# PENGARUH VARIASI KOMPOSISI TANAMAN DELIMA *(Punica granatum* Linn*)* TERHADAP SIFAT FISIS MEMBRAN KOMPOSIT UNTUK MENANGKAP RADIKAL BEBAS ASAP ROKOK

**SKRIPSI**

**Oleh:**
**RIRIN MEGA SETIAWATI**
**NIM. 10640084**

**JURUSAN FISIKA**
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM**
**MALANG**
**2014**

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI TANAMAN DELIMA *(Punica granatum* Linn*)* TERHADAP SIFAT FISIS MEMBRAN KOMPOSIT UNTUK MENANGKAP RADIKAL BEBAS ASAP ROKOK

SKRIPSI

Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:
RIRIN MEGA SETIAWATI
NIM. 10640084

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2014

**HALAMAN PERSETUJUAN**

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI TANAMAN DELIMA *(Punica granatum* Linn*)* TERHADAP SIFAT FISIS MEMBRAN KOMPOSIT UNTUK MENANGKAP RADIKAL BEBAS ASAP ROKOK

SKRIPSI

Oleh:

RIRIN MEGA SETIAWATI
NIM. 10640084

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal : 26 November 2014

| Dosen Pembimbing I | Dosen Pembimbing II |
|---|---|
| Dr. H Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes | Erika Rani, M.Si |
| NIP. 19750808 19990 1 003 | NIP. 19810613 200604 2 002 |

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

**HALAMAN PENGESAHAN**

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI TANAMAN DELIMA *(Punica granatum* Linn*)* TERHADAP SIFAT FISIS MEMBRAN KOMPOSIT UNTUK MENANGKAP RADIKAL BEBAS ASAP ROKOK

SKRIPSI

Oleh:
RIRIN MEGA SETIAWATI
NIM : 10640084

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal : 26 November 2014

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | Penguji Utama: | Drs. M. Tirono, M.Si<br>NIP.19641211 199111 1 001 | ..... |
| 2. | Ketua Penguji: | dr. Avin Ainur F<br>NIP. 19800203200912 2 002 | ..... |
| 3. | Sekretaris Penguji: | Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes<br>NIP. 19750808 199903 1 003 | ..... |
| 4. | Anggota Penguji: | Erika Rani, M.Si<br>NIP. 19810613 200604 2 002 | ..... |

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

# PERSEMBAHAN

*Alhamdulillahirobbi'alamin…*

*Tiada kata yang pantas ku haturkan kepada-Mu Illahi Robbiku*

*Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang selain rasa syukur*

*atas segala nikmat dan anugerah yang telah Engkau berikan kepadaku*

*sehingga saya bisa menyelesaikan skripsiku ini.*

*Dengan penuh cinta skripsi ini kupersembahkan untuk :*

*Ibunda tercinta Munanjah yang telah melahirkan, merawat, membimbing, & tak henti-hentinya slalu mendoakan setiap langkahku menuju kesuksesanku…*

*Ayah tercinta Muslim yang telah memberikan segalanya untukku,*

*Maaf anakmu ini belum bisa membahagiakan Ibu dan Ayah & smoga segala do'a yang tulus dan ikhlas serta amal ibadah Ibu dan Ayah diterima dan dikabulkan Allah SWT… Aamiin…*

*Adikku tersayang Hamdan Syakirin yang selalu menghibur dan memotivasi saya disetiap susah maupun senang, tak lupa buat seseorang yang aku cintai terimakasih telah mendukung dan memotivasi dalam penyelesaian skripsi, serta seluruh keluarga besar ayah & Ibu yang juga telah membantu dan memotivasi setiap langkah hidup ini …*

*Pondokku tercinta Al-Ishlah Islamic Boarding School yang telah mengantarkanku ke kampus besar ini untuk mencari ilmu dan mewujudkan cita-citaku menjadi anak yang berguna bagi orang tuaku dan masyarakat, teruntuk juga Pondokku tercinta PPTQ Nurul Furqon Malang dan seluruh teman-teman NUFO, dan terimakasih untuk seluruh staf Kementerian Agama RI yang bersedia memberikan Beasiswa selama masa Kuliahku,. ^_^*

*Teman-teman CSS MoRa Khususnya angkatan 2010 "ST Selawe":*

*(Mama Binti, Mbokde Lisa, yuk Sudarwati, Imma Imprut, Uji Inges, Fina Sayang, Dek Qorry', Ikha Sayang, Siti sayang, Dek Exma, Budhe Nuril, Vivid Sayang, Aisyah, Tante Intan, Lek Irfa, Riftin, Papa Agung, Cak Dzikrullah, Cak yunus, Taufiq Inyong, Yoyon, Alm. Cak Muslih) yang telah menjadi keluarga baru dalam kehidupanku saat ini dan memberikan serta berbagi canda, tangis, duka, tawa, serta terima kasih atas kebersaman yang singkat ini dan semoga kekeluargaan kita masih terjalin sampai anak cucu kita …Love you My Best Family,..*

*Teman-teman seperjuangan Fisika'10 yang telah bersedia menjadi teman sekelas, teman se jurusan minat, teman canda, tawa, gurau, jalan-jalan, makan-makan, dan teman curhat saya. Kalian akan ku kenang selamanya teman-teman.....*

*Terkhusus lagy buat sahabat seperjuangan penelitian skripsi Essy Farihatin & Dosen Pembimbing Bpk. Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes & Ibu Erika Rani, M.Si yang selalu bersedia mendengar keluh kesah dan curhatan dari saya & seluruh keluarga besar Fisika UIN MALIKI Malang terima kasih atas support, bantuan & kebersamaannya…*

***_* U're My Best Inspirations *_***

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

# =MOTTO=

* قُلْ هُوَ اللَّهُ أَحَدٌ ﴿١﴾ اللَّهُ الصَّمَدُ ﴿٢﴾ لَمْ يَلِدْ وَلَمْ يُولَدْ ﴿٣﴾ وَلَمْ يَكُن لَّهُ كُفُوًا أَحَدٌ ﴿٤﴾

* اَلْعِلْمُ صَيْدٌ وَالْكِتَابَةُ قَيْدُهُ قَيِّدْ صُيُوْدَكَ بِالْحِبَالِ الوَاثِقَةِ

*"Ilmu ibarat binatag buruan sedangkan tulisan adalah pengikatnya, maka ikatlah buruan mu itu dengan tali yang kokoh"*

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ririn Mega Setiawati
NIM : 10640084
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil-alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang,
Yang membuat pernyataan,

Ririn MegaSetiawati
NIM. 10640084

# KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillaahirabbil'aalamiin, segala puji bagi Allah swt yang senantiasa memberikan taufik, rahmat, dan hidayah-Nya pada kehidupan manusia, khususnya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul **"Pengaruh Variasi Komposisi Tanaman Delima *(Punica granatum* Linn*)* Terhadap Sifat Fisis Membran Komposit Untuk Menangkap Radikal Bebas Asap Rokok"** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si). Shalawat serta salam semoga tetap terlimpahkan kepada Nabi Muhammad saw, keluarga, sahabat, serta pengikutnya sebagai penuntun umat seluruh alam kepada cahaya ilmu

Kepada banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Dengan ketulusan hati iringan do'a dan ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. DR. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes selaku Dosen Pembimbing I yang dengan sabar senantiasa membimbing dan mengarahkan penulisan skripsi ini.
5. Erika Rani, M.Si selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan agama pada penulisan skripsi ini.

6. Seluruh Dosen Fisika yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan dan informasi yang berhubungan dengan penulisan skripsi ini.
7. Seluruh Staf Admin yang telah membantu kepentingan administrasi dan seluruh Laboran Fisika & Kimia yang telah memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diperlukan untuk menyempurnakan penulisan ini sehingga dapat bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Malang, 10 November 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

**COVER** ..... **i**
**HALAMAN PENGAJUAN** ..... **ii**
**HALAMAN PERSETUJUAN** ..... **iii**
**HALAMAN PENGESAHAN** ..... **iv**
**HALAMAN PERSEMBAHAN** ..... **v**
**MOTTO** ..... **vii**
**HALAMAN PERNYATAAN** ..... **viii**
**KATA PENGANTAR** ..... **ix**
**DAFTAR ISI** ..... **xi**
**DAFTAR GAMBAR** ..... **xiii**
**DAFTAR TABEL** ..... **xiv**
**DAFTAR GRAFIK** ..... **xvi**
**DAFTAR LAMPIRAN** ..... **xvii**
**ABSTRAK** ..... **xviii**

**BAB I. PENDAHULUAN** ..... **1**
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 6
1.3 Tujuan Penelitian ..... 6
1.4 Manfaat Penelitian ..... 7
1.5 Batasan Masalah ..... 7

**BAB II. KAJIAN PUSTAKA** ..... **8**
2.1 Rokok ..... 8
2.1.1 Kandungan Kimia Tembakau ..... 9
2.1.2 Asap Rokok ..... 11
2.2 Tanaman Delima ..... 12
2.2.1 Taksonomi dan Morfologi Delima ..... 12
2.2.2 Unsur-unsur yang Terkandung pada Delima ..... 16
2.2.3 Manfaat Delima ..... 20
2.3 Komposit ..... 22
2.3.1 Definisi Bahan Komposit ..... 22
2.3.2 Pengertian Membran Komposit ..... 25
2.3.3 Klasifikasi Membran ..... 26
2.3.4 Material Membran ..... 27
2.3.5 Teori Pemisahan dengan Membran ..... 28
2.3.6 Kinerja Membran ..... 29
2.4 PEG (*Polietilon Glikol*) ..... 31
2.5 Putih Telur ..... 33
2.6 Radikal Bebas ..... 35
2.6.1 Pengertian Radikal Bebas ..... 35
2.6.2 Oksidatif Stres ..... 38
2.7 ESR (*Electron Spin Resonance*) ..... 39
2.8 SEM (*Scanning Electron Microscopy*) ..... 45

**BAB III. METODE PENELITIAN ..... 50**
3.1 Jenis Penelitian ..... 50
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian ..... 50
3.3Alat dan Bahan ..... 50
3.3.1 Alat ..... 50
3.3.2 Bahan ..... 51
3.4 Rancangan Penelitian ..... 52
3.4.1 Pembuatan Membran Komposit Menggunakan Larutan PEG ..... 52
3.4.2 Pembuatan Membran Komposit Menggunakan Putih Telur ..... 53
3.4.3 Perlakuan ..... 54
3.5 Langkah Penelitian ..... 54
3.5.1 Pembuatan Membran Komposit ..... 54
3.5.2 Perlakuan ..... 55
3.6 Pengambilan Data dan Pengukuran Sampel ..... 58
3.7 Analisis Data ..... 59

**BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN ..... 63**
4.1 Data Hasil Penelitian ..... 63
4.1.1 Pembuatan Membran Komposit ..... 63
4.1.2 Data Hasil Pengujian Radikal Bebas ..... 64
4.1.3 Data Hasil Karakterisasi Membran Komposit ..... 71
4.1.4 Data Hasil Pengujian Densitas pada Membran Komposit ..... 74
4.1.5 Data Hasil Pengujian Porositas pada Membran Komposit ..... 78
4.2 Pembahasan Hasil Penelitian ..... 81

**BAB V. PENUTUP ..... 93**
5.1 Kesimpulan ..... 93
5.2 Saran ..... 94

**DAFTAR PUSTAKA**
**LAMPIRAN-LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Delima ..... 13
Gambar 2.2 Buah Delima ..... 16
Gambar 2.3 Daun Kulit dan Buah Delima ..... 19
Gambar 2.4 Komposit Partikel ..... 23
Gambar 2.5 Jenis Komposit Serat ..... 24
Gambar 2.6 Komposit Lapis ..... 25
Gambar 2.7 Struktur Gugus Fungsi *Poliethilen Glikol* (PEG) ..... 32
Gambar 2.8 Struktur Kimia Radikal Bebas ..... 37
Gambar 2.9 Presisi dari Momen Magnetik Spin Elektron Mengelilingi Medan Magnetik pada Sumbu Z ..... 41
Gambar 2.10 SEM berkas elektron berenergi tinggi ..... 46
Gambar 2.11 Foto SEM sejumlah sampel ..... 47
Gambar 2.12 Foto Hasil Pengujian dengan SEM-EDX ..... 48
Gambar 3.1 Resonansi DPPH ..... 56
Gambar 3.2 Pengujian Radikal Bebas Asap Rokok dengan ESR (*Electron Spin Resonance*) ..... 57
Gambar 3.3 SEM (*Scanning Electron Microscope*) ..... 57
Gambar 4.1 Sampel Membran Komposit ..... 64
Gambar 4.2 Molekul DPPH ..... 65
Gambar 4.3 Hasil SEM Membran Serbuk Daun Delima dan PEG ..... 71
Gambar 4.4 Hasil EDX Membran Serbuk Daun Delima dan PEG ..... 72
Gambar 4.5 Hasil SEM Membran Serbuk Biji Delima dan Putih Telur ..... 75
Gambar 4.6 Hasil EDX Membran Biji Delima dengan Putih Telur ..... 74
Gambar 4.7 Struktur Molekul Tanin ..... 86
Gambar 4.8 Struktur Molekul Antosianin ..... 86

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 USDA ..... 18
Tabel 2.2 Tabel Senyawa dalam Delima ..... 19
Tabel 2.3 Radikal Bebas ..... 38
Tabel 2.4 Nilai Faktor g ..... 44
Tabel 3.7.1 Tabel Pengujian Radikal Bebas pada Membran dengan PEG sebagai Matriks ..... 60
Tabel 3.7.2 Tabel Pengujian Radikal Bebas pada Membran dengan Putih Telur sebagai Matriks ..... 61
Tabel 3.7.3 Tabel Data Nilai Densitas pada Membran ..... 61
Tabel 3.7.4 Tabel Nilai Porositas pada Membran ..... 62
Tabel 4.1 Jenis Dugaan Radikal Bebas Asap Rokok ..... 65
Tabel 4.2 Pengujian Radikal Bebas pada Membran dengan Serbuk Daun Delima sebagai Filler dan PEG sebagai Matriks ..... 66
Tabel 4.3 Pengujian Radikal Bebas pada Membran dengan Serbuk Biji Delima sebagai Filler dan PEG sebagai Matriks ..... 67
Tabel 4.4 Pengujian Radikal Bebas pada Membran dengan Serbuk Kulit Buah Delima sebagai Filler dan PEG sebagai Matriks ..... 67
Tabel 4.5 Pengujian Radikal Bebas pada Membran dengan Serbuk Daun Delima sebagai Filler dan Putih Telur sebagai Matriks ..... 68
Tabel 4.6 Pengujian Radikal Bebas pada Membran dengan Serbuk Biji Delima sebagai Filler dan Putih Telur sebagai Matriks ..... 68
Tabel 4.7 Pengujian Radikal Bebas pada Membran dengan Serbuk Kulit Buah Delima sebagai Filler dan Putih Telur sebagai Matriks ..... 69
Tabel 4.8 Nilai densitas membran komposit serbuk daun delima dengan PEG sebagai Matriks ..... 75
Tabel 4.9 Nilai densitas membran komposit serbuk Biji delima dengan PEG sebagai Matriks ..... 75
Tabel 4.10 Nilai densitas membran komposit serbuk Kulit delima dengan PEG sebagai Matriks ..... 75
Tabel 4.11 Nilai densitas membran komposit serbuk Daun delima dengan Putih telur sebagai Matriks ..... 76
Tabel 4.12 Nilai densitas membran komposit serbuk Biji delima dengan Putih telur sebagai Matriks ..... 76
Tabel 4.13 Nilai densitas membran komposit serbuk Kulit delima dengan Putih telur sebagai Matriks ..... 77
Tabel 4.14 Nilai porositas membran komposit serbuk daun delima dengan PEG sebagai Matriks ..... 78
Tabel 4.15 Nilai porositas membran komposit serbuk Biji delima dengan PEG sebagai Matriks ..... 78
Tabel 4.16 Nilai porositas membran komposit serbuk Kulit delima dengan PEG sebagai Matriks ..... 78
Tabel 4.17 Nilai porositas membran komposit serbuk Daun delima dengan Putih telur sebagai Matriks ..... 79
Tabel 4.18 Nilai densitas membran komposit serbuk Biji delima dengan Putih telur sebagai Matriks ..... 80

Tabel 4.19 Nilai porositas membran komposit serbuk Kulit delima dengan Putih telur sebagai Matriks ..... 80

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hubungan variasi massa serbuk daun delima, biji delima dan kulit delima dengan PEG sebagai Matriks ..... 76
Grafik 4.2 Hubungan variasi massa serbuk daun delima, biji delima dan kulit delima dengan putih telur sebagai Matriks ..... 77
Grafik 4.3 Hubungan variasi massa serbuk daun delima, biji delima dan kulit delima dengan PEG sebagai Matriks ..... 79
Grafik 4.4 Hubungan variasi massa serbuk daun delima, biji delima dan kulit delima dengan putih telur sebagai Matriks ..... 81

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

## DAFTAR LAMPIRAN


Lampiran I Data dugaan jenis radikal bebas pada rokok filter kretek cigarettes

Lampiran II Tabel Jari-jari Atom

Lampiran III Jenis Radikal Bebas

Lampiran IV SEM

Lampiran V EDX

Lampiran VI Alat dan Bahan


UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

# ABSTRAK

Setiawati, Ririn Mega. 2014. **Pengaruh Variasi Komposisi Tanaman Delima *(Punica granatum* Linn*)* Terhadap Sifat Fisis Membran Komposit Untuk Menangkap Radikal Bebas Asap Rokok.** Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing (I): DR. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes (II) Erika Rani, M.Si

---

**Kata Kunci:** Membran, Komposit, Tanaman Delima, Radikal Bebas, PEG, Putih Telur, ESR (*Electron Spin Resonance*), SEM (*Scanning Electron Microscope*).

