarakat. Oleh karena itu peralatan harus dirancang agar dapat bekerja pada lingkungan dimana disekitarnya terdapat radiasi gelombang elektromagnetik. Kemampuan dari sistem untuk melakukan fungsi individu tanpa mengganggu sistem lain dikenal sebagai *Electromagnetic Compatibility* (EMC).[1]

Solusi yang dapat mengatasi masalah interferensi elektromagnetik (EMI) yaitu dengan cara menghalangi radiasi medan dengan pelindung atau perisai. Bahan pelindung seperti kotak yang berfungsi sebagai pembatas radiasi pada rentang frekuensi tertentu. Umumnya kotak pelindung terbuat dari bahan logam yang bersifat konduktif seperti aluminium, tetapi bahan logam mempunyai kekurangan yaitu mempunyai sifat korosi dan bobotnya cukup berat. Pada satu dekade belakangan ini bahan komposit sudah banyak digunakan untuk menggantikan bahan logam. Bahan komposit mempunyai keunggulan dibandingkan bahan logam baik dari segi harga yang lebih murah, ketahanan terhadap korosi dengan berat yang ringan. Bahan komposit biasanya terbuat dari karbon sintesis seperti serat kaca, bahan-bahan ini merupakan bahan yang tidak ramah lingkungan sehingga saat ini dikembangkan dengan menggunakan bahan komposit yang terbuat dari serat alami.[2][3]

Untuk digunakan sebagai kotak pelindung, serat alami harus mempunyai konduktivitas yang baik. Salah satu metode untuk meningkatkan konduktivitas dari serat alami adalah pelapisan serat dengan polimer konduktif, jenis polimer konduktif yang sering digunakan yaitu polianilin.[4]

Penelitian ini membuat kotak pelindung terhadap interferensi elektromagnetik dari bahan komposit serat alami. Serat alami yang akan digunakan adalah serat kelapa yang banyak tersedia di daerah Lampung. Untuk mendapatkan komposit dengan konduktivitas maka digunakan matriks polimer yang bersifat konduktif seperti *polyaniline* (PANI). Sebagai matriks menggunakan *epoxy* resin yang diperkuat dengan *filler Multi Walled Carbon Nanotubes* (MWCNTs). Penambahan serbuk MWCNTs diharapkan makin meningkatkan konduktivitas dari matriks polimer.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat bahan komposit menggunakan serat kelapa berbasis polianilin sebagai *reinforced* dan *epoxy* resin dengan *filler Multi Walled Carbon Nanotubes* (MWCNTs) sebagai matriks dengan variasi komposisi berat serat kelapa 5%, 8%, 10% dan 15%.
2. Menganalisis gugus fungsi serat kelapa yang telah dipolimerisasi dengan *polyaniline* menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).
3. Membuat kotak pelindung terhadap interferensi elektromagnetik.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Menghasilkan bahan komposit dari serat kelapa dengan *polyaniline* dan *epoxy* resin dengan *filler Multi Walled Carbon Nanotubes* (MWCNTs) sebagai matriks.
2. Mendapatkan kotak pelindung berbahan serat alami.
3. Mengetahui gugus fungsi serat kelapa yang dilapisi *polyaniline* dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

4. Menghitung nilai resistivitas dan konduktivitas komposit serat alami dari sampel uji.
5. Menghitung nilai *shielding effectiveness* (SE) dari kotak pelindung.
6. Mendapatkan nilai resistivitas dan konduktivitas untuk mendapatkan nilai *shielding effectiveness* (SE) komposit serat kelapa.

1.4 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana melakukan pelapisan serat kelapa dengan *polyaniline*.
2. Bagaimana cara pembuatan komposit menggunakan serat kelapa berbasis *polyaniline* sebagai *reinforced* dan *epoxy* resin dengan *filler Multi Walled Carbon Nanotubes* (MWCNTs) sebagai matriks.
3. Bagaimana membuat kotak pelindung sebagai pelindung interferensi elektromagnetik.
4. Bagaimana mengetahui gugus fungsi serat kelapa yang dilapisi *polyaniline* dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).
5. Bagaimana mengukur sampel pada pengujian resistivitas.
6. Bagaimana mengukur nilai *shielding effectiveness* (SE) dari kotak pelindung.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bahan serat alami yang digunakan adalah serat kelapa yang direndam dengan 2% NaOH.
2. Bahan polimer konduktif yang digunakan adalah *polyaniline* (PANI).
3. Berat resin yang digunakan yaitu 20 gram (15 gram resin : 5 gram hardener).
4. Komposisi MWCNTs sebagai *filler* 0,5% dari berat resin
5. Komposisi serat terhadap berat resin sebagai matriks adalah 5%,8%, 10% dan 15%.
6. Ukuran kotak pelindung sebesar 12 x 8 x 5 cm (*p x l x t*).

7. Pengukuran *shielding effectiveness* (SE) menggunakan antena monopole dengan frekuensi 1 MHz sampai 20 MHz.
8. Pada pengukuran *shielding effectiveness* (SE) tidak mempertimbangkan *noise*, alat uji dan lingkungan.

1.6 Hipotesis

Penggunaan komposit serat alami dengan polimer berkonduktivitas *polyaniline* (PANI) sebagai *reinforced* dan *epoxy* resin ditambahkan *filler Multi Walled Carbon Nanotubes* (MWCNTs) sebagai matriks mempunyai konduktivitas yang cukup baik untuk digunakan sebagai material kotak pelindung dan kotak pelindung menggunakan komposit tersebut memiliki nilai *shielding effectiveness* (SE) yang baik.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang, tujuan, manfaat, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori mengenai *Electromagnetic Interference* (EMI), metode *Shielding Effectiveness* (SE) serta komposit serat alami dengan polimer konduktor seperti *polyaniline* (PANI) dan penambahan serbuk MWCNTs.

BAB III. METODE PENELITIAN

Bab ini berisi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, garis besar metode yang diusulkan, serta diagram alir metode yang diusulkan.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang menjelaskan hasil penelitian, pembahasan dan perhitungan kinerja yang dilakukan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dan saran-saran pada penelitian ini.

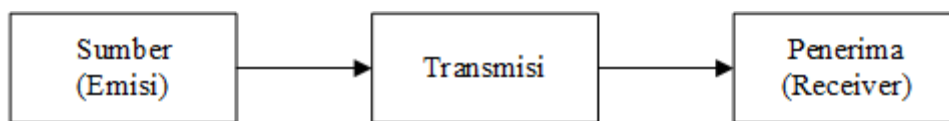
DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Electromagnetic Interference* (EMI)

Penggunaan yang semakin besar pada perangkat elektronik, untuk komunikasi dengan fungsi-fungsi penting dalam aplikasi militer dan konsumsi secara publik. Gangguan dari perangkat menjadi masalah yang semakin meningkat. Peralatan elektronik adalah sumber dari interferensi elektromagnetik (EMI), juga sekaligus sebagai korban dari EMI yang berada di sekelilingnya. Peralatan digital elektronik yang menggunakan sistem “*clock pulse*” merupakan sumber timbulnya EMI yaitu berupa harmonisa pada gelombang tegangan listrik. Penyebab EMI yang lain adalah pancaran gelombang elektromagnetik dari telepon selular, piranti yang menggunakan teknologi *Bluetooth*, dan pemancar sinyal seperti antenna TV atau radio. Beberapa contoh efek EMI adalah kegagalan perangkat medis seperti ventilator atau monitor EKG akibat harmonisa tegangan listrik atau kegagalan transmisi sinyal pada peralatan avionik di pesawat udara akibat sinyal telepon selular. Gambar 2.1 menunjukkan aspek dasar dari interferensi elektromagnetik (EMI).[5]



Gambar 2.1 Aspek Dasar interferensi elektromagnetik (EMI).[5]

Pada dasarnya sumber EMI terbagi menjadi 2 , yaitu :

1. Sumber buatan manusia, seperti : radio, peralatan komputer, radiasi nuklir, proses *switching* dan lain – lain.
2. Sumber alami, seperti : petir dan radio kosmos.

Upaya agar peralatan elektronik dapat berfungsi secara sempurna tanpa terganggu dengan efek gelombang elektromagnetik di sekelilingnya dan disampingnya tidak

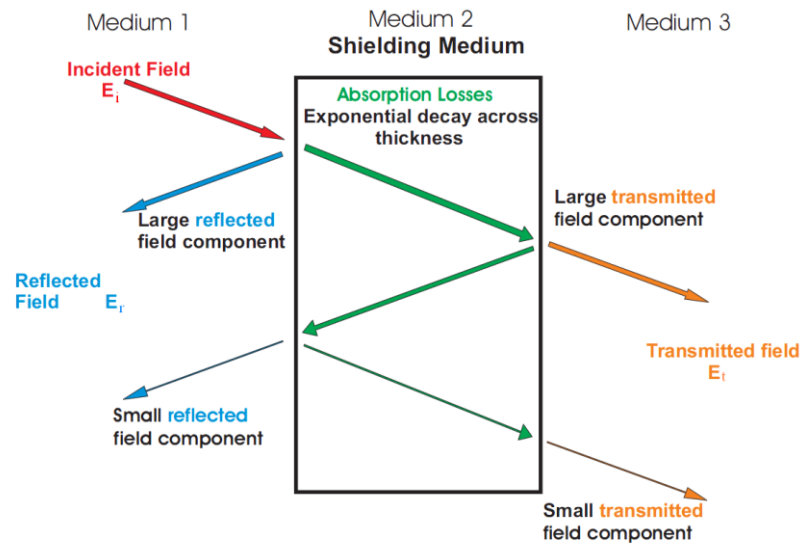
juga menghasilkan interferensi elektromagnetik melebihi jumlah yang ditetapkan disebut dengan *Electromagnetic Compatibility* (EMC). Salah satu cara untuk membuat suatu peralatan elektronik dapat memenuhi persyaratan *electromagnetic compatibility* (EMC) adalah dengan membuat kotak pelindung pada peralatan tersebut. [6]

2.2 Mekanisme *Electromagnetic Shielding*

Teori gelombang bidang elektromagnetik diterapkan untuk pelindung EMI di wilayah medan jauh di mana jarak perisai dari radiasi sumber lebih besar dari $\lambda/2\pi$, menjadi panjang gelombang ruang bebas dari medan elektromagnetik. Penggunaan *electromagnetic shielding* ditentukan dengan mengukur *shielding effectiveness* (SE). SE dinyatakan dalam desibel (dB) sebagai fungsi dari logaritma rasio kejadian dan listrik yang ditransmisikan (E) atau magnetik (H). Menurut pendekatan Schelkunoff ketika bidang elektromagnetik gelombang adalah kejadian pada bahan pelindung yang merupakan bagian dari energi gelombang tercermin pada antarmuka dengan perisai, sebagai hasil dari perbedaannya dalam impedansi antara gelombang datang dan pelindung Ini.[6]

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}} \quad (2.1)$$

δ adalah kedalaman material dimana medan elektromagnetik turun secara eksponensial ke 1/e dari nilai insiden dan frekuensi [6]. Mekanisme *shielding effectiveness* (SE) yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Konsep *Shielding Effectiveness* (SE).[6]

Sehingga rumus untuk mencari nilai *shielding effectiveness* (SE) dapat dilihat pada persamaan (2.2).

$$SE = 20 \log_{10} \left(\frac{E_i}{E_t} \right) = SE = 20 \log_{10} \left(\frac{H_i}{H_t} \right) = SE = 10 \log_{10} \left(\frac{P_i}{P_t} \right) \quad (2.2)$$

Dimana

E_i = medan listrik sebelum pelindung dipasang.

E_t = medan listrik setelah pelindung dipasang.

H_i = medan magnet sebelum pelindung dipasang.

H_t = medan magnet setelah pelindung dipasang.

P_i adalah daya *incident*

P_t adalah daya yang ditransmisikan.

Jika alat ukur penerima dalam satuan tegangan, persamaan berikut digunakan:

Dimana,

V_1 adalah tegangan pada saat pelindung dipasang.

V_2 adalah tegangan pada saat pelindung tidak dipasang.

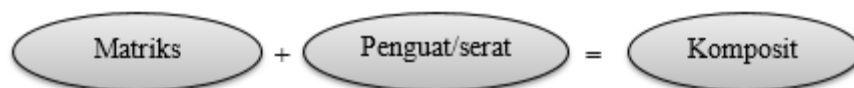
$$SE = 20 \log \frac{V_1}{V_2} \quad (2.3)$$

Nilai SE yang lebih tinggi menunjukkan bahwa sejumlah kecil energi melewati pelindung dan sebagian besar energi diserap atau dipantulkan oleh bahan pelindung. Setiap bahan pelindung melemahkan radiasi elektromagnetik melalui tiga mekanisme: refleksi gelombang dari permukaan depan pelindung, penyerapan gelombang saat melewati pelindung, dan beberapa refleksi gelombang pada berbagai antarmuka.[6]

2.3 Material Komposit

Komposit adalah sebuah kombinasi material yang berfasa padat yang terdiri dari dua atau lebih material yang mempunyai kualitas lebih baik dari material pembentuknya. Pendapat lain mengatakan bahan komposit adalah suatu material yang terdiri dari campuran atau kombinasi dua atau lebih material baik secara mikro maupun makro, yang dimana sifat material tersebut berbeda bentuk dan komposit kimia dari zat asalnya. [7]

Pada bahan penyusun komposit umumnya terdiri dari dua penyusun atau lebih ,yaitu : *Reinforced* (penguat) dan Matriks (pengikat) [7]. Adapun skema komposisi material komposit ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Skema Fasa-Fasa Material Komposit.[7]

2.3.1 Reinforced (Penguat)

Material ini berfungsi sebagai penguat (*reinforced*), yang berupa serat. Pada penguat (*reinforced*) terdiri dari dua jenis serat yaitu serat alami dan sintetis. Saat ini penggunaan serat alami sebagai *reinforced* pada bahan komposit sudah banyak digunakan di industri menggantikan serat sintesis karena harganya yang murah dan

ramah lingkungan. Banyak studi mengenai potensi serat alami sebagai penguat (*reinforced*) bahan komposit yaitu. [8],[9][10],11,12]

Maria Virginia Gelfuso *et al* [13] memaparkan proses pembuatan komposit matriks polipropilena yang diperkuat dengan serabut kelapa dengan perlakuan kimia (sampel alkalisasi-CCUV) dan perlakuan mekanik (sampel gelombang kejut-CMUV ultrasonik). Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit diperkuat dengan serabut kelapa yang diolah secara mekanis cocok untuk aplikasi kelistrikan.

Serat sintetis yang telah banyak digunakan yaitu serat gelas, serat karbon, dan lain-lain. Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam seperti dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat alam yang banyak digunakan yaitu pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas, rami, kenaf dan serat cantula. Serat alam memiliki kelemahan yaitu ukuran serat yang tidak seragam, kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia. Sehingga untuk meningkatkan konduktivitas komposit dari serat alami diperlukan matriks polimer yang bersifat konduktif [4]. Gambar 2.4 menunjukkan contoh serat alami dari serat kelapa.