Merokok merupakan sebuah tradisi turun-temurun bagi sebagian besar masyarakat Indonesia dan di Negara-negara berkembang lainnya. Rokok sering kali di identifikasikan sebagai sesuatu yang negatif. Rokok yang berbahaya adalah yang mengandung radikal bebas karena dapat merugikan kesehatan. Penelitian sebelumnya dilakukan pembuatan biofilter dengan menggunakan biji kopi, tembakau dan cangkang kepiting karena di dalamnya mengandung antioksidan yang dapat menangkap radikal bebas asap rokok. Dalam penelitian ini, pembuatan membran komposit menggunakan bahan tanaman delima karena tanaman delima juga mengandung antioksidan.

Variasi komposisi yang digunakan dalam pembuatan membran komposit adalah 0.7 g, 0.8 g, 0.9 g dan 1 g serbuk tanaman delima (daun, biji, kulit) dengan PEG dan putih telur 0.3 ml. Hasil menunjukkan bahwa membran komposit serbuk tanaman delima dan PEG sebagai matriks menunjukkan komposisi optimum yang mampu menyerap radikal bebas pada serbuk daun delima adalah pada komposisi 0.9 g, sedangkan komposisi optimum yang mampu menyerap radikal bebas pada serbuk biji delima adalah pada komposisi 0.8 g dan komposisi optimum yang mampu menyerap radikal bebas pada serbuk kulit buah delima adalah pada komposisi 0.8 g.

Membran komposit dengan putih telur sebagai matriks menunjukkan komposisi optimum yang mampu menyerap radikal bebas pada serbuk daun delima adalah pada komposisi 0.9 g, sedangkan komposisi optimum yang mampu menyerap radikal bebas pada serbuk biji delima adalah pada komposisi 0.8 g dan komposisi optimum yang mampu menyerap radikal bebas pada serbuk kulit buah delima adalah pada komposisi 0.7 g dan 0.8 g. Uji SEM menghasilkan rata-rata ukuran pori-pori dari daun delima sebesar 2.572 μm (2572.02 nm) dan biji delima sebesar 0.861 μm (861.07 nm).

## ABSTRACT

Setiawati, Ririn Mega. 2014. **Influence of Composition Variation of Pomegranate (*Punica granatum* Linn) Against Physical Properties Mebran Composites To Catch Smoke Free Radicals**. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim Malang State Islamic University. Supervisors (I): DR. H. Agus Mulyono, S. Pd, Kes (II) Erika Rani, M.Si

**Keywords:** Membrane, Composite, Pomegranate, Free Radicals, PEG, Albumine, ESR (Electron Spin Resonance), SEM (Scanning Electron Microscope).

Smoking is a tradition passed down for most people in Indonesia and other developing countries. Smoking often in identified as something negatif. The dangerrous cigarettes are containing free radicals because can be detrimental to helth. Previous research conducted by making biofilter use the coffe beans, tobacco and shell crab because it contains antioxidants which can capture free radicals smoke. This research, manufacture of composite membranes use the materials of the pomegranate plant because the pomegranate plant also contains antioxidants.

Variations in the composition used in the manufacture of composite membrane is 0.7 g, 0.8 g, 0.9 g and 1 g powder of the pomegranate plant (leaf, seed, rind) with PEG and 0.3 ml of egg white. The results showed that the membrane of the pomegranate plant powder and PEG as matrix shows that both the composition of pomegranate leaf powder is on the composition of 0.9 g, while the good composition in the pomegranate seed powder is the composition of 0.8 g and a good composition in powdered pomegranate skin is on the composition of 0.8 g.

Composite membrane with egg white as a matrix showing good composition in the pomegranate leaf powder is on the composition of 0.9 g, while the composition of both the pomegranate seed powder is the composition of 0.8 g and a good composition in powdered pomegranate skin is on the composition of 0.7 g and 0.8 g. Test SEM produces an average pore size of the leaves of pomegranate and pomegranate seeds 2572.02 nm at 861.07 nm.

**مستخلص البحث**

ريرين ميغا ستياواتي. ٢٠١٤. تأثير تنوّع تركيب زرع الرمّان (**فنيكا غرنتوم ليين**) إلى صفة فسيس غشاء طبلة السماد لقبض القطعية الحرية الدخان. البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم و التكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانق. المشرف (١) الدكتور الحاج أغوس موليونو الماجستير و المشرفة (٢) إيريكا راني الماجستيرة.

---

الكلمات الأساسية : *غشاء الطبلة، السماد، زرع الرمّان، القطعية الحرية، PEG، بياض البيض، ESR* (الإلكترون غزل صدى)، *SEM* ( مسح الإلكترون مجهر) .

شرب الدخان هو التقليد أبا عن جدّ لأكثرية المجتمعات في إندونيسيا و البلدان المتقدمة الأخرى. وغالباماحددت االسجائركما سلبي. السجائر خطيرة هي تحتوي الجدور الحرة لانه يمكن ان يكون ضارا بالصحة. الابحاث السابقة يكون اتخاذ مرشح الحيوي باستخدام بذرة القهوة, تبغ, قذيفة السلطعون لان فيها المواد المضادة للاكسدة التي يمكن التقاط الجذور الحرة دخان السجائر. في هذه البحث, صناعة الاغشية المراكبة بمادة زرع الرمّان لانه زرع الرمّان فيها المواد المضادة للاكسدة ايضا.

تنوّع التركيب الذي يستخدم في صناعة غشاء طبلة السماد و هو ٠.٧ جرام، ٠.٨ جرام، ٠.٩ جرام، و ١ جرام الليف بPEG و بياض البيض ٠.٣ ميل لترا. تدل النتيجة أن غشاء الطبلة من مسحوق زرع الرمّان و PEG كنظام أن التركيب الجيد في مسحوق ورقة الرمّان و هو في التركيب ٠.٩ جرام، و أما التركيب الجيد في مسحوق الفرند و هو في التركيب ٠.٨ جرام، و التركيب الجيد في مسحوق قشور الرمّان و هو في التركيب ٠.٨ جرام.

غشاء طبلة السماد ببياض البيض يدل كنظام أن التركيب الجيد في مسحوق ورقة الرمّان و هو في التركيب ٠.٩ جرام، و أما التركيب الجيد في مسحوق الفرند و هو في التركيب ٠.٨ جرام، و التركيب الجيد في مسحوق قشور الرمّان و هو في التركيب ٠.٧ جرام و ٠.٨ جرام. نتيجة تجربة SEM معدل درجة مقياس الجلد من ورقة الرمّان هي ٢٥٧٢.٠٢ ن.م، و الفرند هي ٨٦١.٠٧ ن.م.

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Merokok merupakan sebuah tradisi Turun-temurun bagi sebagian besar masyarakat Indonesia dan Negara-negara yang berkembang lainnya. Kebiasaan merokok masyarakat Indonesia yang dilakukan di tempat terbuka terbukti mampu memberikan suatu dorongan ketertarikan seseorang yang tidak merokok atau belum merokok untuk mencoba kenikmatan sebuah rokok. Bahkan saat ini, merokok sudah dianggap sebagai suatu sarana penyambung dalam pergaulan. Kebiasaan merokok sambil Berbincang-bincang dengan teman, saudara atau keluarga seakan sudah menjadi tradisi sebagian masyarakat yang sulit ditinggalkan (Armstrong, 1991).

Dari segi bahasa kata rokok adalah kata terbitan dari perkataan (dukhon) yang artinya asap tembakau yang dihembus dan berkepul-kepul setelah dinyalakan (Wahhab, 1986). Hal ini menunjukkan bahwa rokok adalah suatu bahan yang dihasilkan dari tembakau yang diracik halus dan digulung atau dibungkus dengan mengandung Unsur-unsur racun.

Seperti firman Allah SWT dalam QS. Ali-Imran (2): 191:

رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَـٰذَا بَـٰطِلًا سُبْحَـٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ ٱلنَّارِ ﴿١٩١﴾

*"Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan Ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, Maka peliharalah kami dari siksa neraka."* (Q.S ali-'Imran : 191).

Dari ayat di atas, makna dari kata باطلا sendiri sebenarnya adalah yang akan hilang atau yang akan pergi. Manshubnya kata ini dikarenakan ia sebagai

sifat dari mashdar yang tidak disebutkan, yaitu باطلا (خلقا) هدا ماخلقت yang artinya *"Engkau tidak akan menciptakan semua ini sebagai ciptaan yang sia-sia"*. Allah SWT tidak menciptakan semua ini dengan Sia-sia, bahkan memberikan manfaat, hikmah dan kekuasaan yang mahasuci dari segala tandingan ataupun lawan (Qarni, 2007).

Makna dari "penciptaan Allah tidak ada yang Sia-sia" menjelaskan bahwa adanya rokok tidak menjadikan dampak buruk bagi manusia. Sebagaimana pada hasil penelitian Dr. Gretha dan Prof. Sutiman tentang Divine Kretek menyimpulkan bahwa rokok yang berpotensi sebagai penyebab kanker juga mempunyai potensi sebagai obat setelah menggunakan filter khusus (filter dengan tambahan *scavenger*). Peran aktif *scavenger* pada divine kretek mentransformasi asap rokok yang mengandung materi berbahaya dan radikal bebas menjadi tidak berbahaya bagi kesehatan (Gretha Z, Sutiman BS, 2011).

Merujuk pada beberapa keterangan yang telah dijelaskan di dalam Al-Quran, bahwa apa yang telah diturunkan oleh Allah swt adalah untuk dimanfaatkan oleh manusia serta makhluk hidup lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa tembakau sebagai bahan dasar dan merupakan anugerah dari Allah SWT karena semua ciptaan Allah SWT tidak ada yang Sia-sia dalam penciptaannya apabila dimanfaatkan secara baik dan tidak akan pernah merugikan umat manusia serta makhluk hidup lainnya.

Menurut Gretha (2011), rokok yang paling berbahaya adalah radikal bebasnya. Radikal bebas adalah sekelompok bahan kimia baik berupa atom maupun molekul yang memiliki elektron dan tidak berpasangan pada lapisan

luarnya. Merupakan suatu kelompok bahan kimia dengan reaksi jangka pendek yang memiliki satu atau lebih elektron bebas. Radikal bebas dapat dihasilkan dari hasil metabolisme tubuh dan faktor eksternal seperti asap rokok, hasil penyinaran ultraviolet, zat pemicu radikal dalam makanan dan polutan lain. Penyakit yang disebabkan oleh radikal bebas bersifat kronis, yaitu dibutuhkan waktu bertahun-tahun untuk penyakit tersebut menjadi nyata. Contoh penyakit yang sering dihubungkan dengan radikal bebas adalah serangan jantung, kanker, katarak dan menurunnya fungsi ginjal. Penelitian radikal bebas asap rokok dengan menggunakan tanaman delima sebagai filler adalah untuk mencegah atau mengurangi penyakit kronis karena radikal bebas diperlukan antioksidan.

Antioksidan merupakan zat yang berperan aktif dalam menetralisir radikal bebas, salah satunya dapat ditemukan dalam tanaman delima. Sebuah penelitian menemukan, buah delima merah mempunyai kandungan antioksidan tiga kali lipat lebih banyak daripada anggur merah (*red wine*) ataupun teh hijau. Penelitian dari University of California, Los Angeles itu berlangsung di tahun 2010. Berdasarkan hasil penelitian, buah delima yang kaya antioksidan ini bisa mencegah oksidasi LDL atau kolesterol jahat dalam tubuh (Oci, 2014).

Pada Mei 2000, *The American Journal of Clinical Nutrition* menuliskan bahwa dengan mengkonsumsi jus delima, secara alamiah mampu menurunkan kolesterol. Kandungan senyawa antioksidan yang terdapat dalam delima juga mampu menangkap radikal bebas (Oci, 2014).

Penggunaan lafadz هذا adalah الخلق الذي فى السموات والأرض (penciptaan yang ada di langit dan bumi) (Ath-Thabari, 2008), hal ini menjelaskan bahwa delima

juga temasuk dalam Buah-buahan surga dan termasuk tanaman yang ada di bumi serta mempunyai banyak manfaat bagi kesehatan tubuh manusia.

Pemanfaatan tumbuhan dimungkinkan dapat mengurangi bahaya radikal bebas pada asap rokok. Pada hasil penelitian tentang biofilter berbahan serbuk cangkang kepiting dan kopi untuk menangkap radikal bebas asap rokok (kretek) mampu menyerap beberapa jenis dugaan radikal bebas (Yulia, 2013). Dan belum ada pemanfaatan tanaman delima *(Punica Granatum Linn)* untuk bahan biofilter penangkap radikal bebas.

Tanaman delima termasuk ke dalam kelas *Dycotiledonae* (biji berkeping dua), suku atau famili *punicaceae* (delima-delimaan), genus punica dan spesies *Granatum*. Dengan demikian, nama ilmiah tanaman delima adalah *Punica Granatum Linn.* Ada 3 jenis buah delima yang tumbuh di Indonesia, dikelompokkan berdasarkan pada warna buahnya, yaitu delima merah, delima putih dan delima ungu (Oci, 2014).

Pada penelitian ini menggunakan delima merah karena berdasarkan buku *"Khasiat Ajaib Delima"* bahwa delima merah kaya akan vitamin dan mineral, juga Senyawa-senyawa lain yang bermanfaat bagi kesehatan, seperti kandungan serat pada buah delima 4 g per 100 g (kira-kira 12% kebutuhan harian), kandungan vitamin C pada buah delima mencapai 17% dari kebutuhan harian per 100 g. Delima juga merupakan sumber kelompok vitamin B komplex yang vital, diantaranya *folates, pantothenic acid* (vitamin B5), *pyridoxine, potassium, manganese, copper,* kalsium dan vitamin K. Selain itu, delima kaya akan senyawa

yang berfungsi sebagai antioksidan yang dapat menangkal radikal bebas (Oci, 2014).

Dalam Hadits menyebutkan kata delima yang diriwayatkan dari Ibnu Abbas bahwa *" Tidak ada dari Delima-delima kalian ini, kecuali telah dikawinkan dengan biji dari delima surga"*. Harb dan yang lainnya juga menyebutkan dari Ali, bahwa Ali r.a. berkata tentang delima, *"Makanlah delima dan airnya (minyaknya), karena ia dapat membersihkan lambung".* Sedangkan dalam Al-Quran kata delima muncul tiga kali, yakni pada surat Al-An'am ayat 99, Al-An'am ayat 141 dan surat Ar-Rahman ayat 68 (Sayyid, 2011). Salah satu ayat yang menyebutkan kata delima adalah:

وَهُوَ ٱلَّذِىٓ أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَخۡرَجۡنَا بِهِۦ نَبَاتَ كُلِّ شَىۡءٍ فَأَخۡرَجۡنَا مِنۡهُ خَضِرًا نُّخۡرِجُ مِنۡهُ حَبًّا مُّتَرَاكِبًا وَمِنَ ٱلنَّخۡلِ مِن طَلۡعِهَا قِنۡوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّٰتٍ مِّنۡ أَعۡنَابٍ وَٱلزَّيۡتُونَ وَٱلرُّمَّانَ مُشۡتَبِهًا وَغَيۡرَ مُتَشَٰبِهٍۗ ٱنظُرُوٓاْ إِلَىٰ ثَمَرِهِۦٓ إِذَآ أَثۡمَرَ وَيَنۡعِهِۦٓۚ إِنَّ فِى ذَٰلِكُمۡ لَأٓيَٰتٍ لِّقَوۡمٍ يُؤۡمِنُونَ ٩٩

*"Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, Maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman" (Al-An'am: 99).*

Ayat Al-Quran dan hadits di atas menerangkan tentang kekuasaan tuhan yang telah menurunkan sesuatu tidak ada yang Sia-sia, dan semua yang diturunkan tuhan dari langit sangat bermanfaat bagi makhluk hidup.