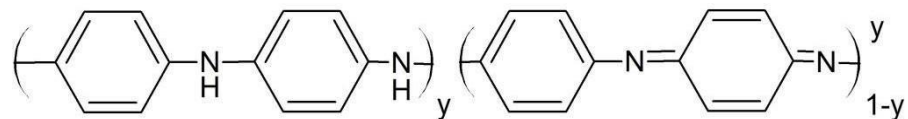


Gambar 2.4 Serat Kelapa.

Polimer yang mempunyai sifat konduktif disebut *Intrically Conductive Polymer* (ICP) seperti *polyaniline*. Tetapi bahan *polyaniline* umumnya hanya dipakai sebagai *filler* atau *coating*. Secara umumnya *polyaniline* dibuat melalui oksidasi monomer anilin baik melalui oksidasi kimia maupun oksidasi elektrokimia. *Polyaniline* digunakan di berbagai bidang seperti baterai, kapasitor, sel surya, perlindungan EMI, pengemasan, sensor, lapisan anti statis, dan elektroda [14]. Gambar 2.5 menunjukkan *polyaniline*.



(a)



(b)

Gambar 2.5 (a) *Polyaniline*,(b) Struktur Umum *Polyaniline*

Beberapa studi mengenai penggunaan polimer konduktif menggunakan *polyaniline* antara lain [15],[16]. Claudia Merlini *et al* [4] memaparkan pembuatan komposit serat sabut kelapa *coconut fiber* (CF) dan *polyaniline* (PANI) dengan melalui polimerisasi oksidatif *in situ* anilin (ANI) dan menggunakan besi (III) klorida heksahidrat ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) atau amonium persulfat (APS) sebagai oksidan dan diperkuat dengan poliuretan (PU). Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit PU / CF-PANI menunjukkan konduktivitas listrik yang lebih tinggi daripada campuran PU dan PU/ PANI murni.

2.3.2 Matriks (Pengikat)

Matrik berfungsi sebagai pengikat, serta sebagai pelindung serat dari kerusakan eksternal. Matrik terbagi menjadi tiga yaitu matriks logam, keramik dan polimer. Dibandingkan komposit matriks logam dan keramik, komposit matriks polimer lebih mudah dibuat dikarenakan rendahnya suhu operasi saat pembuatannya. Adapun jenis matriks polimer yang sering digunakan yaitu termoset dan termoplastik. [2]

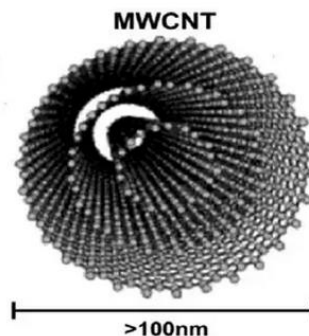
Bahan polimer yang banyak digunakan sebagai matriks komposit adalah *epoxy* resin yang memiliki keunggulan yaitu ketahanan terhadap korosi dan mekanik yang

tinggi tetapi bersifat sebagai isolator. Sehingga untuk meningkatkan konduktivitasnya dapat menggunakan *filler* dari bahan konduktif seperti MWCNT [2]. Gambar 2.6 menunjukkan jenis *epoxy resin*.



Gambar 2.6 Resin *Lycal 1011*.

Filler dari bahan *Multi Walled Carbon Nanotube* (MWCNT) merupakan SWCNT yang tersusun secara aksial konsentris dengan jarak antara SWCNT yang satu dengan yang lainnya sebesar 0,34 nm. Jumlah lapisan yang terdapat pada MWCNT juga bervariasi antara dua sampai puluhan lapisan, sehingga memungkinkan diameter eksternalnya mencapai 100 nm. Aplikasi *carbon nanotube* jenis MWCNT biasanya digunakan sebagai penguat walaupun kegunaannya tidak sebaik SWCNT [17]. Gambar 2.7 menunjukkan struktur MWCNT.



Gambar 2.7 *Multi-Walled Carbon Nanotube* (MWCNT).[17]

Beberapa penelitian yang mengulas peningkatan konduktivitas pada *epoxy resin* menggunakan *filler Carbon Nanotubes* antara lain [18],[19],[20]. Z J Zhao *et al* [21] memaparkan modifikasi struktur komposit yang diperkuat serat karbon konduktif struktur (CFRPs) seperti *multi wall carbon nanotube* (MWCNT) untuk

komposit struktural *electromagnetic shielding* (EMS). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa MWCNT-CFRP menjadi pengubah prospek solusi peralatan EMS yang ringan dan berkekuatan tinggi.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian menggunakan serat alami sebagai pelindung interferensi elektromagnetik antara lain :

Zhiguang Ding *et al* [22] memaparkan proses pembuatan komposit dengan serat alami berupa *Kenaf Fiberboard* yang dioksidasi dengan besi oksida dan direkatkan menggunakan polimer *polyester* sebagai matriks. Komposit yang dihasilkan menunjukkan peningkatan persentase nilai *shielding effectiveness* (SE) dengan meningkatnya kadar besi oksida dalam bahan komposit tersebut.

Yang Zhang *et al* [23] mengulas kemampuan komposit dari serat bagasse dan polimer *polyaniline* sebagai bahan pelindung terhadap interferensi elektromagnetik. Pada percobaan ini pembuatan komposit dilakukan menggunakan metode "*in situ polymerization*". Hasil penelitian menunjukkan bahwa *shielding effectiveness* (SE) mencapai 35,73 dB.

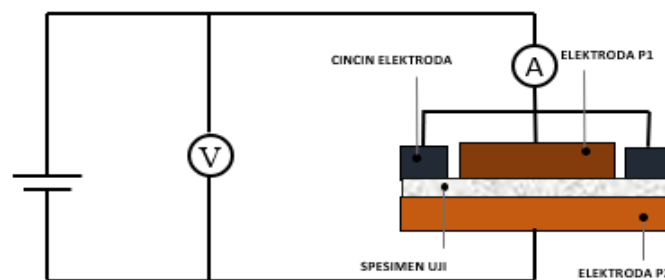
Changlei Xia *et al* [24] membuat bahan komposit serat alami sebagai pelindung interferensi elektromagnetik. Serat yang digunakan adalah serat *Kenaf* dan *polyester* sebagai matriks yang dicampur dengan serbuk karbon aktif. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya peningkatan nilai *shielding effectiveness* (SE) bertambah dari 41,4% menjadi 93% jika kadar karbon aktif meningkat dari 0% menjadi 28,9%.

Changlei Xia *et al* [25] membuat komposit menggunakan anyaman serat Hemp yang dilapisi dengan lembaran aluminium dan direkatkan menggunakan polimer *epoxy* resin sebagai matriks. Tidak seperti penelitian [22],[24] yang menggunakan serbuk logam sebagai pencampur untuk meningkatkan konduktivitas, penelitian ini menggunakan lembaran logam sehingga peningkatan konduktivitas sangat

baik. Nilai *shielding effectiveness* (SE) bertambah menjadi 46,8 dB dan 53,5 dB jika menggunakan satu dan dua lembar aluminium *foils*.