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan tumbuhan yang telah disebutkan dalam Al-Quran, salah satunya adalah delima. Delima digunakan sebagai bahan pembuatan membran komposit dari variasi komposisi tanaman delima *(Punica granatum* Linn*)* yang digunakan untuk menangkap radikal bebas asap rokok.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi tanaman delima *(Punica granatum* Linn *)* terhadap sifat densitas dan porositas membran?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi tanaman delima *(Punica granatum* Linn*)* terhadap kemampuan membran untuk menangkap radikal bebas asap rokok?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh variasi komposisi tanaman delima *(Punica granatum* Linn*)* terhadap sifat densitas dan porositas membran penangkap radikal bebas asap rokok.
2. Mengetahui pengaruh variasi komposisi tanaman delima *(Punica granatum* Linn) terhadap kemampuan membran untuk menangkap radikal bebas asap rokok.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini yang dilakukan untuk mengetahui berapa besar manfaat tanaman delima untuk pembuatan membran komposit yang baik dalam menangkap radikal bebas sehingga asap rokok menjadi lebih sehat.

## 1.5 Batasan Masalah

1. Pada Penelitian ini menggunakan variasi komposisi dari biji buah delima, kulit buah delima dan daun delima serta membran komposit digunakan untuk menangkap radikal bebas asap rokok.
2. Pengamatan radikal bebas hanya untuk perokok aktif.

# BAB II
# KAJIAN PUSTAKA

## 2.1 Rokok

Identifikasi komponen kimia tembakau telah dilakukan secara intensif selama lebih dari 50 tahun atau sejak pernyataan Kozak pada tahun 1954 dalam Adam, 2006 yang menyebutkan sekitar 100 komponen kimia ada pada asap rokok, dan dinyatakannya bahwa asap rokok mengandung bahan berbahaya bagi kesehatan. Dari hasil analisis terakhir, dinyatakan bahwa terdapat 2.500 komponen kimia pada tembakau yang siap dibuat rokok, yaitu tembakau yang telah selesai proses fermentasi (aging) selama 1-3 tahun. Dari jumlah tersebut 1.100 komponen diturunkan menjadi asap tanpa perubahan akibat pembakaran. Sebanyak 1.400 lainnya mengalami dekomposisi atau terpecah, bereaksi dengan komponen lain dan membentuk komponen baru yang seluruhnya terbentuk sekitar 4.800 komponen kimia di dalam asap (Rodgman dan Perfetti, 2006).

Merokok pada dasarnya adalah menikmati asap nikotin yang dibakar. Selain nikotin, di dalam rokok juga terdapat senyawa gula, bahan aditif, saus, pemberi rasa, aroma, dan lain-lain sehingga terbentuk rasa yang memenuhi selera konsumen (perokok). Satu batang rokok terdiri atas berbagai jenis tembakau agar rasa dan aroma yang diperoleh mempunyai kekhasan tersendiri. Bahan tambahan untuk rasa dan aroma yang lain berasal dari luar tembakau antara lain cengkeh dan mentol. Merokok tanpa nikotin, meskipun belum dibuktikan, nampaknya tidak akan terjadi. Apabila tujuannya adalah menekan bahan berbahaya bagi kesehatan, menghilangkan nikotin belum menyelesaikan masalah secara keseluruhan. Tar,

gas CO (carbon monoxide), TSNA (tobacco specific-nitrosamine), B-a-P (benzoa-pyrene), residu pestisida, dan lain-lain yang terkandung dalam asap rokok tidak kalah berbahayanya dibanding nikotin. Usaha menekan bahan berbahaya, dapat dilakukan dengan menekan kandungan bahan berbahaya tersebut di dalam tembakau dan bahan campuran lainnya.

### 2.1.1 Kandungan Kimia Tembakau

Berlainan dengan tanaman lain, tanaman tembakau diusahakan terutama dimanfaatkan untuk dirokok. Asap yang dihasilkan diharapkan dapat memberikan kenikmatan bagi perokok. Dari 2.500 komponen kimia yang sudah teridentifikasi, beberapa komponen berpengaruh terhadap mutu asap. Tembakau yang bermutu tinggi adalah aromanya harum, rasa isapnya enteng, dan menyegarkan; dan tidak memiliki ciri-ciri negatif misalnya rasa pahit, pedas, dan menggigit. Zat-zat yang berpengaruh terhadap mutu tembakau dan asap antara lain (Hiroe et al., 1975; Tso, 1999):

1. Persenyawaan nitrogen (nikotin, protein).

   Nikotin (β-pyridil-α-N-methyl pyrrolidine) merupakan senyawa organik spesifik yang terkandung dalam daun tembakau. Apabila diisap senyawa ini akan menimbulkan rangsangan psikologis bagi perokok dan membuatnya menjadi ketagihan. Dalam asap, nikotin berpengaruh terhadap beratnya rasa isap. Semakin tinggi kadar nikotin rasa isapnya semakin berat, sebaliknya tembakau yang berkadar nikotin rendah rasanya enteng (hambar). Protein membuat rasa isap amat pedas dan menggigit,

sehingga selama prosesing (curing) senyawa ini harus dirombak menjadi senyawa lain seperti amida dan asam amino.

2. Senyawa karbohidrat (pati, pektin, selulose, gula).

   Pati, pektin, dan selulose merupakan senyawa bertenaga tinggi yang merugikan aroma dan rasa isap, sehingga selama prosesing harus dirombak menjadi gula. Gula mempunyai peranan dalam meringankan rasa berat dalam pengisapan rokok, tetapi bila terlalu tinggi menyebabkan panas dan iritasi kerongkongan, dan menyebabkan tembakau mudah menyerap lengas (air) sehingga lembap. Dalam asap keseimbangan gula dan nikotin akan menentukan kenikmatan dalam merokok.

3. Resin dan minyak atsiri.

   Getah daun yang berada dalam bulu-bulu daun mengandung resin dan minyak atsiri, dalam pembakaran akan menimbulkan bau harum pada asap rokok.

4. Asam organik.

   Asam-asam organik seperti asam oksalat, asam sitrat, dan asam malat membantu daya pijar dan memberikan kesegaran dalam rasa isap.

5. Zat warna: klorofil (hijau), santofil (kuning), karotin (merah).

   Apabila klorofil masih ada pada daun tembakau, maka dalam pijaran rokok akan menimbulkan bau tidak enak (“apek”), sedang santofil dan karotin tidak berpengaruh terhadap aroma dan rasa isap.

Kandungan rokok sangat berbahaya bagi perokok maupun orang-orang di sekitarnya (perokok pasif). Asap rokok yang terhirup dapat menyebabkan

penyakit berbahaya, yaitu kanker, penyakit jantung dan emfisema. Pada organ reproduksi akan menyebabkan gangguan seperti kemandulan (pria dan wanita), impotensi, gangguan kehamilan dan perkembangan janin. Merokok memberikan dampak negatif pada kesehatan reproduksi pria dan wanita. Campuran komponen toksik rokok mempengaruhi kualitas dan kuantitas spermatozoa, pada pria meliputi disfungsi ereksi, libido, ejakulasi, dan gangguan orgasme (Aditama, 1992)

### 2.1.2 Asap Rokok

Asap rokok mengandung butana, karbon monoksida, karbon sulfida, logam halus, magnesium, merkuri, metana, nikel, asam asetat, aseton, alumunium, amonia, arsenik, benzena, oksida sendawa (nitric oxide), nitrobenzena, nitropropana, DDT, asam formic, gliserol, hidrogen sianida, hidrogen sulfida, stearic acid, titanium, urethane, vinil klorida (Dodds, 2008).

Asap rokok termasuk Kretek mengandung komponen kimiawi yang jenisnya dapat mencapai puluhan ribu komponen. Komponen-komponen kimia yang terdapat dalam asap rokok terbukti membentuk partikulasi antara 1 sampai 10.000 nanometer (nm). Partikel-partikel ini terbentuk dari gabungan senyawa-senyawa organik dalam asap. Senyawa-senyawa tersebut memiliki potensi gaya magnetik dan elektromagnetik, dengan demikian komponen-komponen kimia khususnya yang bersifat aromatik di ujung batang rokok yang bersuhu 400-600$^{o}$C dapat membentuk partikel (polimer). Pembentukan polimer gabungan secara teoritis akan membentuk sifat gabungan yang berbeda dengan sifat masing-masing komponen.

## 2.2 Tanaman Delima

### 2.2.1 Taksonomi dan Morfologi Tanaman Delima

Tanaman delima berasal dari Persia, kemudian meluas ke berbagai negara. Meskipun bukan tanaman asli Indonesia, namun tanaman delima mampu beradaptasi dan tumbuh dengan baik di Indonesia. Pengenalan tanaman delima sangat diperlukan dalam usaha budi daya diperoleh hasil yang baik. Di Indonesia, delima mempunyai banyak nama daerah, antara lain dalima (Sunda), gangsalan (Jawa), dhalima (Madura), dan glima (Aceh). Masyarakat dunia mengenal delima dalam bahasa inggris, yaitu pomegranate (Rahmat, 2003).

Dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan, tanaman delima termasuk dalam kelas Dycotiledonae (biji berkeping dua), suku atau famili Punicaceae (delima-delimaa), genus Punica, dan spesies Granatum sehingga nama ilmiah tanaman delima adalah Punica Granatum Linn (Rahmat, 2003).

Menurut Chooi (2007) tanaman delima mempunyai Pokok renek setinggi 3-6 m, ada juga kultivar delima kerdil, berduri pada hujung ranting. Daun ringkas, susunan bertentangan atau berkelompok, panjang daun 4-6 cm, hanya permukaan atas berkilat. Bunga 1-5 kuntum pada hujung ranting, berlilin, panjang 4-5 cm, warna merah atau kuning.

Tinggi pohon delima merah kurang lebih mencapai 5 meter, menyukai tanah gembur yang tidak terendam air dan memiliki beberapa varietas. Memiliki daun tunggal, bertangkai pendek, letaknya berkelompok, mengkilap, berbentuk lonjong dengan pangkal lancip, ujung tumpul, tepi rata, tulang menyirip, ukuran panjang daun 3-7 cm dan lebar 0,5-2,5 cm, warna hijau. Bunga tunggal bertangkai

pendek, keluar di ujung ranting atau di ketiak daun paling atas. Biasanya terdapat satu sampai lima bunga, warnanya merah, putih atau ungu. Berbunga sepanjang tahun. Kulit buahnya tebal dan warnanya beragam seperti hijau keunguan, putih, coklat kemerahan atau ungu kehitaman. Buahnya berbentuk bulat dengan diameter 5-12 cm, beratnya kurang lebih 100-300 gram, terdiri dari biji-biji kecil, tersusun tidak beraturan, berwarna putih sampai kemerahan. Perbanyakan dengan stek, tunas akar atau cangkok (Budka, 2008., Desmond, 2000).

Menurut Rahmat (2003) juga dijelaskan bahwa tanaman delima merupakan tanaman tahunan yang mempunyai akar tunggang dan sistem perakaran yang cukup dalam. Batang tanaman berkayu keras, tegak lurus, dan dapat tumbuh setinggi 2 m – 4 m atau lebih. Tanaman memiliki banyak percabangan dan kadang-kadang ditumbuhi duri-duri yang agak besar. Daun-daun tanaman berukuran kecil, berbentuk memanjang, dan berwarna hijau muda sampai hijau tua. Tanaman delima dapat berbunga dan berbuah sepanjang tahun. Bunga delima berwarna putih, merah, atau orange, tergantung jenisnya (Rahmat, 2003).

Gambar 2.1 Tanaman Delima (Hanifatunnisa.wordpress.com. 2014)

Al-Qur'an telah disebutkan ayat tentang manfaat Delima diantaranya :

وَهُوَ ٱلَّذِىٓ أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَخۡرَجۡنَا بِهِۦ نَبَاتَ كُلِّ شَىۡءٖ فَأَخۡرَجۡنَا مِنۡهُ خَضِرٗا نُّخۡرِجُ مِنۡهُ حَبّٗا مُّتَرَاكِبٗا وَمِنَ ٱلنَّخۡلِ مِن طَلۡعِهَا قِنۡوَانٞ دَانِيَةٞ وَجَنَّٰتٖ مِّنۡ أَعۡنَابٖ وَٱلزَّيۡتُونَ وَٱلرُّمَّانَ مُشۡتَبِهٗا وَغَيۡرَ مُتَشَٰبِهٍۗ ٱنظُرُوٓاْ إِلَىٰ ثَمَرِهِۦٓ إِذَآ أَثۡمَرَ وَيَنۡعِهِۦٓۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمۡ لَأٓيَٰتٖ لِّقَوۡمٖ يُؤۡمِنُونَ ٩٩

*"Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan Maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman ( Al-An'am: 99)".*

وَهُوَ ٱلَّذِىٓ أَنشَأَ جَنَّٰتٖ مَّعۡرُوشَٰتٖ وَغَيۡرَ مَعۡرُوشَٰتٖ وَٱلنَّخۡلَ وَٱلزَّرۡعَ مُخۡتَلِفًا أُكُلُهُۥ وَٱلزَّيۡتُونَ وَٱلرُّمَّانَ مُتَشَٰبِهٗا وَغَيۡرَ مُتَشَٰبِهٖۚ كُلُواْ مِن ثَمَرِهِۦٓ إِذَآ أَثۡمَرَ وَءَاتُواْ حَقَّهُۥ يَوۡمَ حَصَادِهِۦۖ وَلَا تُسۡرِفُوٓاْۚ إِنَّهُۥ لَا يُحِبُّ ٱلۡمُسۡرِفِينَ ١٤١

*" Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebun yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon korma, tanam-tanaman yang bermacam-macam buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak sama (rasanya). makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) bila Dia berbuah, dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan disedekahkan kepada fakir miskin); dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan (Al-An'am: 141)".*

Buah delima (Punica granatum) memiliki kulit buah berwarna kuning kemerahan. Jika dibelah, terdapat bijinya yang dipisahkan oleh beberapa sekat/segmen. Biji buah delima berbentuk bulat kecil dan berjumlah banyak. Warna biji merah bening dan kandungan airnya tinggi sehingga memiliki rasa yang segar (Emma, 2010).

فِيهِمَا فَٰكِهَةٌ وَنَخْلٌ وَرُمَّانٌ ﴿٦٨﴾

*"Di dalam keduanya (ada macam-macam) buah-buahan dan kurma serta delima (Ar-Rahman: 68)".*

Delima termasuk dalam buah-buahan surga. Disebutkan dari ibnu Abbas r.a. dalam hadits mauquf dan marfu' (Sayyid, 2011):

ما من رما ن من رما نكم ههذا إلا وهو ملقح بحبة من رما ن الجنة

*"Tidak ada dari delima-delima kalian ini, kecuali telah dikawinkan dengan biji dari delima surga."*

Harb dan yang lainnya menyebutkan dari Ali r.a., bahwa Ali r.a. telah berkata:

عن على رضى الله عنه قال : كلوا الرما ن بشحمة فإنه دباغ للمعدة

*"Makanlah delima dan airnya (minyaknya), karena ia dapat membersihkan lambung"*

Buah delima (*Punica Granatum Linn*) merupakan salah satu sumber antioksidan dari tumbuh-tumbuhan dengan kandungan polifenol dan antosianin yang cukup tinggi. Pigmen antosianin berfungsi untuk warna merah, ungu dan biru dari buah, sayuran dan bunga. Antosianin merupakan salah satu antioksidan kuat yang mampu mencegah berbagai kerusakan akibat stress oksidatif sehingga mampu melindungi sel dari radikal bebas (Yanjun et al, 2009; Cao et al, 2001).

Buah delima *(Punica granatum Linn)* merupakan tanaman yang berasal dari Persia dan daerah Himalaya di India Selatan. Yang tersebar di Indonesia ada tiga jenis yang dikelompokkan berdasarkan warna buahnya, yakni delima putih, delima merah, dan delima hitam. Dari ketiga jenis itu yang paling terkenal adalah

delima merah. Delima merah memiliki rasa lebih manis dan segar, sedangkan delima putih rasanya lebih sepat dan kesat serta kurang manis. Delima putih dan delima hitam agak sulit ditemukan di pasaran (Astawan, 2008).