2.4 Pengukuran Resistansi Material dengan Metode Pengukuran Langsung

Pengukuran nilai konduktivitas material komposit pada penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengukuran resistansi volume suatu material menggunakan metode pengukuran langsung [26]. Pengukuran resistansi volume pada suatu material isolasi ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Pengukuran resistansi volume

Jika suatu material isolasi ditempatkan diantara dua elektroda yang berbeda tegangan, maka arus pada sumber tegangan nilainya sama dengan jumlah arus pada permukaan dengan arus volume. Oleh karena itu resistansi material bisa dituliskan sebagai berikut:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{V}{I_p + I_v} \quad (2.4)$$

Jika I_v dibuat sama dengan nol, resistansi yang terukur adalah resistansi permukaan

$$R_p = \frac{V}{I_p} \quad (2.5)$$

Jika I_p dibuat sama dengan nol, resistansi yang terukur adalah resistansi volume

$$R_v = \frac{V}{I_v} \quad (2.6)$$

Resistansi material isolasi bisa diukur dengan cincin konsentris yang terbuat dari dua elektroda piring dan satu elektroda cincin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8 dan 2.9. Radius efektif elektroda pengukuran cincin konsentris adalah

$$\tau = \frac{2s}{\pi} \ln \cosh \frac{\pi g}{4s} \quad (2.7)$$

$$r = r_1 + \frac{g}{2} - \tau \quad (2.8)$$

dengan

r_1 = radius elektroda P_1 (mm)

g = jarak sela elektroda P_1 dengan elektroda cincin (mm), dan

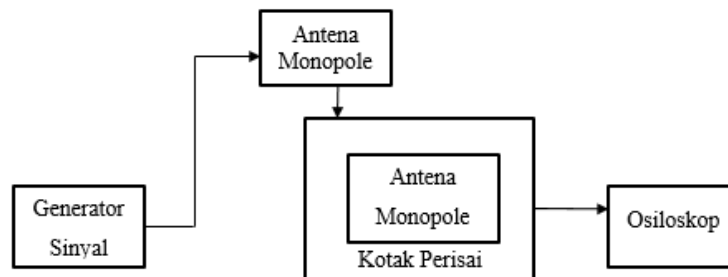
s = tebal material (mm)

Jika resistansi volume yang diketahui adalah R_v , maka resistivitas volume material isolasi adalah[11].:

$$\rho_v = \frac{R_v \pi r^2}{s} \quad (2.9)$$

2.5 Pengujian *Shielding Effectiveness* (SE)

Pengujian *Shielding Effectiveness* (SE) ini menggunakan dua buah antena monopole, antena monopole pertama berfungsi sebagai pengirim dan antena monopole kedua berfungsi sebagai penerima sinyal [26]. Diagram skematik dari pengujian ini seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Diagram skematik pengujian *shielding effectiveness* (SE).

Berdasarkan skematik pengujian *shielding effectiveness* (SE) bahwa generator sinyal berfungsi untuk membangkitkan sinyal pulsa pada frekuensi tertentu yang ditangkap oleh antena monopole pengirim. Kemudian antena monopole penerima diletakkan didalam kotak pelindung. Antena monopole sebagai penerima dihubungkan dengan osiloskop untuk menampilkan gelombang yang diterima. Oleh karena itu pengukuran parameter dilakukan sebelum dan sesudah

menggunakan kotak pelindung [26]. Perhitungan hasil pengukuran *shielding effectiveness* (SE) menggunakan persamaan 2.1

$$SE = 20 \log \frac{V_1}{V_2} \quad (2.10)$$

Dimana,

V_1 adalah tegangan pada saat pelindung dipasang.

V_2 adalah tegangan pada saat pelindung tidak dipasang.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun waktu dan tempat penelitian ini dilaksanakan pada:

Waktu : Juli 2021 – Februari 2022

Tempat : Laboratorium Teknik Elektro Universitas Lampung.
Laboratorium Komposit Teknik Mesin dan UPT
Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi

3.2 Jadwal Kegiatan Penelitian

Adapun jadwal kegiatan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

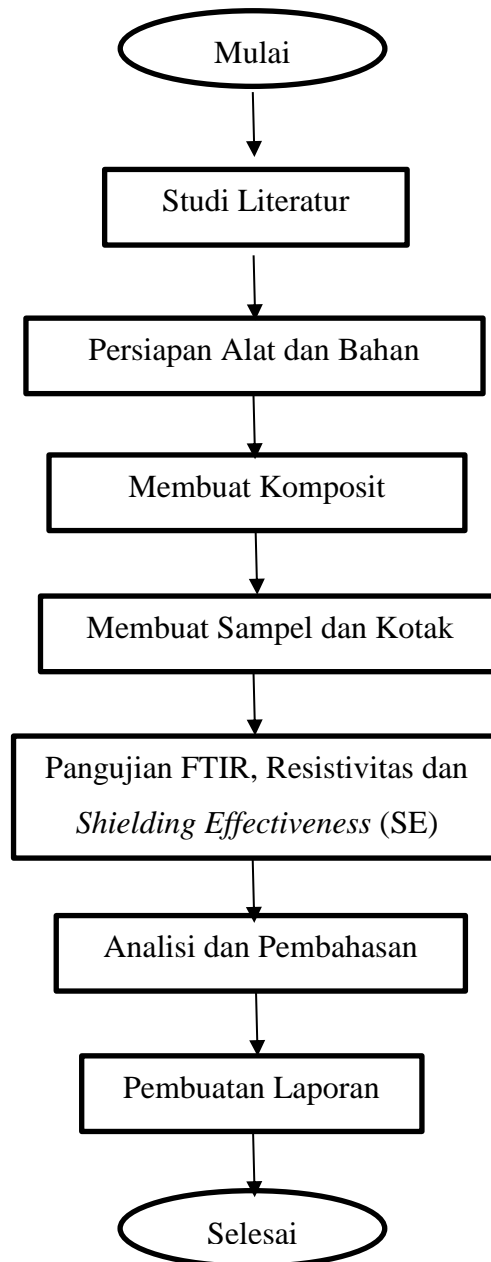
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Januari	Februari
1	Studi Literatus	■							
2	Perancangan Metode	■							
3	Seminar Usul	■							
4	Pembuatan Material		■	■					
5	Pengujian dan Pengambilan data				■	■			
6	Analisis dan Pembahasan						■	■	
7	Seminar Hasil								■

3.3 Diagram Alir Penelitian (Flowchart)

Diagram alir pada penelitian ini terdapat pada Gambar 3.1 yang menunjukkan langkah kerja penelitian. Dimulai dengan studi literatur, kemudian perancangan metode yang akan digunakan. Selanjutnya adalah mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Kemudian melakukan pembuatan kotak pelindung yang akan diuji. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran resistivitas, pengukuran

shielding effectiveness (SE) dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Sehingga diperoleh data yang akan dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