Buah delima berbentuk bulat sampai bundar dan bergelantungan dalam tandan. Buah muda berwarna hijau sampai hijau kemerah-merehan, namun setelah tua berubah menjadi hijau kekuning-kuningan atau hijau kemerah-merahan hampir kecoklatan, tergantung jenisnya. Daging buah merupakan kulit biji yang menebal dan tersusun secara padat. Daging buah ini dikonsumsi bersama biji-bijinya (Rahmat, 2003).

Gambar 2.2 Buah Delima

### 2.2.2 Unsur-unsur yang Terkandung pada Delima

Kulit buah delima mengandung asam tanic atau *tannic acid*. Asam ini merupakan unsur pengontrol. Unsur ini juga terdapat dalam buahnya. Disamping unsur-unsur pengontrol, air buah delima juga mengandung gula mentol dan jenis gula lainnya. Selain itu, buah ini juga kaya unsur besi (Sayyid, 2011).

Delima mempunyai kandungan zat gizi dan fitonutrien sebagai berikut: Provitamin A (karotenoid), vitamin C, vitamin B1 dan vitamin B2, mineral besi

dan potasium atau kalim, polifenol (3 kali lebih banyak dari teh hijau) dan flavonoid (Emma, 2007).

Buah masak : 78 % air, 14,5 % karbohidrat, 1,6 % protein, 0,1 % lemak, 5,1 % serabut, 0,7 % mineral, gula glukosa, asid sitrik, asid borik dan vitamin C. Daun, kulit kayu, kulit buah dan akar: tanin (kulit kayu mengandung 28 % tanin, warna kuning pada kulit buah ialah asid gallotonik dan kulit buah masak yang dikeringkan mengandung 26 % tanin) (Chooi, 2007).

Buah delima memiliki sifat antioksidan karena mengandung vitamin C yang tinggi. Kandungan vitamin C pada buah delima mencapai 17% dari kebutuhan harian per 100 g. Delima juga merupakan sumber kelompok vitamin B kompleks yang vital, diantaranya *folates, pantothenic acid* (vitamin B5), *pyridoxine*, vitamin K, kalsium, *potassium, manganese dan copper* (Oci, 2014).

Delima juga mengandung senyawa-senyawa kimia yang memilki manfaat bagi kesehatan tubuh. Satu yang menjadi keistimewaan senyawa-senyawa kimia yang terkandung di delima adalah karena sifat antioksidan karena senyawa-senyawa tersebut mampu menangkap radikal bebas , yaitu molekul-molekul yang dapat memicu terjadinya kanker dan juga penyakit lainnya karena sangat menguntungkan bagi jantung, tulang, pikiran dan kesehatan organ lainnya secara keseluruhan. Fungsi antioksidan tersebut dijalankan oleh senyawa *polyphenols* dan *flavonoids,* yang kandungannya melebihi teh hijau atau jus jeruk yang biasa dikenal kaya akan kandungan antioksidan (Oci, 2014).

Berikut adalah kandungan nutrisi delima (Oci, 2014):

Tabel 2.1 USDA (National Nutrient Data Base)

| Principle | Nutrient Value | Percentage of RDA |
|---|---|---|
| Energy | 83 Kcal | 4% |
| Carbohydrates | 18.70 g | 14% |
| Protein | 1.67 g | 3% |
| Total fat | 1.17 g | 6% |
| Cholesterol | 0 mg | 0% |
| Dietary Fiber | 4 g | 11% |
| Vitamins | | |
| Folates | 38 µg | 9.5% |
| Niacin | 0.293 mg | 2% |
| Pantothenic Acid | 0.135 mg | 3% |
| Pyridoxine | 0.075 mg | 6% |
| Riboflavin | 0.053 mg | 4% |
| Thiamin | 0.067 mg | 5.5% |
| Vitamin A | 0 IU | 0% |
| Vitamin C | 10.2 mg | 17% |
| Vitamin E | 0.60 mg | 4% |
| Vitamin K | 16.4 µg | 14% |
| Electrolytes | | |
| Sodium | 3 mg | 0% |
| Potassium | 236 mg | 5% |
| Minerals | | |
| Calcium | 10 mg | 1% |
| Copper | 18% | 0.158 mg |
| Iron | 0.30 mg | 4% |
| Magnesium | 12 mg | 3% |
| Manganese | 0.119 mg | 5% |
| Phosphorus | 36 mg | 5% |
| Selenium | 0.5 µg | 1% |
| Zink | 0.35 mg | 3% |
| Phyto-nutriens | | |
| Caratone-β | 0 µg | - |
| Crypto-xanthin-β | 0 µg | - |

Kulit batang maupun kulit akar mengandung senyawa-senyawa alkaloid, antara lain alkaloid *pelletierin, betulic acid, isoquerticin, granatin, ursolic acid, resin, tanin, triterpenoid,* kalsium oksalad dan pati. Selain itu, kulit batang atau kulit akar mengandung zat penyamak (Santoso, 1998).

Daun delima mengandung kalsium oksalat, *alkaloid, lemak, tanin, sulfur dan perosidase* (Oci, 2014).

Gambar 2.3 Daun, kulit dan buah delima (lifestyle.kompasiana. 2014)

Tabel 2.2 Tabel Senyawa Penting yang Terkandung dalam Bagian-bagian Delima

| No. | Bagian Delima | Senyawa yang Terkandung |
|---|---|---|
| 1. | Buah dan biji delima yang dijus | • Antosianin<br>• Glukosa<br>• Asam Askorbat<br>• Asam Elaginat<br>• Asam Galat<br>• Asam Kafeat<br>• Beberapa Mineral<br>• Zat besi Asam Amino |
| 2. | Minyak Biji Delima | • Asam Trikosanat ± 95%<br>• Asam Elaginat<br>• Asam Lemak<br>• Sterol |
| 3. | Kulit Buah Delima | • Punikalagin fenol<br>• Asam galat<br>• Asam lemak<br>• Katekin<br>• EGCG<br>• Kuercetin<br>• Flavon<br>• Antosianidin |
| 4. | Daun Delima | • Tannin<br>• Flavon glikosida |
| 5. | Bunga Delima | • Asam galat<br>• Asam ursolat |

| | | |
|---|---|---|
| | | • Triterpenoid |
| 6. | Akar Delima | • Ellagitannin<br>• alkaloid |

### 2.2.3 Manfaat Delima

Delima mengandung banyak unsur asam tanic yang berfungsi sebagai pengontrol, sehingga buah ini sangat bermanfaat untuk beberapa hal berikut ini (Sayyid, 2011):

1. Kulit buah delima digunakan untuk mengobati diare dan ambeien.
2. Air buah delima digunakan untuk menyembuhkan pilek atau menghilangkan penyumbatan pada hidung, misalnya saat demam.
3. Adapun *gilnar* yang merupakan bunga buah ini, apabila didihkan dapat bermanfaat untuk mengobati gusi.

Kulit buah delima juga digunakan untuk pengobatan sakit perut karena cacingan, buang air besar karena darah dan lendir (disentri), pendarahan seperti bawasir berdarah, muntah darah, batuk darah, pendarahan rahim, pendarahan rektum, prolaps rektum, radang tenggorokan, radang telinga, keputihan (leukorea) dan nyeri lambung (Basyier, 2011).

Oci dan Kurnia juga menjelaskan dalam buku "*Khasiat Ajaib Delima"* tentang khasiat kulit buah delima yaitu efek farmakologis dari kulit buah delima mampu menghambat pertumbuhan basil typhoid, mengendalikan penyebaran dari infeksi virus polio, virus herpes simplek dan juga virus HIV (Oci, 2014).

Buah dapat dimanfaatkan untuk penurunan berat badan, cacingan, sariawan, tenggorokan sakit, suara parau, tekanan darah tinggi, sering kencing,

rematik (artritis), perut kembung. Biji-bijinya digunakan sebahagi obat penurun demam, batuk, keracunan dan cacingan (Basyier, 2011).

Daun delima memiliki khasiat menyembuhkan perut kembung, mual dan juga perih. Polyphenol yang terkandung dalam delima mampu menghentikan serangan sel-sel radikal bebas yang merusak sel baik berubah menjadi sel kanker. Sekali radikal bebas dihentikan, proses oksidasi berhenti sehingga menyebabkan tidak tumbuhnya sel-sel kanker pada tubuh (Oci, 2014).

Ibnu Qayyim telah menyebutkan dalam kitab "*ath-Thib An-Nabawi*" tentang buah delima ini: "Buah delima sangat baik untuk percernaan dan dapat menguatkannya. Berguna untuk tenggorokan, dada dan paru, sangat baik untuk mengobati dan melancarkan buang air kecil, menghilangkan panas pada hati, rasa asamnya bermanfaat untuk radang pencernaan. Apabila daging dan buah ini dikeluarkan lalu dimasak sebentar saja dengan ditambah madu, akan dapat digunakan sebagai obat gosok, celak untuk mata yang kuning, menghilangkan kelembaban yang berlebihan. Dan apabila dioleskan pada gusi, ramuan dapat membersihkannya (Sayyid, 2011).

Delima juga mempunyai manfaat untuk menurunkan demam, mengencerkan dahak dan menyembuhkan batuk, baik untuk kesehatan mata, sebagai antioksidan dan antikanker, mencegah atherosklerosis, meningkatkan kekebalan tubuh dan menghambat perkembangan virus HIV (Emma, 2007).

## 2.3 Komposit

### 2.3.1 Definisi Bahan Komposit

Pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur secara makroskopis menjadi suatu bahan yang berguna (Jones, 1975), karena bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro, maka bahan komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran/kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984). Bahan komposit secara umum terdiri dari penguat dan matrik.Penguat komposit pada umumnya mempunyai sifat kurang ulet tetapi lebih kaku serta lebih kuat.

Fungsi utama dari penguat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari penguat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada penguat, sehingga penguat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu penguat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit.

Berdasarkan bentuk penguatnya, secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu (Jones, 1975) :

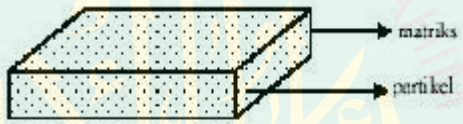
A. Komposit partikel (particulate composites)

   Merupakan komposit yang menggunakan partikel serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriknya. Komposit

partikel banyak dibuat untuk bahan baku industry. Proses produksi yang mudah juga menjadi salah satu pertimbangan bila komposit akan diproduksi massal.

Kelayakan bahan komposit partikel yang telah dibuat dapat diketahui dengan melakukan pendekatan uji validitas.

Adapun pendekatan yang dimaksud yaitu dengan mengetahui modulus elastisitas komposit dalam rentang batas atas (upper bound) dan batas bawah (lower bound).




Gambar 2.4 Komposit Partikel

B. Komposit serat (fibrous composites)

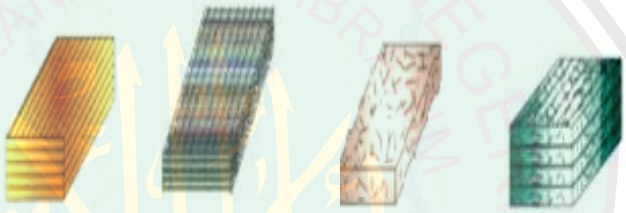
Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari serat dan matriks. Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu, serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit.

Pemilihan serat atau penguat penyusun pada komposit juga harus mempertimbangkan beberapa hal salah satunya harga. Hal ini penting

karena sebagai pertimbangan bila akan digunakan pada skala produksi besar.

Jenis komposit serat terbagi menjadi 4 macam yaitu:

a. Continous fiber composite (komposit diperkuat dengan serat kontinue)
b. Woven fiber composite (komposit diperkuat dengan serat anyaman)
c. Chopped fiber composite (komposit diperkuat serat pendek/acak)
d. Hybrid composite (komposit diperkuat serat kontinyu dan serat acak)

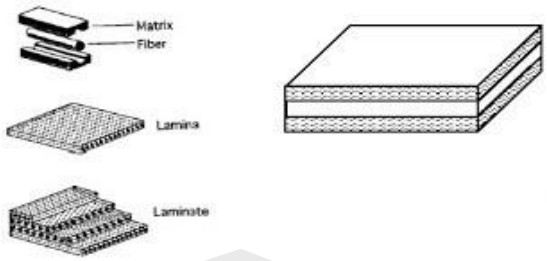


(a) (b) (c) (d)

Gambar 2.5 Jenis komposit serat (a) Continous fiber composite , (b) Woven fiber composite, (c) Chopped fiber composite, (d) Hybrid composite

C. Komposit lapis (laminates composites)

Jenis komposit ini terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri. Contoh komposit ini yaitu bimetal, pelapisan logam, kaca yang dilapisi, dan komposit lapis serat.




Gambar 2.6 Komposit Lapis

### 2.3.2 Pengertian Membran Komposit

Membran ialah sebuah penghalang selektif antara dua fasa. Membran memiliki ketebalan yang berbeda-beda, ada yang tebal dan ada juga yang tipis serta ada yang homogen dan yang heterogen. Ditinjau dari bahannya membran terdiri dari bahan alami dan bahan sintetis. Bahan alami adalah bahan yang berasal dari alam misalnya *pulp* dan kapas, sedangkan bahan sintetis dibuat dari bahan kimia, misalnya polimer. Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. Larutan yang mengandung komponen yang tertahan disebut konsentrat dan larutan yang mengalir disebut permeat. Filtrasi dengan menggunakan membran selain berfungsi sebagai sarana pemisahan juga berfungsi sebagai sarana pemekatan dan pemurnian dari suatu larutan yang dilewatkan pada membran tersebut ( Agustina dkk, 2006: 47).

Membran merupakan alat pemisah yang memisahkan dua fase sebagai transportasi pembatas selektivitas berbagai campuran kimia. Campuran tersebut dapat bersifat homogen atau heterogen, berstruktur simetrik atau asimetrik,

padatan atau cairan, memiliki muatan positif atau negatif, dan bersifat polar atau netral. Transportasi pada membran terjadi karena adanya driving force yang dapat berupa konveksi atau difusi dari masing-masing molekul, adanya tarik menarik antar muatan komponen atau konsentrasi larutan, dan perbedaan suhu atau tekanan. Membran mempunyai ketebalan yang bervariasi dari 100 μm sampai beberapa milimeter (Pabby dkk., 2009).

### 2.3.3 Klasifikasi Membran

Menurut Mulder (1996), klasifikasi membran berdasarkan strukturnya dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Membran berpori (porous membrane)

   Prinsip pemisahan membran berpori didasarkan pada perbedaan ukuran partikel dengan ukuran pori membran. Ukuran pori membran memegang peranan penting dalam pemisahan. Membran dengan jenis ini biasanya digunakan untuk :

   - Mikrofiltrasi (melewatkan air, menahan mikroba)
   - Ultrafiltrasi (melewatkan air menahan garam mineral)

2. Membran non pori (non-porous membrane)

   Pada membran tidak berpori ini prinsip pemisahannya didasarkan pada perbedaan kelarutan dan kemampuan berdifusi. Sifat intrinsik polimer membran mempengaruhi tingkat selektivitas dan permeabilitas. Membran dengan jenis ini digunakan untuk proses :

   - Permeasi Gas
   - Pervaporasi

- Dialisis

### 2.3.4 Material Membran

Menurut Mulder (1996), material membran dapat diklasifikasikan menjadi 3 antara lain :

1. Organik (Polimer)

   Jenis polimer yang dapat dijadikan sebagai material membran yaitu :

   - Membran berpori (porous membrane)

     Contoh material : polycarbonate, polyamide, polysulfone, cellulose ester, polyvinyl edenefluoride, polytetra fluoroethylene, dll.

   - Material membran dapat digunakan untuk aplikasi mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Membran tidak berpori (non-porous membrane)

     Contoh material : polyoxadiazoles, polytriazole.

     Material ini bisa digunakan untuk aplikasi separasi gas dan uap dan pervaporasi.

2. Anorganik

   Tipe material anorganik membran ada 4 yaitu :

   - Membran keramik

     Merupakan kombinasi dari logam (alumunium, titanium, silicium atau zirconium) dan non-logam (oxide, nitride atau carbide).

   - Membran gelas

     berupa silikon oksida / silika ($SiO_2$)

   - Membran logam (termasuk karbon)

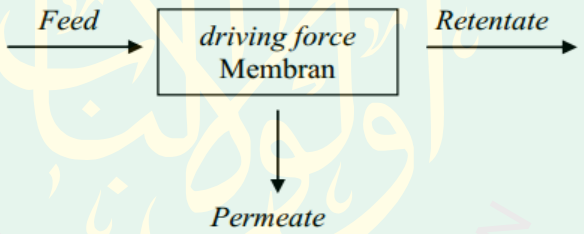
   - Membran zeolite

3. Biologi

   Merupakan material membran yang berasal dari mahkluk hidup misalnya lipida (phospholipid). Struktur membran dari material ini sangat kompleks. Tiap molekul lipid terdapat bagian yang hidrofilik dan hidrofobik.

### 2.3.5 Teori Pemisahan dengan Membran

Pemisahan dengan membran dilakukan dengan mengalirkan feed ke dalam membran kemudian akan terpisah sesuai driving force yang digunakan. Proses pemisahan dengan membran menghasilkan dua aliran yaitu permeate dan retentate. Permeate merupakan hasil pemisahan yang diinginkan sedangkan retentate merupakan hasil sisa (Pabby dkk., 2009).




Kinerja membran dapat dilihat dari besarnya selektivitas yang dihasilkan. Persamaan yang digunakan yaitu:

$$\propto_{A/B} = \frac{y_{A/y_B}}{x_{A/x_B}} \qquad (2.1)$$

Persamaan 2.1 Besarnya selektivitas

dimana, A dan B merupakan komponen - komponen yang terdapat pada campuran yang akan dipisahkan (Cao dkk., 2002).

### 2.3.6 Kinerja Membran

Menurut Mulder (1996), driving force pada pemisahan menggunakan membran ada 4 macam. Kinerja (performance) instalasi membran tergantung pada jenis driving force yang digunakan. Macam–macam aplikasi pemisahan dengan membran berdasarkan driving force dan kinerja instalasinya antara lain:

1. Driving force gradien tekanan (ΔP)

   Menurut Mulder (1996), aplikasi penggunaan antara lain : mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, reverse osmosis.

   Kinerja instalasi membran berupa fluks (J) dan rejeksi (R) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

   $$J_V = \frac{Q_p}{A_m} \quad (2.2)$$

   $$R = 1 - \frac{C_p}{C_F} \quad (2.3)$$

   Dimana :

   $J_v$ = Volume fluks (liter/$m^2$. sec)

   R = Rejeksi/retensi (span = 0-1)

   $Q_p$ = Laju air permeate (liter/sec)

   $C_p$ = Konsentrasi permeate

   $A_m$ = Luas permukaan membran ($m^2$)

   $C_F$ = Konsentrasi umpan

   Besarnya fluks dihitung dari besarnya laju alir yang melewati setiap luas permukaan membran. Semakin besar laju alir permeate dan semakin kecil luas permukaan membran maka fluks yang dihasilkan semakin

besar. Rejeksi merupakan ukuran perbandingan konsentrasi permeate dan retentate yang berhasil dipisahkan.

2. Driving force gradien Konsentrasi (ΔC)

Aplikasi penggunaan : pervaporasi, permeasi gas, permeasi uap, dialisis, dialisis–difusi. Menurut Cao dkk. (2002), kinerja (performance) instalasi pada pemisahan gas berupa fluks (J) dan selektivitas (α) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$J_{x=} \frac{Q_p}{A_m} \quad (2.4)$$

$$\alpha_{A/B} = \frac{p/l_A}{p/l_B} \quad (2.5)$$

$$p/l = \frac{Q_p}{A_m . \Delta P} = \frac{Q_p}{n \pi D l \Delta P} \quad (2.6)$$

Dimana:

$J_v$ = Volume fluks (liter/$m^2$ . sec)

$Q_p$ = Laju air permeate (liter/sec atau $cm^3$/sec)

$A_m$ = Luas permukaan membran ($m^2$ atau $cm^2$)

$\alpha_{A/B}$ = Selektivitas zat A terhadap zat B

(p/l) = Permeate (1 GPU = 1 x 10.6 $cm^3$ (STP)/ ($cm^2$ c cmHg))

ΔP = Beda tekanan (cmHg)

N = Jumlah fiber dalam modul

L = Panjang hollow fiber (m atau cm)

D = Diameter hollow fiber (m atau cm)

Selektivitas merupakan perbandingan antara permeabilitas zat A terhadap zat B. Permeabilitas merupakan kinerja membran yang dihitung dengan besarnya fluks dibagi driving force berupa beda tekanan.

3. Driving force gradien Temperatur (ΔT)

   Menurut Mulder (1996), aplikasi penggunaan: thermo-osmosis, distilasi membran. Performance instalasi berupa fluks (J) dan selektivitas (α).

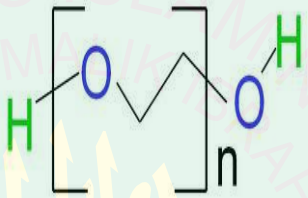
4. Driving force gradien Potensial Listrik (ΔE)

   Menurut Mulder (1996), aplikasi penggunaan: elektrodialisis, elektroosmosis, membran elektrolisis. Kinerja (performance) instalasi berupa fluks (J) dan selektivitas (α).

## 2.4 Polietilen Glikol (PEG)

*Polietilen glikol* (PEG) merupakan polimer dari etilen oksida dan air, dibuat menjadi bermacam-macam panjang rantainya. Bahan ini terdapat dalam berbagai macam berat molekul dan yang paling banyak yang digunakan adalah polietilen Glikol 200, 400, 600, 1000, 1500, 1540, 3350, 4000, dan 6000. Pemberian nomor menunjukkan berat molekul rata-rata dari masing-masing polimernya. PEG yang memiliki berat molekul rata-rata 200, 400 dan 600 berupa cairan bening tidak berwarna dan mempunyai berat molekul rata-rata lebih dari 1000 berupa lilin putih, padat. Macam-macam kombinasi dari PEG bisa digabung dengan cara melebur, dengan memakai dua jenis atau lebih untuk memperoleh basis supostoria yang diinginkan konsistensi dan sifat khasnya (Ansel, 1989).

*Polimer Polietilena glikol* (PEG) juga merupakan molekul sederhana dengan struktur molekul linier atau bercabang. Pada temperatur ruang, PEG dengan bobot molekul kurang dari 700 berbentuk cair, 700-900 berbentuk semi padat, sedangkan 900-1000 atau lebih berbentuk padatan. PEG larut dalam air dan beberapa pelarut organik seperti toluena, aseton, metanol, dan metil- klorida tetapi tidak larut dalan heksana dan hidrokarbon alifatik yang sejenis.




Gambar 2.7 Struktur Gugus Fungsi *Poliethilen Glikol* (PEG)

PEG secara komersial dibuat dari reaksi antara etilen oksida dengan air atau reaksiantara etilen glikol dengan sejumlah kecil katalis natrium klorida, dan jumlah etilen glikol menentukan bobot molekul dari PEG. Sebelum membuat membran padat terlebih dahulu dibuat larutan PEG (*poliethylene glycol*) yang berfungsi sebagai zat pengemulsi (emulgator) (Harris, 2003; Gultom, 2007: 10).

Penambahan bahan aditif pada membran berguna untuk meningkatkan atau memodifikasi sifat-sifat mekanik, kimia, dan fisik membran (Kim et al., 1989). Polietilen glikol (PEG) merupakan salah satu diantara zat aditif yang sering ditambahkan pada pembuatan membran yang berfungsi sebagai porogen untuk meningkatkan keteraturan bentuk pori-pori pada membran sehingga struktur pori lebih rapat dan membran yang dihasilkan semakin bagus.

Keistimewaan dari PEG adalah senyawa tersebut bersifat larut dalam air (Chou et al., 2007). PEG juga larut dalam berbagai pelarut organik dari golongan hidrokarbon aromatik, seperti metanol, benzen, dichlorometane dan tidak larut dalam dietil eter dan heksan. Sifat-sifat lain daripada PEG adalah merupakan senyawa yang tidak beracun, netral, tidak mudah menguap dan tidak iritasi. Pelarut PEG banyak digunakan sebagai emulsifier dan detergen, humectants, dan pada bidang farmasi.

## 2.5 Putih Telur

Putih telur terdiri dari empat lapisan yang tersusun secara istimewa, yaitu (Muhtadi dan Sugiyo, 1992):

a. Lapisan terluar yang terdiri dari cairan kental yang banyak mengandung serat-serat musin.
b. Lapisan tengah yang terdiri dari anyaman musin yang berbentuk setengah padat.
c. Lapisan ketiga merupakan lapisan yang lebih encer.
d. Lapisan terdalam yang dinamakan kalazifera yang bersifat kental.

Putih telur tersusun atas 86,6% air, 11,3% protein, 0,08% lemak, 1% karbohidrat dan 0,8% abu (Romanoff, 1963). Protein putih telur terdiri atas protein serabut yang terdiri dari *ovomucin* dan protein globular yang terdiri dari *ovalbumin, conalbumin, ovomucoid, lizosim, flavprotein, ovoglobulin, ovoinhibitor,* dan *avidin* (Sirait, 1986).

*Ovalbumin* adalah salah satu jenis protein dalam putih telur yang terbanyak (54% dari total protein putih telur) yang mempunyai kemampuan membentuk buih (Alleoni dan Antunes, 2004). *Ovalbumin* dapat membentuk buih paling baik pada pH sekitar 3,7 sampai 4,0 sedangkan protein yang lain dapat membentuk buih paling baik pada pH sekitar 6,5 sampai 9,5. Peningkatan pH putih telur dari 5,5 menjadi 11,0 akan meningkatkan volume buih dari 688% menjadi 982% (Sirait, 1986*).*

*Ovotransferin* atau *conalbumin* adalah protein putih telur yang mudah terdenaturasi oleh perlakuan panas. *Ovotransferin* terdenaturasi pada suhu 60$^{o}$C. Sifat fungsional dari putih telur dipengaruhi oleh denaturasi *ovotransferin* pada suhu sekitar 70$^{o}$C. *Ovotransferin* lebih sensitif terhadap panas daripada *ovalbumin*, tetapi kurang rentan terhadap denaturasi permukaan (Stadelman dan Cotterill, 1995).

*Ovomucin* merupakan glikoprotein berbentuk serabut dan dapat mengikat air membentuk struktur gel. Kerusakan struktur itu juga disebabkan oleh sifat protein putih telur, khususnya pada pH di atas 8,5 (Sirait, 1986). *Ovomucin* merupakan fraksi protein putih telur yang berbentuk selaput (film) yang tidak larut dalam air dan berfungsi menstabilkan struktur buih (Baldwin, 1973).

Kadar air yang tinggi pada putih telur menyebabkan putih telur menjadi bagian yang paling mudah rusak selama proses penyimpanan. Selain itu putih telur merupakan bagian yang lebih encer daripada kuning telur. Hal yang menyebabkan bagian putih telur menjadi lebih encer adalah hilangnya sebagian protein ovomucin yang berfungsi sebagai pembentuk struktur putih telur.

Peningkatan pH akan menyebabkan terjadinya ikatan kompleks *ovomucyn-lysizym* yang akan mengeluarkan air sehingga putih telur menjadi encer (Stadelman dan Cotterill, 1995). Perubahan nilai pH putih telur disebabkan oleh hilangnya $CO_2$ dan aktifnya enzim proteolik yang merusak membran vitellin menjadi lemah dan akhirnya pecah sehingga menyebabkan putih telur menjadi cair dan tipis (Romanof, 1963).

## 2.6 Radikal Bebas

### 2.6.1 Pengertian Radikal Bebas

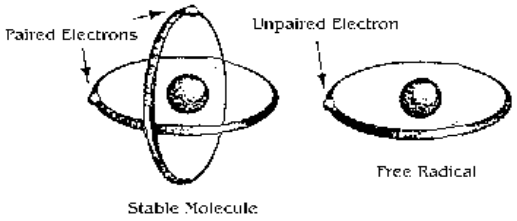
Radikal bebas merupakan atom atau molekul yang sifatnya sangat tidak stabil (mempunyai satu elektron atau lebih yang tanpa pasangan), untuk memperoleh pasangan elektron senyawa ini sangat reaktif dan merusak jaringan. Senyawa radikal bebas timbul akibat berbagai proses kimia kompleks dalam tubuh, berupa hasil sampingan dari proses oksidasi atau pembakaran sel yang berlangsung pada waktu bernafas, metabolisme sel, olahraga yang berlebihan, peradangan atau ketika tubuh terpapar polusi lingkungan seperti asap kendaraan bermotor, asap rokok, bahan pencemar, dan radiasi matahari atau radiasi kosmis. Oleh karena itu, tubuh memerlukan suatu substansi penting yaitu antioksidan yang mampu menangkap radikal bebas tersebut sehingga tidak dapat menginduksi suatu penyakit (Maulida dan Zulkarnaen, 2010). Dalam upaya memenuhi keganjilan elektronnya, radikal bebas yang elektronnya tidak berpasangan secara cepat akan menarik elektron makromolekul biologis yang berada di sekitarnya sperti protein, asam nukleat, dan asam deoksiribonukleat (DNA). Jika

makromolekul yang teroksidasi dan terdegradasi tersebut merupakan bagian dari sel atau organel, maka dapat mengakibatkan kerusakan pada sel tersebut (Halliwell dan Gutteridge, 1990).

Menurut (Proctor PH, Reynolds ES,1984) secara kimia, radikal bebas molekulnya tidak lengkap, radikal bebas cenderung "mencuri" partikel dari molekul lain, yang kemudian menimbulkan senyawa tidak normal dan memulai reaksi berantai yang dapat merusak sel-sel penting dalam tubuh. Radikal bebas inilah biang keladi berbagai keadaan patologis seperti penyakit lever, jantung koroner, katarak, penyakit hati dan dicurigai proses penuaan dini ikut berperan.

Daya perusak radikal bebas dengan demikian jauh lebih besar dibandingkan dengan oksidan biasa. Karena reaktifitasnya yang tinggi, radikal bebas tak stabil dan berumur sangat pendek sehingga sulit dideteksi kecuali dengan metoda-metoda khusus seperti pengukuran EPR (*Electron Paramagnetic Resonance* ) (Kumalaningsih, Sri, 2006).

Pembentukan radikal bebas akan dinetralisir oleh antioksidan yang diproduksi oleh tubuh dalam jumlah yang berimbang. Pengaruh negatif radikal bebas terjadi jika jumlahnya melebihi kemampuan detoksifikasi oleh sistem pertahanan antioksidan tubuh sehingga menimbulkan kondisi stres oksidatif. Radikal bebas dapat terbentuk melalui dua cara, yaitu : (1) secara endogen, sebagai respon normal dari rantai peristiwa biokimia dalam tubuh, dalam sel (intrasel) maupun ekstrasel, dan (2) secara eksogen, radikal bebas didapat dari polutan lingkungan, asap rokok, obat-obatan, dan radiasi ionisasi atau sinar ultra violet (Supari, 1996; Langseth, 2000).




Gambar 2.8 Struktur kimia radikal bebas (Sugiyarto, 2000)

Radikal bebas dapat terbentuk secara in-vivo dan in-vitro dengan beberapa cara :

1. Pemecahan satu molekul normal secara homolitik menjadi dua. Proses ini jarang terjadi pada sistem biologi karena memerlukan tenaga yang tinggi dari sinar ultraviolet, panas, dan radiasi ion.
2. Kehilangan satu elektron dari molekul normal
3. Penambahan elektron pada molekul normal

Pada radikal bebas elektron yang tidak berpasangan tidak mempengaruhi muatan elektrik dari molekulnya, dapat bermuatan positif, negatif, atau netral.

Radikal bebas terpenting dalam tubuh adalah radikal derivat dari oksigen yang disebut kelompok oksigen reaktif (*reactive oxygen species*/ROS), termasuk didalamnya adalah triplet ($3O_2$), tunggal (singlet/$^1O_2$), anion superoksida ($O_2^{\cdot-}$), radikal hidroksil (OH), nitrit oksida ($NO^{\cdot}$), peroksinitrit ($ONOO^{-}$), asam hipoklorus (HOCl), hidrogen peroksida ($H_2O_2$), radikal alkoxyl ($LO^{\cdot}$), dan radikal peroksil ($LO_2^{\cdot}$). Radikal bebas yang mengandung karbon ($CCL_3^{\cdot}$) yang berasal dari oksidasi radikal molekul organik. Radikal yang mengandung hidrogen hasil dari penyerangan atom H. Bentuk lain adalah radikal yang mengandung sulfur yang diproduksi pada oksidasi glutation menghasilkan radikal thiyl. Radikal yang

mengandung nitrogen juga ditemukan, misalnya radikal fenyldiazine (Sugiyarto, KH, 2000).