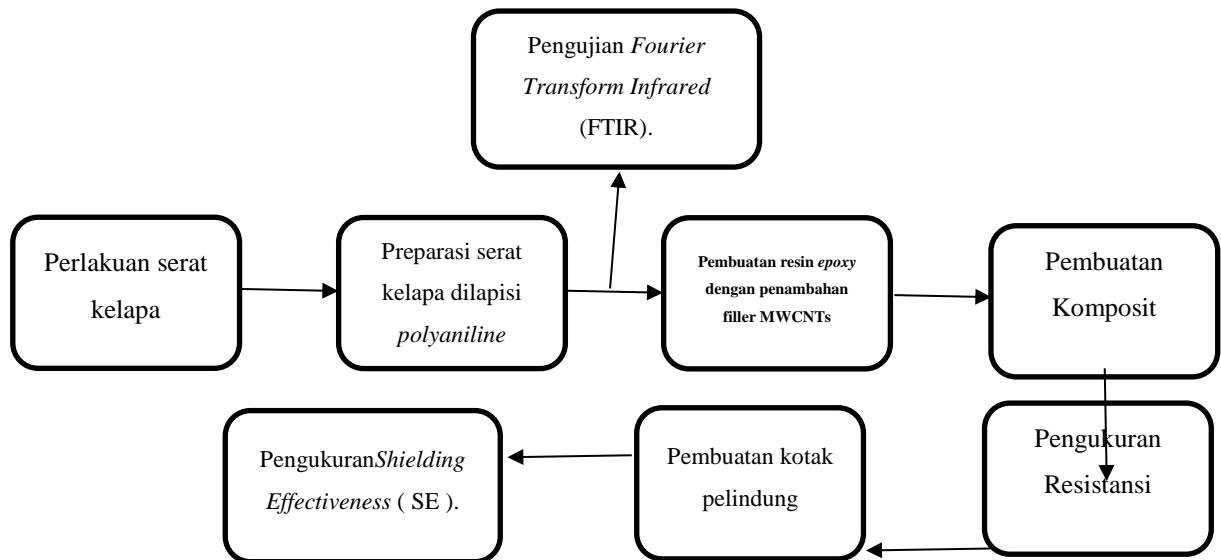
Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. 1 buah gelas ukur (100 mL).
2. 1 buah gelas beker (1 Liter) dan 2 buah gelas beker (500 mL).

3. 1 buah Labu (500 mL).
4. *Hot plate magnetic stirrer*.
5. Timbangan.
6. Sendok.
7. Gunting atau cutter
8. Penggaris
9. *Mixer*
10. Sarung tangan.
11. Solder
12. Timah
13. Cetakan ukuran 13 cm x 13 cm
14. NaOH 2%
15. Serat Kelapa 1 kg
16. Cairan *Polyvinyl alcohol* (PVA)
17. Asam klorida (HCl)
18. Aniline ($C_6H_5NH_2$)
19. Ammonium Persulfate (APS)
20. 5 Liter air aquades.
21. Resin *lycal* 1011
22. MWCNT >95%, in<7 nm, out 2-5 nm
23. Plastik
24. Generator Fungsi
25. Osiloskop
26. Dua Antena Monopole
27. Laptop dan Alat Tulis

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur percobaan pada pembuatan kotak pelindung dari komposit dibagi menjadi beberapa bagian sebagaimana ditampilkan pada diagram blok yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Blok Penelitian

3.5.1 Perlakuan Terhadap Serat Sabut Kelapa

Proses perlakuan serat kelapa dilakukan untuk mengurangi kandungan lignin guna meningkatkan daya lekat antara serat dengan matrik polimer. Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam perlakuan serat kelapa :

1. Menyediakan serat kelapa yang sudah dibersihkan dari batok kelapa yang ditampilkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Serat Kelapa

2. Merendam serat kelapa dengan NaOH 2 % selama 2 jam yang ditampilkan pada Gambar 3.4 .



Gambar 3.4 Rendaman Serat Kelapa dengan 2% NaOH

3. Serat Kelapa yang sudah direndam kemudian dicuci dengan aquades hingga bersih yang ditampilkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Pencucian Serat Kelapa

4. Kemudian serat kelapa di oven dengan suhu 110° selama 6 jam yang ditampilkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Hasil Serat Kelapa

Hasil akhir proses perlakuan serat kelapa yang dilakukan didapatkan serat kelapa seberat 40,2 gram. Pengurangan 9,8 gram terkait dengan terbuangnya serat selama proses pencucian dan penyaringan. Pada penelitian yang dilakukan membutuhkan

serat kelapa sebanyak 67 gram untuk membentuk 5 spesimen dengan presentasi *filler* 5%, 10% dan 15%, sehingga perlu melakukan perlakuan serat kelapa sebanyak 2 kali.

3.5.2 Preparasi Serat Kelapa Dilapisi Polianilin

Preparasi serat kelapa dilakukan untuk meningkatkan konduktivitas pada serat kelapa, berikut adalah proses yang perlu dilakukan :

1. Serat kelapa yang sudah diberikan perlakuan kimia kemudian dipotong 10 mm dan ditimbang sebanyak 6 gram sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Penimbangan Serat Kelapa

2. Kemudian dicampurkan 6 gram serat dan 336 mL HCl (0,1 mol/L) lalu diaduk selama 10 menit. Setelah itu ditambahkan 336 mL anilin (0,2 mol/L) kemudian diaduk selama 10 menit. Lalu ditambahkan 366 gram APS (0,1 mol/L) dan kembali diaduk selama 6 jam (Gambar 3.8). Dilakukan pengenceran HCl (0,1 mol/L), anilin (0,2 mol/L) dan APS (0,1 mol/L). Untuk seluruh perhitungan pengenceran larutan dijelaskan pada lampiran 1.



Gambar 3.8 Pencampuran Serat, HCl, Aniline dan APS

3. Setelah 6 jam, kemudian dicuci 1 kali dengan HCl , lalu di oven selama 6 jam dengan suhu 45° sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Hasil Polimerisasi Serat Kelapa

Hasil akhir proses perlakuan kimia yang dilakukan didapatkan serat kelapa yang telah dipolimerisasi seberat 5,56 gram. Pengurangan 44 gram serat saat proses pencucian dan penyaringan. Pada penelitian yang dilakukan membutuhkan serat sebanyak 67 gram, untuk membentuk 5 spesimen dengan presentasi 5%, 8%, 10% dan 15%. Sehingga perlu melakukan polimerisasi serat kelapa sebanyak 13 kali.

3.5.3 Pembuatan *Epoxy Resin* Dengan Penambahan *Filler* MWCNT

Pembuatan resin dengan penambahan *filler* MWCNT dilakukan untuk membuat komposit, serat yang digunakan dengan persentase berat 5%, 8%, 10% dan 15% dan MWCNT sebanyak 0,5 % dari banyak resin dan hardener yang digunakan 3:1 berikut adalah proses yang dilakukan :

1. Melapisi cetakan 13 cm x 13 cm dengan PVA sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Pelapisan Kaca dengan PVA

2. Potong-potong serat menjadi 10 mm, lalu taburkan pada cetakan yang sudah dilapisi PVA yang ditampilkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Penaburan Serat Pada Cetakan.

3. Mencampurkan resin dengan MWCNTs yang ditampilkan pada Gambar 3.12.



a. Resin b. Hardener c. MWCNTs

Gambar 3.12 Ukuran Resin, Hardener dan MWCNTs

4. Kemudian tutup kembali dengan kaca lalu press menggunakan besi yang ditampilkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Pengepresan Komposit.

5. Setelah itu dikeringkan selama 8 jam untuk memastikan bahwa resin telah mengeras dan kemudian melepaskan komposit serat kelapa dari cetakan untuk mendapatkan spesimen.

3.5.4 Pembuatan Kotak Pelindung

Adapun langkah-langkah pembuatan kotak perisai dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Memotong komposit sesuai dengan cetakan potong yang ditampilkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Pemotongan Komposit.

2. Setelah dipotong sesuai dengan cetakan, dilanjutkan dengan menyatukan potongan untuk membentuk kotak perisai dengan menggunakan lem *cyanoacrylate adhesive* yang ditampilkan pada Gambar 3.15



Gambar 3.15 Penyatuan Komposit dengan Lem *Cyanoacrylate Adhesive*.