Tabel 2.3 Radikal bebas dalam tubuh (sumber: Belkic, 2004)

| **Kelompok oksigen reaktif** | | |
|---|---|---|
| **Jenis senyawa** | **Nama senyawa** | **Akibat** |
| $O_2^-$ | Radikal Superoksida (*Superoxide radical*) | - Merusak jaringan tubuh<br>- Kanker dan tumor |
| HO• | Radikal hidroksil (*Hydroxyl radical*) | Granulomatosa kronis (CGD) atau Kelainan genetik |
| $H_2O_2$ | Hydrogen peroksida (*Hydrogen peroxide*) | Menghambat pertumbuhan dini |
| $^1O_2$ | Oksigen tunggal (*Singlet oxygen*) | - Kolestrol<br>- Asam urat |
| $NO^-$ | Nitrit oksida (*Nitric oxide*) | - Kerusakan paru-paru |
| HOCl | Asam hipoklorus (*Hypochlorous acid*) | Penyakit kronis terutama :<br>- Rematik<br>- Simtomatik<br>- Poliartritis dan kardiak miopi setelah dewasa,dll. |
| $ONOO^-$ | Nitrit peroksida (*Peroxy nitrite*) | Kanker paru-paru |
| $^-OOH$ | Radikal peroksil (*Peroxyl radical*) | - |
| LO- | radikal alkoxyl | - |

### 2.6.2 Oksidatif Stres

Stres oksidatif terjadi akibat menurunnya jumlah oksigen dan nutrisi, sehingga menimbulkan proses iskemik dan kerusakan mikrovaskular. Keadaan ini disebut dengan *Reperfusion Injury*. Hal ini juga dapat memicu terjadinya kerusakan jaringan (Sasaki and Joh, 2007).

Stres oksidatif adalah suatu keadaan dimana jumlah molekul radikal bebas yang dihasilkan dari metabolisme tubuh, jumlahnya melebihi kapasitas tubuh

untuk menetralisirnya. Akibat dari hal ini adalah intensitas proses oksidasi sel-sel tubuh yang normal menjadi semakin tinggi dan menimbulkan kerusakan yang lebih banyak. Keadaan stress oksidatif membawa pada kerusakan oksidatif mulai dari tingkat sel, jaringan hingga ke organ tubuh (Sies, 1991).

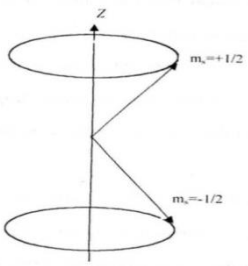
Stres oksidatif yang meningkat dapat memicu timbulnya berbagai penyakit dan mempercepat terjadinya proses penuaan (Sen and Packer, 2000; Atalay and Laaksonen, 2002). Stres oksidatif ini dapat terjadi karena dipicu oleh beberapa kondisi, namun pada dasarnya stres oksidatif ini terjadi akibat adanya ketidakseimbangan antara molekul radikal bebas dan penetralisirnya (antioksidan). Penyebabnya bisa dikarenakan kurangnya antioksidan atau kelebihan produksi radikal bebas oleh tubuh. Oksigen yang kita hirup akan diubah oleh sel tubuh secara konstan menjadi senyawa yang sangat reaktif, dikenal sebagai senyawa reaktif oksigen yang diterjemahkan dari *reactive oxygen species* (ROS), satu bentuk radikal bebas. Perisitiwa ini berlangsung saat proses sintesa energi oleh mitokondria atau proses detoksifikasi yang melibatkan enzim sitokrom P-450 di hati. Produksi ROS secara fisiologis ini merupakan konsekuensi logis dalam kehidupan aerobik.

**2.7 ESR**

Spektroskopi resonansi spin elektron merupakan suatu metode untuk mengamati berbagai jenis pusat paramagnetik seperti radikal, ion metal transisi, ion tanah jarang, sistem dalam tingkat triplet, dan berbagai sistem yang mempunyai lebih dari satu electron tidak berpasangan. Pengamatan pusat

paramagnetik dilakukan dengan meletakkan sampel dalam medan magnet kuat dan diberi radiasi gelombang elektromagnet yang mepunyai jangkauan frekuensi gigahertz (GHz). Energy foton radiasi gelombang mikro sangat rendah dibandingkan dengan radiasi sinar tampak karena itu gelombang mikro hanya dapat menginduksi transisi antara dua tingkat energi spin elektron yang memiliki momen magnet (John, E, 1972).

Pada dasarnya magnet suatu lilitan tertutup mengikuti hubungan antara momentum sudut intrinsik elektron spin (s) dengan momen magnetnya m yang mengikuti persamaan $\mu = g\beta s$. Dengan g dan β merupakan faktor landedan magneton Bohr. Untuk elektron bebas g dan β mempunyai nilai 2,0023 dan 9,274078 x $10^{-24}$ J/T. Faktor Lande, g, memberikan informasi tentang hubungan antara interaksi spin-orbital antara electron paramagnet dengan inti atom sekitarnya. Momen magnetik dari spin elektron pada saat dikenal medan magnet eksternal akan cenderung berpresisi terhadap medan magnetik eksternal. Presisi medan magnetik terjadi dengan mengambil 1 dari 2 orientasi yang mungkin terjadi, yaitu spin α (pararel terhadap medan magnet eksternal) dan spin β (anti pararel terhadap medan magnet eksternal) (Cristensen, 1994).




Gambar 2.9 Presisi dari momen magnetik spin elektron mengelilingi medan magnetik pada sumbu Z

Keadaan $m_s$ = - ½ adalah kondisi dimana elektron memiliki energi rendah dari pada $m_s$ = + ½ bila spin elekron yang mempunyai orientasi $m_s$ = - ½ (dalam keadaan anti paralel terhadap medan magnet eksternal) dikenai gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi presisinya, maka spin elektron dalam keadaan tersebut akan menyerap energi untuk membalikan keadaan paralel terhadap medan magnet eksternal $m_s$ = + ½ yang memiliki energi yang lebih tinggi. Fenomena resonansi magnetik dari spin elektron terjadi jika penyerapan energi magnetik sebesar hf saat terjadi transisi dari $m_s$ = - ½ ke $m_s$ = + ½ sebanding dengan transisi energi antara dua tingkatan spin. Dengan demikian, lingkungan atom yang berpengaruh terhadap sistem yang sedang diperiksa dapat dianalisis dari hasil g yang diperoleh:

Momen magnet suatu lilitan tertutup mengikuti hubungan berikut:

$$\mu = I\,A \qquad (2.7)$$

Bila electron membuat orbit lingkaran dengan frekuensi ν, maka nilai $I = -\nu e$ dan

$$A = \pi r^2 \qquad (2.8)$$

$$\mu = -\nu e \pi r^2 \qquad (2.9)$$

Momentum sudut lintasan $p_0 = m\,\nu\,r = m\,2\pi\,\nu\,r^2$, sehingga diperoleh hubungan berikut:

$$\mu = -\left(\frac{e}{2m}\right) p_0 \qquad (2.10)$$

Secara umum hubungan di atas dapat ditulis:

$$\mu = \left(\frac{q}{2m}\right) I \qquad (2.11)$$

dengan memasukkan nilai $I = I\hbar = \sqrt{I(I+1)}\,\frac{h}{2\pi}$ diperoleh

$$\mu = \frac{qh}{4\pi 2}\sqrt{I(I+1)} \quad (2.12)$$

Perhatikan satuan J/Coul = T $m^2$/sehingga diperoleh μ = i A (Amp $m^2$) mempunyai satuan J $T^{-1}$ bila anggapan elektron ataupun inti bukan merupakan titik nilai momen magnet menjadi sebaga berikut:

$$\mu = g\frac{qh}{4\pi 2}\sqrt{I(I+1)} \quad (2.13)$$

g disebut faktor *Splitting Lande* yang harganya tergantung pada L, S, dan J. untuk inti, harga g tidak dapat diukur, dan diperoleh secara eksperimen. Untuk elektron persamaan biasanya ditulis sebagai berikut:

$$\mu = -g\,\beta\sqrt{I(I+1)} \quad (2.14)$$

$\beta = \frac{eh}{4\pi}$ m disebut magneton Bohr yang berharga 9,273 x $10^{-24}$ J/T

Untuk inti nilai magneton Bohr inti $\beta_n$ = 5,05 x $10^{-27}$ J/T.

Faktor $g_N = Gm_p\, p/2M$ yang harganya merupakan karakteristik inti tertentu. Harga $g_N$ inti mencapai 6 dan positif. Bila electron atau inti berada dalam medan magnet dengan arah z, maka momen magnet arah z adalah :

$$\mu_z = -\,g\,\beta\,S_z \text{ (untuk elektron)} \quad (2.15)$$

$$\mu_z = +\,g\,\beta_N\,I_z \text{ (untuk inti)} \quad (2.16)$$

Interaksi antar dipol magnet denganmedan magnet akan member energi potensial

$$E = \mu_z \,.\, B_z = \mu_z B_z \quad (2.17)$$

Perbedaan energi antara tingkatan energi yang berdekatan

$$\Delta E = E_{lz} - E_{lz-1} = g_N\,\beta_N\,[l_z - (l_z - l)]\,B_z = g_N\,\beta_N\,B_z \quad (2.18)$$

$$\nu = \frac{\Delta E}{h} = \frac{(gN\ \beta N\ Bz)}{h} \quad (2.19)$$

Transisi elektron atau inti antar dua tingkat energi akan berhubungan dengan penyerapan atau pancaran energi yang mengikuti persamaan di atas. Frekuensi sebanding dengan kuat medan magnet. Karena alasan praktis biasanya medan yang digunakan dalam spektroskopi sekitar 1.5 Tesla untuk inti dan 0.3 Tesla untuk electron (Peter B A, 1967).

Resonansi spin elektron (ESR), yang disebut juga resonansi paramagnetik elektron (EPR) adalah suatu bentuk spektroskopi resonansi magnetik yang digunakan untuk mendeteksi atom atau molekul atau ion yang mempunyai elektron yang tidak berpasangan, misalnya untuk mendeteksi radikal bebas.

ESR secara umum dibuat dengan standar frekuensi 10 GHz dengan medan magnet sebesar 0,3 sampai 0,4 T, sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi atom atau molekul atau ion dengan konsentrasi yang sangat kecil sekalipun yaitu $1 \times 10^{-12}$ mol/liter. Informasi yang akan didapatkan pada ESR adalah nilai faktor g dari radikal, pemisahan hiperhalus dari spektrum akibat interaksi spin magnet dalam radikal serta bentuk pita yang diamati (Cristensen,1994).

Nilai g untuk elektron bebas adalah 2.0023 dan untuk kebanyakan radikal bebas mempunyai nilai faktor g antara 1.9 sampai 2.1 (Atkins, 1997). Dari literatur didapat nilai faktor g (Miller, 2001).

Tabel 2.4 Nilai faktor g (Lostari, 2011)

| No. | Nama Radikal | Nilai faktor g |
|---|---|---|
| 1. | $O_2^-$ | 2.0356 |
| 2. | O | 1.501 |
| 3. | $Fe_2^+$ | 1.77 |
| 4. | $MnO_2$ | 1.8367 |
| 5. | FeS | 1.86 |
| 6. | Hidroperoxida | 1.9896 |
| 7. | $CO_2^-$ | 1.9921-2.0007 |
| 8. | Cu | 1.997 |
| 9. | $SO_4^-$ | 1.9976 |
| 10. | Hidroxyl | 2.00047 |
| 11. | Alkoxy | 2.0016-2.00197 |
| 12. | Helium | 2.002 |
| 13. | Methanol | 2.00205 |
| 14. | Alkyl | 2.00206 |
| 15. | Free Radikal | 2.00232 |
| 16. | Hidrogen | 2.00232 |
| 17. | Methil | 2.00255-2.00286 |
| 18. | DPPH | 2.0036 |
| 19. | $SO_3^-$ | 2.0037 |
| 20. | Ethyl | 2.0044 |
| 21. | C | 2.00505-2.00548 |
| 22. | Peroxy | 2.0155-2.0265 |
| 23. | CuOx | 2.098 |
| 24. | $CuGeO_3$ | 2.154 |
| 25. | $YBa_2Cu_3O_7$ | 2.24 |
| 26. | Cu-HA | 2.289 |
| 27. | Hg | 4.0-4.5 |

ESR dalam skala eksperimen yang dikeluarkan oleh Leybold dapat digunakan pada jangkauan frekuensi antara 13 MHz-130 MHz dengan arus maksimum yang dapat dialirkan pada tiap kumparan yang dapat menghasilkan medan magnet adalah 2 Ampere. Informasi yang akan didapatkan pada ESR adalah nilai faktor g dari radikal atau kompleks.

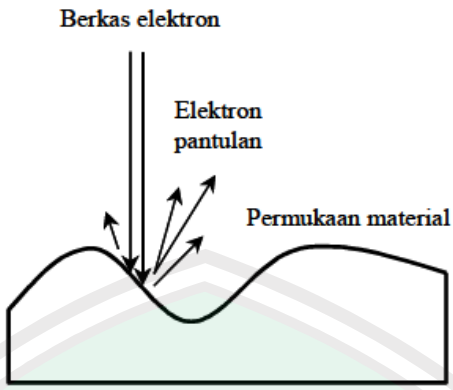
Faktor g sangat bergantung pada orientasi molekul dalam medan magnetik dan bergantung pada struktur elektron, molekul faktor g untuk elektron ini disebut

Faktor g Lande, dimana nilai g di tentukan oleh frekuensi presisi dari elektron yang tak berpasangan. Perbedaan yang kecil pada nilai g mengacu pada besarnya perbedaan frekuensi presisi (Macomber, 1988). Nilai g diperoleh ketika kondisi resonansi magnetik diperoleh, dimana sampel dikenai radiasi elektromaknetik dengan energi sebesar hf yang sebanding dengan transisi energi antara dua tingkatan spin.

## 2.8 Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dapat digunakan untuk mengetahui struktur morfologi membran. Hasil dari uji ini berupa foto kenampakan permukaan dan melintang membran dengan menggunakan mikroskop elektron (Milder, 1996).

SEM adalah salah satu jenis mikroskop electron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi seperti diilustrasikan pada Gambar 2.10. Permukaan benda yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah dimana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut member informasi profil permukaan benda seperti seberapa landai dan kemana arah kemiringan (Abdullah, 2009).

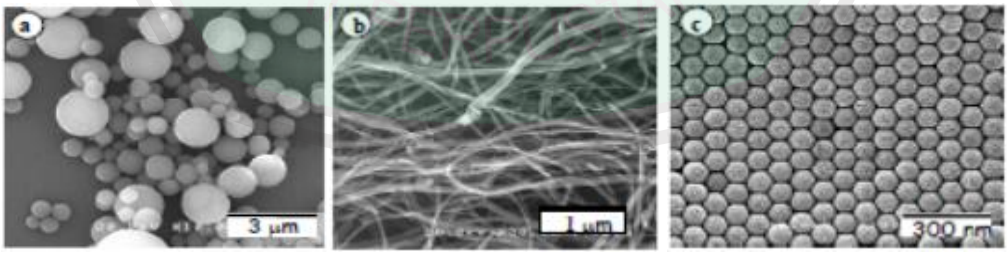



Gambar 2.10 Dalam SEM berkas elektron berenergi tinggi mengenai permukaan material. Elektron pantulan dan elektron sekunder dipancarkan kembali dengan sudut yang bergantung pada profil permukaan material.

Konsep awal yang melibatkan teori scanning mikroskop elektron pertama kali diperkenalkan di Jerman (1935) oleh M. Knoll. Konsep standar dari SEM modern dibangun oleh von Ardenne pada tahun 1938 yang ditambahkan scan kumparan ke mikroskop elektron transmisi. Desain SEM dimodifikasi oleh Zworykinpada tahun 1942 ketika bekerja untuk RCA Laboratories di Amerika Serikat. Desain kembali direkayasa oleh CW pada tahun 1948 seorang profesor di Universitas Cambridge. Sejak itu, semakin banyak bermunculan kontribusi signifikan yang mengoptimalkan perkembangan modern mikroskop elektron.Fungsi mikroskop elektron scanning atau SEM adalah dengan memindai terfokus balok halus elektron ke sampel. Elektron berinteraksi dengan sampel komposisi molekul. Energi dari elektron menuju ke sampel secara langsung dalam proporsi jenis interaksi elektron yang dihasilkan dari sampel. Serangkaian energi elektron terukur dapat dihasilkan yang dianalisis oleh sebuah mikroprosesor yang canggih yang menciptakan gambar tiga dimensi atau spektrum elemen yang unik yang ada dalam sampel dianalisis.Ini adalah rangkaian elektron yang dibelokkan

oleh tumbukan dengan elektron sampel. Sebuah SEM khas memiliki kemampuan untuk menganalisa suatu sampel tertentu menggunakan salah satu metode yang disebutkan di atas. Sayangnya, setiap jenis analisis dianggap merupakan tambahan perangkat aksesori untuk SEM. Yang paling umum aksesori dilengkapi dengan SEM adalah dispersif energi x-ray detektor atau EDX (kadang-kadang disebut sebagai EDS).Jenis detektor memungkinkan pengguna untuk menganalisis sampel komposisi molekul ( Irawan, 2010: 05-06 ).

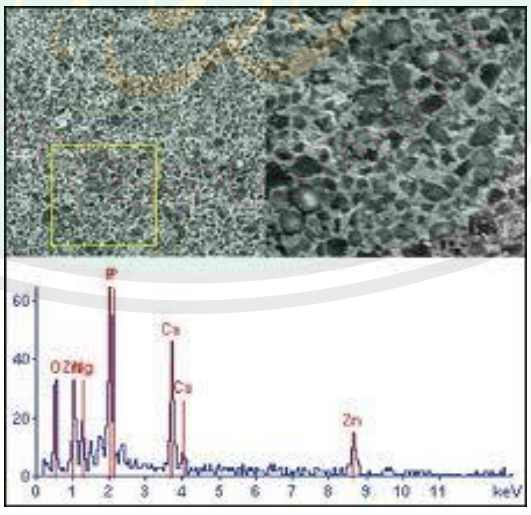
SEM dipakai untuk mengetahui struktur mikro suatu material meliputi tekstur, morfologi, komposisi dan informasi kristalografi permukaan partikel. Morfologi yang diamati oleh SEM berupa bentuk, ukuran dan susunan partikel. Dengan mendeteksi tingkat energi yang dipancarkan dari sinar-x dan intenisitasnya, maka dapat diketahui atom-atom penyusun material dan presentase. Sampel yang berbentuk silinder diukur jari-jari, tinggi dan tebalnya dengan menggunakan jangka sorong. Setelah itu sampel ditimbang dengan timbangan elektronik (Dwi Karsa A.R dkk, 2007: xxix).




Gambar 2.11 Foto SEM sejumlah sampel : (a) partikel, (b) nanotube, dan (c) pertikel yang terorganisasi (Abdullah, 2009)

Gambar 2.11 adalah beberapa contoh bayangan material yang diamati dengan SEM. Seperti pada Gambar (a) tampak jelas bahwa ukuran partikel yang dibuat tidak seragam, tetapi bervariasi (Abdullah, 2009).

SEM dan EDX telah dirancang secara konvensional untuk penggunaannya oleh ahli teknologi analitis. Akan tetapi, dengan perkembangan bursa dari SEM dan EDX yang cepat, dibutuhkan perkembangan untuk meningkatkan kemampuan dari alat-alat ini sehingga dapat digunakan dengan mudah oleh ahli mesin yang bekerja dalam pengendalian mutu. Juga dengan kemajuan dalam bidang elektronik, operasi SEM dan EDX telah berubah dari analog menjadi operasi digital, dengan pengatur alat dan pengolahan data yang dilakukan oleh computer. Biasanya, suatu sistem operasi Windows$^{TM}$ dan aplikasi Windows digunakan, membuat lingkungan system yang hampir setiap orang dapat menggunakan dengan mudah.




Gambar 2.12 Photo hasil pengujian dengan SEM-EDX

Berdasarkan pada kebutuhan dan perubahan bursa dalam lingkungan teknologi, maka dibuatlah SEM dan EDX yang merupakan suatu system analisis

yang menggabungkan SEM dan EDX menjadi satu unit. SEM membentuk suatu gambar dengan menembakkan suatu sinar electron berenergi tinggi, biasanya dengan energi dari 1 hingga 20 keV, melewati sampel dan kemudian mendeteksi *'secondary electron'* dan *'backscattered electron'* yang dikeluarkan. '*Secondary electron*' berasal pada 5-15 nm dari permukaan sampel dan memberikan informasi topografi dan untuk tingkat yang kurang, pada variasi unsur dalam sampel. *'Backscattered electron'* terlepas dari daerah sampel yang lebih dalam dan memberikan informasi terutama pada jumlah atom rata-rata dari sampel. Peristiwa tumbukan berkas sinar electron, yaitu ketika memberikan energi pada sampel, dapat menyebabkan emisi dari sinar-x yang merupakan karakteristik dari atom-atom sampel. Energi dari sinar-x digolongkan dalam suatu tebaran energi spectrometer dan dapat digunakan untuk identifikasi unsur-unsur dalam sampel. Insiden elektron sinar membangkitkan elektron dalam keadaan energi yang lebih rendah, mendorong ejeksi mereka dan mengakibatkan pembentukan lubang elektron dalam struktur elektronik atom. Elektron dari kulit, energi luar yang lebih tinggi kemudian mengisi lubang, dan kelebihan energi elektron tersebut dilepaskan dalam bentuk foton sinar-X. Pelepasan ini sinar-X menciptakan garis spektrum yang sangat spesifik untuk setiap elemen. Dengan cara ini data X-ray emisi dapat dianalisis untuk karakterisasi sampel di pertanyaan. Sebagai contoh, kehadiran tembaga ditunjukkan oleh dua K puncak disebut demikian (K dan $K_{\alpha\beta)}$ pada sekitar 8,0 dan 8,9 keV dan puncak $_{\alpha}$ L pada 0,85 eV. Dalam unsur-unsur berat seperti tungsten, sebuah ot transisi yang berbeda yang mungkin dan banyak puncak karena itu hadir ( Irawan, 2010: 06-07 ).

# BAB III
# METODE PENELITIAN

## 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental yang bertujuan untuk menganalisis karakteristik sifat fisis (densitas dan porositas) membran dan menganalisis radikal bebas asap rokok dengan membran komposit tanaman delima *(Punica Granatum Linn)* dengan memvariasi komposisi bahan dan memvariasi komposisi daun delima, kulit delima dan buah delima.

## 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei 2014 sampai selesai di Laboratotium Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan Laboratorium Lanjutan FMIPA Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

## 3.3 Alat dan Bahan

### 3.3.1 Alat

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah:

1. ESR (*Electron Spin Resonance*)
2. SEM (*Scanning Electron Microscop*)
3. Oven
4. Pengaduk

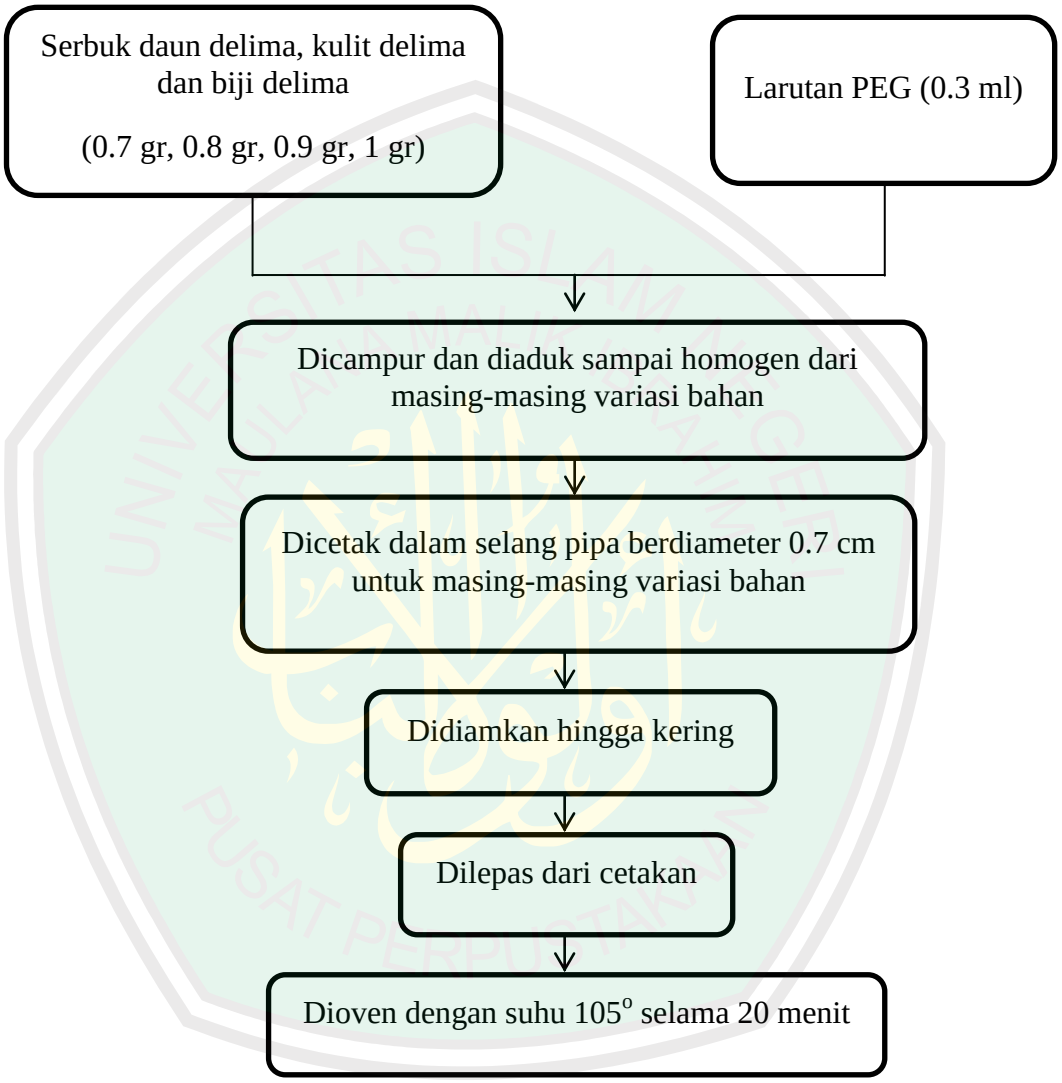
5. *Crusible*
6. Pipet ukur 1 ml
7. Ayakan 200 mesh
8. Spatula
9. Neraca analitik
10. Penghisap (suntikan)
11. Tabung/pipet tetes
12. Selang 0.4 cm dan 0.7 cm

### 3.3.2 Bahan

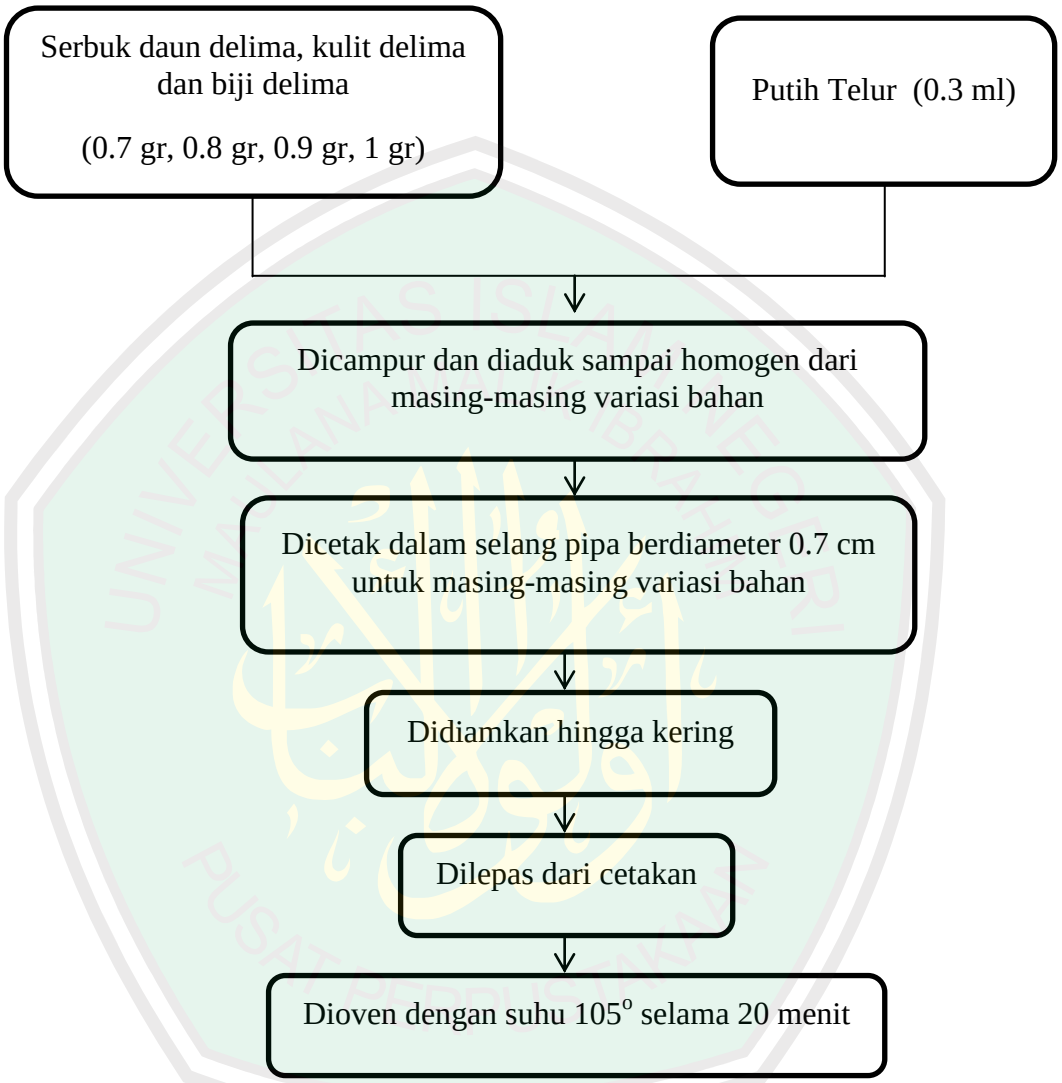
1. Rokok kretek
2. Serbuk daun delima
3. Serbuk kulit delima
4. Serbuk biji delima
5. Larutan Polietilen Glikol (PEG) 0.3 ml
6. Putih telur 0.3 ml
7. Aquades 99%

## 3.4 Rancangan Penelitian

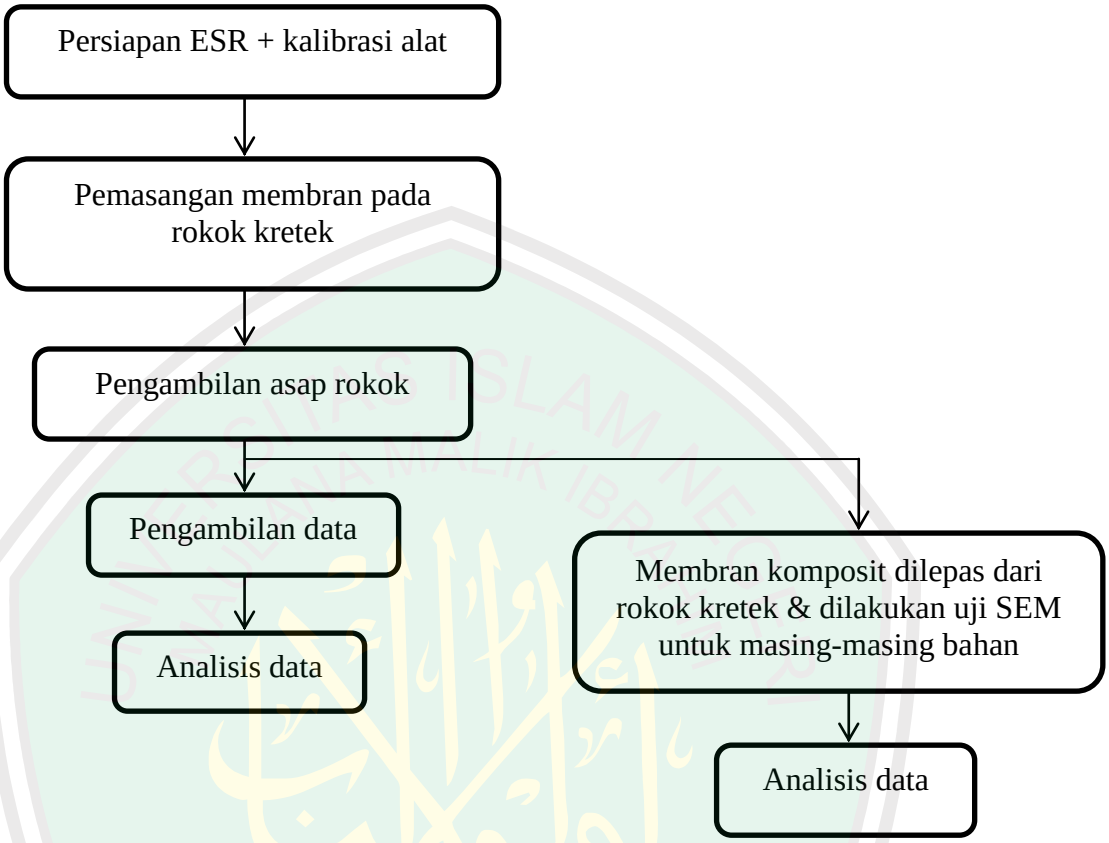
### 3.4.1 Pembuatan Membran Komposit Menggunakan Larutan PEG



### 3.4.2 Pembuatan Membran Komposit Menggunakan Putih Telur



### 3.4.3 Perlakuan




## 3.5 Langkah Penelitian

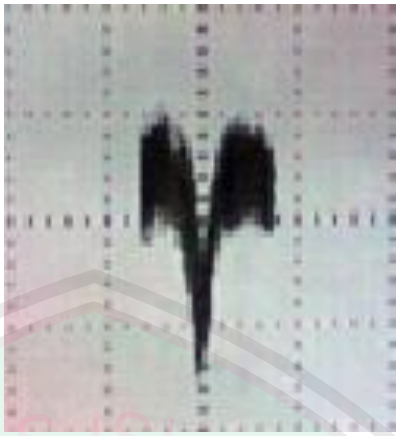
### 3.5.1 Pembuatan membran komposit

1. Daun delima, kulit delima dan buah delima dijemur hingga kering kemudian ditumbuk sampai halus.
2. Serbuk daun delima, kulit delima dan buah delima diayak menggunakan ayakan 250 mesh.
3. Serbuk daun delima, kulit delima dan buah delima ditimbang dengan masing-masing bahan 0.7 gr, 0.8 gr, 0.9 gr, 1 gr.
4. Masing-masing variasi komposisi Serbuk daun delima, kulit delima dan buah delima dicampur dengan polietilen glikol (PEG) 0.3 ml.