3. Hasil Penyatuan komposit yang ditampilkan pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Hasil Kotak Perisai.

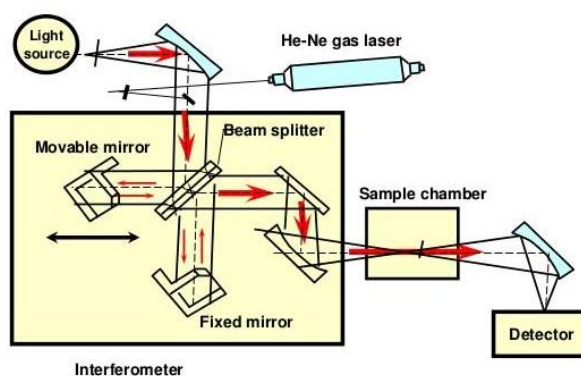
3.5.5 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

FTIR merupakan salah satu alat atau instrumen yang dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran

dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel. Pada penelitian ini model FTIR yang digunakan adalah *Agilent Cary 630*. Sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.17 dan 3.18.



Gambar 3.17 *Agilent Cary 630 FTIR Spectrometer*



Gambar 3.18 Skematik Pengujian *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

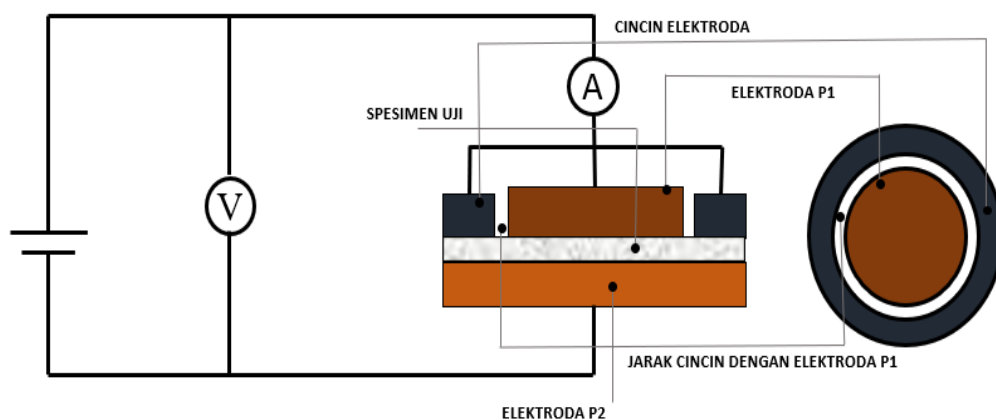
Berdasarkan Gambar 3.18 menjelaskan prinsip kerja dari FTIR. Sebelum menggunakan alat pengujian terlebih dahulu tempat sampel dibersihkan menggunakan etanol, kemudian preparasi sampel ke bentuk yang lebih kecil. Adapun prinsip kerja dari FTIR yaitu berupa infra merah radiasi laser yang berfungsi sebagai radiasi yang di interferensikan dengan radiasi infra merah agar sinar radiasi inframerah yang diterima oleh detektor secara lebih baik yang melewati celah sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan pada sampel, kemudian beberapa infra merah diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel, sehingga sinyal infra merah lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer yang sudah terinstal *microlab*.

3.5.6 Pengukuran Resistansi

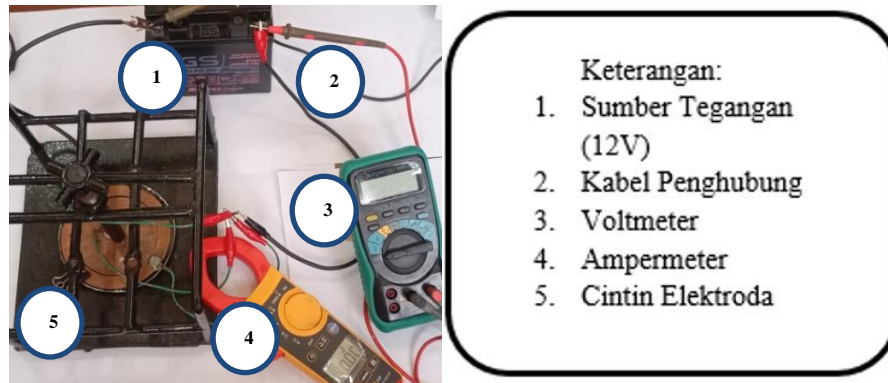
Pengujian konduktivitas listrik dilakukan dengan metode pengujian resistivitas pada material padat. Pengujian dilakukan dengan meletakkan spesimen uji diantara dua elektroda yang bertegangan. Alat dan bahan yang digunakan dalam melakukan pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Elektroda piring P_1 $d=79$ mm.
2. Elektroda piring P_2 $d=105$ mm
3. Elektroda cincin lebar 12 mm.
4. Kabel
5. Penjepit Buaya
6. Sumber tegangan (Aki 12 V).
7. Voltmeter
8. Amperemeter
9. Kamera
10. Saklar

Spesimen yang akan diuji terlebih dahulu dipotong dengan diameter 79 mm yang disesuaikan dengan cincin elektroda pengujian pada alat ukur resistivitas volume. Spesimen uji diletakkan diantara dua elektroda p_1 dengan p_2 , dan jarak antara elektroda p_1 dengan cincin sebesar 1 mm. Sumber yang digunakan pada pengujian ini adalah sumber DC sebesar 12 volt. Pada pengujian yang menggunakan metode pengujian resistivitas volume pada material padat ini variabel yang didapatkan adalah arus dan tegangan. Kemudian menghitung resistansi volume spesimen dari rasio tegangan dan arus. Resistivitas volume dihitung menggunakan persamaan (2.4) sampai (2.9). Nilai konduktivitas spesimen dihitung dari resistivitas volume spesimen menggunakan persamaan (3.1) Adapun rangkaian pengujian pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 3.19 dan 3.20.



Gambar 3.19 Skema Rangkaian Pengujian Resistivitas Volume .



Gambar 3.20 Rangkaian Pengujian Resistivitas Volume .

Resistansi isolasi dapat diukur dengan elektroda cincin konsentris seperti ditunjukkan pada Gambar 3.20. Radius efektif elektroda pengukuran cincin konsentris bisa dicari dengan persamaan (2.7) dan (2.8). Kemudian, nilai resistivitas dan konduktivitas pada spesimen uji dapat dihitung dengan persamaan (2.9) dan persamaan (3.1) berikut ini :

$$\sigma_v = \frac{1}{\rho_v} \quad (3.1)$$

Adapun tabel yang akan digunakan untuk pengujian dan perhitungan pada pengukuran resistivitas dengan persentase berat 5%, 8%, 10% dan 15% pada setiap persentase berat dibuat 5 buah spesimen dan dilakukan 1 kali pengukuran sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Resistivitas dengan Persentase Berat 5%, 8%, 10% dan 15%

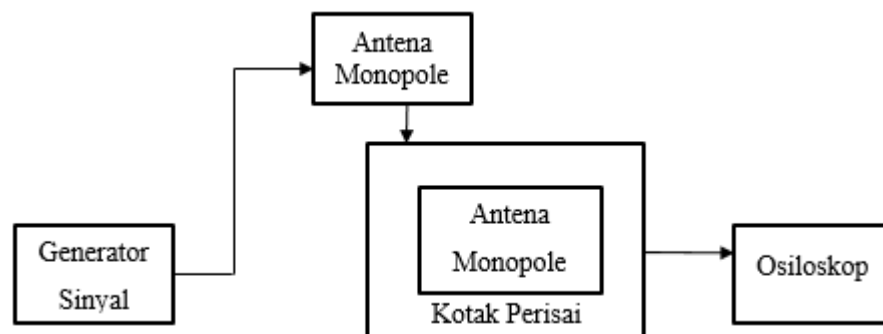
Persentase Berat Serat Kelapa	Spesimen	Ketebalan (mm)	Tegangan (V)	Arus (A)
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
Rata-Rata				

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Resistivitas dengan Persentase Berat 5%, 8%, 10% dan 15%

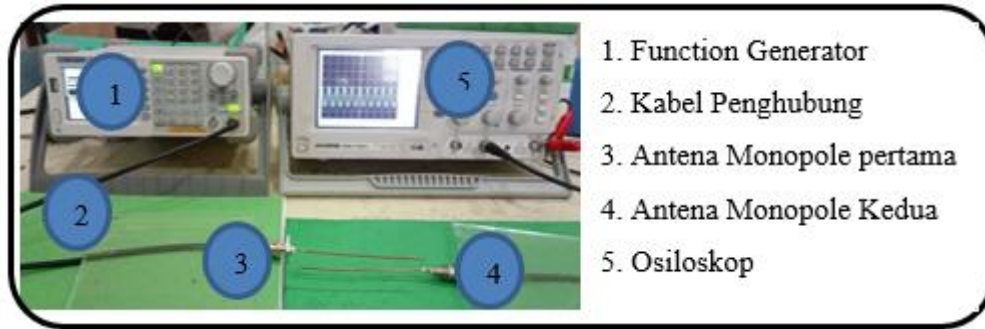
Persentase Berat Serat Kelapa	Spesimen	Tegangan (V)	Arus (A)	Resistansi (Ω)	Resistivitas (Ω .mm)	Konduktivitas (S/m)
5%	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
Rata-Rata						

3.5.7 Pengukuran *Shielding Effectiveness* (SE).

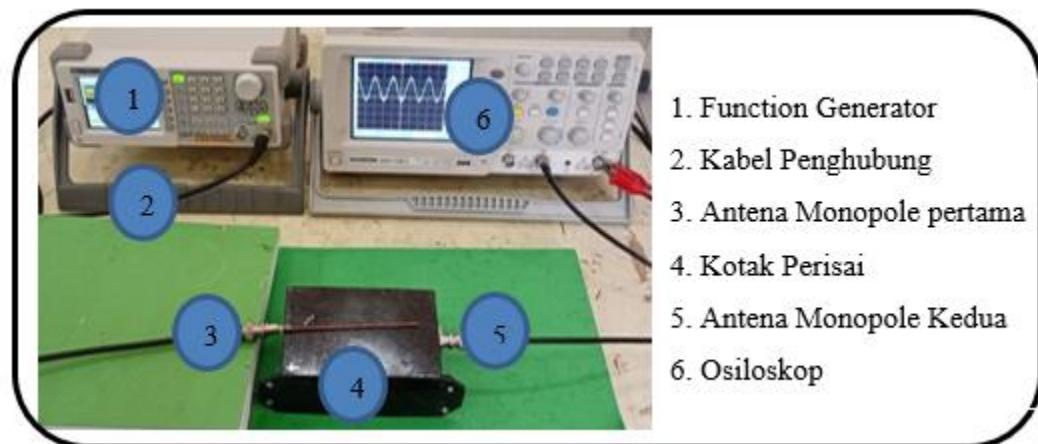
Pengujian *Shielding Effectiveness* (SE) ini menggunakan dua buah antena monopole, antena monopole pertama berfungsi sebagai pengirim dan antena monopole kedua berfungsi sebagai penerima sinyal. Oleh karena itu pengukuran parameter dilakukan sebelum dan sesudah menggunakan kotak pelindung [26]. Sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.21, 3.22 dan 3.23 merupakan rangkaian pengujian.



Gambar 3.21 Diagram Skematik Pengujian SE.



Gambar 3.22 Rangkaian Uji SE Saat Kotak Perisai Tidak Terpasang



Gambar 3.23 Rangkaian Uji SE Saat Kotak Perisai Terpasang

Generator fungsi berfungsi untuk membangkitkan sinyal pulsa pada frekuensi tertentu yang ditangkap oleh antena monopole pengirim. Kemudian antena monopole penerima diletakkan didalam kotak pelindung. Antena monopole sebagai penerima dihubungkan dengan osiloskop untuk menampilkan gelombang yang diterima [26].

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah:

Mempersiapkan alat dan bahan yang akan diuji.

1. Merangkai pengujian *shielding effectiveness* (SE) seperti pada Gambar 3.20. saat kondisi kotak perisai EMI digunakan.
2. Mengaktifkan generator fungsi dan melakukan pengkalibrasian osiloskop.
3. Selanjutnya membangkitkan generator fungsi dengan frekuensi 1 MHz sampai dengan 20 MHz dengan setiap interval 1 MHz.

4. Kemudian amati tegangan pada osiloskop saat pengujian berlangsung. Lalu mencatat tegangan yang ditampilkan pada osiloskop seperti pada Tabel 3.4.
5. Kemudian mengulangi kembali pengujian tanpa menggunakan kotak perisai.
6. Untuk dapat memperoleh nilai *shielding effectiveness* (SE) diperlukan perhitungan dengan persamaan 2.10 yang dapat ditampilkan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.4 Hasil Pengujian *Shielding Effectiveness* (SE)

No	Frekuensi (MHz)	Tegangan (mV)			
		Tanpa Kotak Pelindung	Dengan Kotak Pelindung		
			CF 5%	CF 10%	CF 15%
1	1				
2	2				
-	-				
-	-				
20	20				

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan *Shielding Effectiveness* (SE)

No	Frekuensi (MHz)	<i>Shielding Effectiveness</i> (dB)		
		CF 5%	CF 10%	CF 15%
1	1			
2	2			
-	-			
-	-			
20	20			

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) terhadap serat kelapa yang telah dipolimerisasi dengan *polyaniline* (PANI) menunjukkan bahwa telah terbentuk gugus fungsi C-C gugus benzenoid dan C=C gugus quinoid yang merupakan gugus cincin yang ada pada semua fasa PANI yang berada pada area 1424 cm^{-1} dan 1595 cm^{-1} .
2. Hasil pengukuran tegangan dan arus pada komposit serat kelapa berbasis *polyaniline* sebagai *reinforced* dan *epoxy* resin ditambah *filler* CNT sebagai matriks dengan menggunakan persentase berat serat 5%, 8%, 10% dan 15% dari berat resin menghasilkan nilai konduktivitas berturut-turut yaitu $1,417 \times 10^{-2}\text{ S/m}$, $1,876 \times 10^{-2}\text{ S/m}$, $3,68 \times 10^{-2}\text{ S/m}$ dan $4,58 \times 10^{-2}\text{ S/m}$. Konduktivitas tertinggi pada komposit dengan persentase berat serat 15% dapat meningkatkan nilai konduktivitas CFRP 49 kali dari $9,3 \times 10^{-4}\text{ S/m}$ menjadi $4,58 \times 10^{-2}\text{ S/m}$ dikarenakan penambahan berat serat kelapa yang telah dilapisi *polyaniline*.
3. Nilai *shielding effectiveness* (SE) tertinggi dari tiga kotak perisai EMI yang dibuat dari komposit serat kelapa dengan persentase berat 5%, 10% dan 15% secara berturut-turut adalah -4,9 dB, -7,18 dB dan -7,69 dB. Secara keseluruhan nilai SE dari komposit serat kelapa masih dibawah -10 dB sehingga belum begitu baik digunakan sebagai perisai interferensi elektromagnetik.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Pelapisan *polyaniline* sebaiknya tidak hanya di luar serat kelapa tetapi bisa di dalam serat kelapa agar dapat lebih meningkatkan konduktivitas dari serat kelapa tersebut dengan cara memperkecil ukuran serat.
2. Penelitian selanjutnya dapat menaikkan jumlah *filler* CNT pada pembuatan komposit. Serta dapat menggantikan *epoxy* resin dengan matriks polimer yang lebih konduktif.
3. Dapat menggunakan cetakan tiga dimensi, agar saat pencetakan kotak perisai EMI tidak memerlukan banyak lem untuk proses penyatuan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sri H., “*Pengendalian Electromagnetic Interference (EMI) Printed Circuit Board (PCB) dalam Perkembangan Peralatan Elektronik,*” pp. 1–6.
- [2] Diah P., M. C. Gurning, Y. Martin, H. B. H. Sitorus, M. A. Muda, and H. H. Sinaga, “*Electromagnetic interference shielding in unmanned aerial vehicle against lightning strike,*” vol. 17, no. 2, pp. 8–10, 2019, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v17i2.9029.
- [3] Diah P., S. Savetlana, T. D. Kristian, and H. H. Sinaga, “*Additional CNT to Increasing Conductivity of CFRP Using Carbon Nanotubes as Filler for Fuselage Material of Unmanned Aerial Vehicle (UAV),*” vol. 9, no. 4, pp. 101–109, 2020, doi: 10.11591/ijece.v9i4.pp101-109.
- [4] Claudia Merlini *et al.*, “*Polyaniline-coated coconut fibers: Structure, properties and their use as conductive additives in matrix of polyurethane derived from castor oil,*” *Polym. Test.*, vol. 38, pp. 18–25, 2014, doi: 10.1016/j.polymertesting.2014.06.005.
- [5] Clayton R. P., “*Introduction to Electromagnetic Compatibility Second Edition*”.
- [6] Armstrong R., “*Measurement Of Shielding In Electrically Large Metallic,*” no. February, 2013.
- [7] H. I. Firmansyah, A. Purnowidodo, S. A. Setyabudi, T. Mesin, and U. Brawijaya, “*Pengaruh Mechanical Bonding Pada Aluminium Dengan Serat,*” vol. 9, no. 2, pp. 127–134, 2018.
- [8] C. Elanchezhian, B. V. Ramnath, G. Ramakrishnan, M. Rajendrakumar, V. Naveenkumar, and M. K. Saravanakumar, “*Review on mechanical properties of natural fiber composites,*” *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 1, pp. 1785–1790, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2017.11.276.
- [9] T. G. Yashas Gowda, M. R. Sanjay, K. Subrahmanya Bhat, P. Madhu, P.

- Senthamaraikannan, and B. Yogesha, “*Polymer matrix-natural fiber composites: An overview*,” *Cogent Eng.*, vol. 5, no. 1, 2018, doi: 10.1080/23311916.2018.1446667.
- [10] R. Karthikeyan, R. Sridhar, and R. Suresh, “*Synthesis and Analysis of Polyaniline Coated Natural / Synthetic Fiber Composites for Gas Sensor Application*,” vol. 13, no. 1, pp. 149–156, 2018.
- [11] Tobing L.B., “*Dasar-dasar Teknik Tegangan Tinggi*”, Erlangga, Jakarta, Edisi ketiga, 2017.
- [12] Z. K. Hamdan, A. A. F. Ogaili, Z. W. Metteb, and F. A. Abdulla, “*Study the electrical, thermal behaviour of (glass/jute) fibre hybrid composite material*,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1783, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1783/1/012070.
- [13] M. V. Gelfuso, P. V. G. Da Silva, and D. Thomazini, “*Polypropylene matrix composites reinforced with coconut fibers*,” *Mater. Res.*, vol. 14, no. 3, pp. 360–365, 2011, doi: 10.1590/S1516-14392011005000056.
- [14] S. A. Hanafi, “*Digital Repository Universitas Jember*,” 2020.
- [15] N. Saba, P. M. Tahir, and M. Jawaid, “*A review on potentiality of nano filler/natural fiber filled polymer hybrid composites*,” *Polymers (Basel)*, vol. 6, no. 8, pp. 2247–2273, 2014, doi: 10.3390/polym6082247.
- [16] A. Katunin, P. Sul, A. Łasica, K. Dragan, K. Krukiewicz, and R. Turczyn, “*Damage resistance of CSA-doped PANI/epoxy CFRP composite during passing the artificial lightning through the aircraft rivet*,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 82, no. August, pp. 116–122, 2017, doi: 10.1016/j.engfailanal.2017.09.002.
- [17] Q. J. Krueger, “*Electromagnetic Interference and Radio Frequency Interference Shielding of Carbon-Filled Conductive Resins By*,” no. May, 2002.

- [18] X. F. Sánchez-Romate, A. Jiménez-Suárez, M. Sánchez, A. Güemes, and A. Ureña, “Novel approach to percolation threshold on electrical conductivity of carbon nanotube reinforced nanocomposites,” *RSC Adv.*, vol. 6, no. 49, pp. 43418–43428, 2016, doi: 10.1039/c6ra03619h.
- [19] C. Wu, H. Lu, Y. Liu, and J. Leng, “Study of carbon nanotubes/short carbon fiber nanocomposites for lightning strike protection,” *Behav. Mech. Multifunct. Mater. Compos. 2010*, vol. 7644, no. 92, p. 76441H, 2010, doi: 10.1117/12.847491.
- [20] D. R. Dhakal, P. Lamichhane, K. Mishra, T. L. Nelson, and R. K. Vaidyanathan, “Influence of graphene reinforcement in conductive polymer: Synthesis and characterization,” *Polym. Adv. Technol.*, vol. 30, no. 9, pp. 2172–2182, 2019, doi: 10.1002/pat.4650.
- [21] Z. J. Zhao *et al.*, “MWCNT modified structure-conductive composite and its electromagnetic shielding behavior,” *Compos. Part B Eng.*, vol. 130, pp. 21–27, 2017, doi: 10.1016/j.compositesb.2017.07.033.
- [22] Z. Ding, S. Q. Shi, H. Zhang, and L. Cai, “Electromagnetic shielding properties of iron oxide impregnated kenaf bast fiberboard,” *Compos. Part B Eng.*, vol. 78, pp. 266–271, 2015, doi: 10.1016/j.compositesb.2015.03.044.
- [23] Y. Zhang, Z. Yang, Y. Yu, B. Wen, Y. Liu, and M. Qiu, “Tunable Electromagnetic Interference Shielding Ability in a One-Dimensional Bagasse Fiber/Polyaniline Heterostructure,” *ACS Appl. Polym. Mater.*, vol. 1, no. 4, pp. 737–745, 2019, doi: 10.1021/acsapm.8b00025.
- [24] C. Xia *et al.*, “Scalable fabrication of natural-fiber reinforced composites with electromagnetic interference shielding properties by incorporating powdered activated carbon,” *Materials (Basel)*, vol. 9, no. 1, pp. 1–9, 2016, doi: 10.3390/ma9010010.
- [25] C. Xia *et al.*, “Natural fiber and aluminum sheet hybrid composites for high electromagnetic interference shielding performance,” *Compos. Part B Eng.*,

vol. 114, pp. 121–127, 2017, doi: 10.1016/j.compositesb.2017.01.044.

- [26] S. Thomas, *Advanced Materials for Electromagnetic Shielding*. .
- [27] D. Geethalakshmi, N. Muthukumarasamy, and R. Balasundaraprabhu, “*Effect of dopant concentration on the properties of HCl-doped PANI thin films prepared at different temperatures,*” *Optik (Stuttg)*., vol. 125, no. 3, pp. 1307–1310, 2014, doi: 10.1016/j.ijleo.2013.08.014.