5. Masing-masing variasi komposisi Serbuk daun delima, kulit delima dan buah delima dicampur dengan putih telur 0.3 ml.
6. Campuran dari masing-masing bahan tersebut dicetak dalam selang pipa berdiameter 0.7 cm dan panjang 2 cm.
7. Membran komposit didiamkan sampai padat dan kering kemudian dilepas dari cetakan dan di oven dengan menggunakan suhu 105$^{o}$ C selama 20 menit.

### 3.5.2 Perlakuan

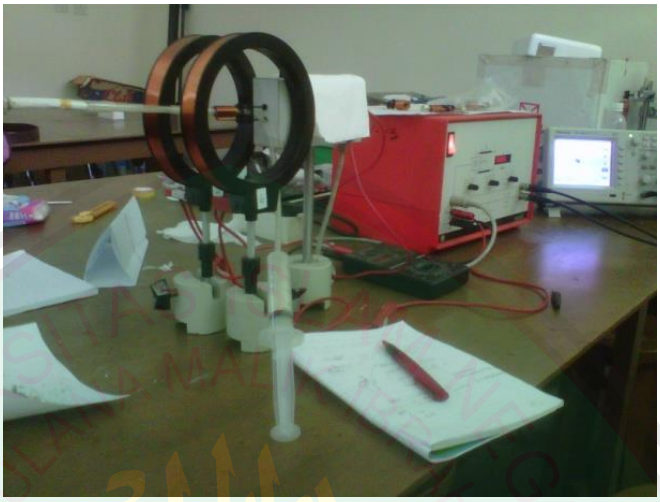
1. Persiapan alat ESR dan dilakukan kalibrasi alat dengan DPPH. Kalibrasi dilakukan dengan cara memasukkan DPPH ke dalam tabung ESR dan ditempatkan di tengah kumparan. Dimana jangkauan frekuensi ini bergantung pada jenis kumparan arus yang digunakan. Kemudian dilakukan pengaturan beda fase secara perlahan sedikit demi sedikit hingga diperoleh kurva simetris. Dicatat nilai (I) arus dan (f) frekuensi dari alat ESR. Dilakukan perhitungan nilai faktor g ke dalam rumusan. Hasil perhitungan dibandingkan dengan teori. Menurut literatur nilai faktor g dari DPPH sebesar 2,0036.



Gambar 3.1 Resonansi DPPH

2. Pemasangan membran dilakukan seperti kalibrasi DPPH, akan tetapi tabung DPPH diganti terlebih dahulu dengan biofilter komposit. Kemudian dipasang pada pipa 0.7 cm dengan panjang 3-5 cm. Satu sisi disambungkan pada filter rokok kretek (sebagai penahan rokok) dan sisi lainnya disambungkan pada pipet sebagai tabung pengukuran. Kemudian sisi lain dari pipet tetes disambungkan dengan pipa berdiameter 0.4 cm sepanjang 20 cm dan berakhir dengan terhubungnya penghisap (suntikan) agar asap dapat mengalir ke dalam pipet pengukuran ketika rokok menyala.
3. Pengambilan asap rokok dengan cara membakar rokok. Kemudian dihisap dengan menarik suntikan secara berkala hingga asap mengalir dan terkumpul pada pipet pengukuran dan tabung penghisap.
4. Pengambilan data dilakukan pada hasil bentukan kurva pada osiloskop apakah muncul resonansi yang berbentuk cekungan. Kemudian diamati dan direkam data kurva pada osiloskop. Dicatat frekuensi dan arusnya

sambil terus melakukan penghisapan agar asap tetap berada pada pipet pengukuran.



Gambar 3.2 Pengambilan dan Pengujian Radikal Bebas Asap Rokok dengan *Electron Spin Resonance* (ESR)

5. Membran yang telah di uji radikal bebasnya kemudian di uji sifat fisis (densitas dan porositas) menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Gambar 3.3 Scanning Electron Microscop (SEM)

### 3.6 Pengambilan Data dan Pengukuran Sampel

Proses pengambilan data dilakukan dengan membakar rokok kretek dan diberikan membran yang telah dibuat kemudian dihubungkan dengan pipet dan penghisap. Penghisapan dilakukan secara berkala hingga asap mengalir. Setelah itu sampel dalam tabung/pipet yang terletak di tengah-tengah kumparan dimana kumparan yang dipilih adalah kumparan yang sesuai jangkauan frekuensinya dengan sampel, seperti ESR yang memiliki jangkauan f yang berbeda-beda.

Pengamatan dilakukan pada kurva hasil bentukan oleh osciloskop. Apakah muncul hasil resonansi berbentuk cekungan ,diamati dan direkam data kurvanya pada osciloskop dan dicatat f dan I sambil terus melakukan penghisapan agar asap tetap berada pada pipet pengukuran. Dimana pengubahan dilakukan untuk nilai f saja.

Pada saat proses pengukuran, pipet pengukuran ESR diganti dengan pipet tetes sebagai wadah pengukuran. Pipet tetes digunakan sebagai wadah pengukuran dikarenakan sulitnya mendapatkan ESR. Dimana berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan judul "Identifikasi Radikal Bebas Pada Limbah Hasil Proses Terapi Pembaluran Dengan ESR" (Tica, 2008) dan penelitian dengan judul "Pendeteksian Radikal Bebas Pada Asap Rokok Dengan Menggunakan ESR Leybold Heracus" (Ni Kadek, 2012) diketahui bahwa pipet tetes layak sebagai wadah pengukuran karena tidak mempengaruhi hasil resonansi.

### 3.7 Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui perhitungan dari perolehan pengukuran rokok kretek yang ditambah dengan membran bahan komposit serbuk tanaman delima. Proses perhitungan ini menggunakan persamaan:

$$\mathbf{B = \mu_0 (4/5)^{3/2} \frac{n}{r} I} ;$$

Keterangan :

$\mu_0$ = 1,2566 x $10^{-6}$Vs/Am — n = Jumlah lilitan kumparan

r = Jari-jari kumparan — I = Besar arus pada kumparan

$$\mathbf{hf = g\,\mu_B\,B \rightarrow \quad g = \frac{hf}{\mu B\, B}}$$

$$\boldsymbol{\delta g = \frac{\sqrt{\sum_{n-1}^{k} |g-\bar{g}|2}}{k(k-1)}}$$

Keterangan **:**

$\boldsymbol{\delta g}$ = Deviasi g — f = Frekuensi

**g** = Faktor Lande — $\boldsymbol{\mu_B}$ = Bilangan Magnetik Bohr

B = Medan magnet — h = Konstanta Planck

Hasil perhitungan nilai faktor g yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan tabel nilai faktor g pada literatur untuk menentukan jenis radikal bebas pada asap rokok. Kemudian hasil penyerapan asap rokok pada membran komposit difoto dengan set peralatan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Data yang diperoleh dari *Scanning Electron Microscope* (SEM) berupa foto densitas dan

porositas komposit dari masing-masing variasi. Pengujian densitas dan porositas pada biofilter juga dilakukan menggunakan perumusan :

**Densitas (ρ) =** $\frac{m\ (g)}{v\ (cm^3)}$

**Porositas (%) =** $\frac{mb - mk}{Vb}$ **x** $\frac{1}{ñ\ (air)}$ **x 100%**

Keterangan :

ρ = densitas (g/cm$^3$) m = massa membran (g)

v = volume membran (cm$^3$) $m_b$ = massa basah (g)

$m_k$ = massa kering (g) ρ(air) = densitas air 1 (g/cm$^3$)

### 3.7.1 Tabel Pengujian Radikal Bebas pada Membran dengan PEG sebagai Matriks

| Bahan | Massa Bahan | Ulangan Perlakuan | | |
|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III |
| Daun | 0.7 | Jenis radikal bebas | Jenis radikal bebas | Jenis radikal bebas |
| | 0.8 | | | |
| | 0.9 | | | |
| | 1 | | | |
| Biji | 0.7 | Jenis radikal bebas | Jenis radikal bebas | Jenis radikal bebas |
| | 0.8 | | | |
| | 0.9 | | | |
| | 1 | | | |
| Kulit | 0.7 | Jenis radikal bebas | Jenis radikal bebas | Jenis radikal bebas |
| | 0.8 | | | |
| | 0.9 | | | |
| | 1 | | | |

### 3.7.2 Tabel Pengujian Radikal Bebas pada Membran dengan Putih Telur sebagai Matriks

| Bahan | Massa Bahan | Ulangan Perlakuan | | |
|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III |
| Daun | 0.7 | Jenis radikal bebas | Jenis radikal bebas | Jenis radikal bebas |
| | 0.8 | | | |
| | 0.9 | | | |
| | 1 | | | |
| Biji | 0.7 | Jenis radikal bebas | Jenis radikal bebas | Jenis radikal bebas |
| | 0.8 | | | |
| | 0.9 | | | |
| | 1 | | | |
| Kulit | 0.7 | Jenis radikal bebas | Jenis radikal bebas | Jenis radikal bebas |
| | 0.8 | | | |
| | 0.9 | | | |
| | 1 | | | |

Keterangan : Jenis radikal bebas (Tabel 2.1)

1. Hidroperoksida
2. $CO_2^-$
3. C
4. Peroxy
5. $O_2^-$
6. CuOx
7. $CuGeO_3$

### 3.7.3 Tabel Data Nilai Densitas pada Membran

| Membran | m (g) | v ($cm^3$) | ρ ($g/cm^3$) |
|---|---|---|---|
| 0.7 | | | |
| 0.8 | | | |
| 0.9 | | | |
| 1 | | | |

### 3.7.4 Tabel Nilai Porositas pada Membran

| Membran | Massa Kering (g) | Massa Basah (g) | Volume (ml) | Porositas (%) |
|---|---|---|---|---|
| **0.7** | | | | |
| **0.8** | | | | |
| **0.9** | | | | |
| **1** | | | | |

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

# BAB IV
# HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Data Hasil Penelitian

### 4.1.1 Pembuatan Membran Komposit

Pembuatan membran komposit dari bahan serbuk daun delima, biji delima dan kulit buah delima terdiri dari 5 langkah. Langkah pertama adalah mengeringkan bahan (daun delima, biji delima dan kulit buah delima) menggunakan sinar matahari. Langkah kedua, menghaluskan serta mengayak bahan dengan menggunakan ayakan 200 Mesh. Langkah ketiga, mencampurkan bahan dengan PEG atau putih telur sebanyak 0.3 ml sebagai matriks kemudian diaduk sampai homogen untuk menghasilkan membran yang dapat menangkap radikal bebas dari asap rokok filter dengan baik. Langkah keempat, mencetak bahan menggunakan cetakan selang yang berdiameter 0.7 cm. Masing-masing sampel menggunakan variasi komposisi *filler* 0.7, 0.8, 0.9 dan 1 gram. Tahap kelima, memanaskan sampel kedalam oven dengan suhuh $105^{o}$ C selama 20 menit. Pemanasan ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terjebak di dalam membran.

Sampel membran komposit, selanjutnya akan diuji jenis radikal bebas dengan menggunakan ESR (*Electron Spin Resonance*) untuk mengetahui seberapa efektif dalam menangkap radikal bebas yang berasal dari asap rokok. Hasil terbaik dari ESR diukur nilai densitas dan porositas dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) untuk mengetahui morfologi permukaan membran.

Hasil pembuatan sampel membran komposit dengan menggunakan serbuk daun delima, biji delima dan kulit buah delima ditunjukkan pada gambar 4.1:

Gambar 4.1 Sampel Membran Komposit

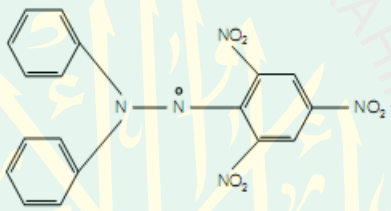
Gambar 4.1 adalah sampel membran komposit dari bahan serbuk daun delima, biji delima dan kulit buah delima dengan PEG dan putih telur sebagai matriks yang akan di uji jenis radikal bebas.

### 4.1.2 Data Hasil Pengujian Radikal Bebas

Pengujian radikal bebas pada asap rokok filter menggunakan ESR *(Electron Spin Resonance) Leybold Heracus* yang sudah dikalibrasi dengan *diphenylpicryl hidrazyl* (DPPH). Kalibrasi ini dimulai dengan meletakkan tabung yang berisi DPPH pada kumparan yang telah terpasang pada alat dasar ESR dan kemudian dilakukan dengan menghitung harga faktor g. Nilai faktor g diperoleh dari perubahan arus (I) dan frekuensi (f) saat terjadi resonansi simetris. Hasil *diphenylpicryl hidrazyl* (DPPH) pada penelitian ini didapatkan nilai frekuensi (f) 32,4 Hz dan arus (I) sebesar 0,273 A. Hasil nilai frekuensi dan arus dapat ditentukan dengan kuat medan magnet (B) sebesar 0,00115514 dan faktor-g dari

DPPH sebesar 2,00389. Kemudian DPPH dilepas dari kumparan dan dilanjutkan dengan pengujian jenis radikal bebas asap rokok filter kretek cigarettes.

DPPH adalah molekul organik, material paramagnetik dengan radikal stabil dan mempunyai satu elektron yang tak berikatan. DPPH dijadikan faktor kalibrasi karena DPPH merupakan sampel standart dimana struktur molekulnya memiliki satu elektron yang tidak berikatan dalam molekul sehingga dapat mendekati keadaan elektron bebas. Struktur molekul DPPH seperti terlihat pada gambar 4.2:




Gambar 4.2 Molekul DPPH $(C_6H_5)_2N - NC_6H_2(NO_2)_3$

Hasil dugaan radikal bebas asap rokok filter kretek cigarettes ditunjukkan pada tabel 4.1:

Tabel 4.1 Jenis Dugaan Radikal Bebas Asap Rokok Filter Kretek Cigarettes

| No. | Jenis Radikal Bebas Asap Rokok Kretek |
|---|---|
| 1. | Hidroperoksida |
| 2. | $CO_2^-$ |
| 3. | C |
| 4. | Peroxy |
| 5. | $O_2^-$ |
| 6. | CuOx |
| 7. | $CuGeO_3$ |

Tabel 4.1 menunjukkan 7 jenis dugaan radikal bebas asap rokok filter kretek cigarettes yang akan dijadikan sebagai acuan untuk menentukan jenis

radikal bebas. Rumus yang digunakan untuk menentukan jenis radikal bebas adalah pada persamaan 4.1:

$$g = \frac{hf}{\mu B} \qquad \text{(Fauziah, 2012)} \qquad (4.1)$$

setelah diketahui nilai deviasi g kemudian menentukan jenis radikal bebas asap rokok dari membran yang ditangkap oleh ESR.

Pengujian membran komposit pada rokok filter kretek cigarettes dilakukan dengan cara memasukkan rangkaian alat yang telah terpasang rokok pada ujung alat ke dalam kumparan, setelah itu rokok dibakar dan dihisap dengan menggunakan suntikan. Asap yang melewati kumparan dapat diamati pada layar ESR dan dapat ditentukan dugaan jenis radikal bebas pada asap rokok dengan cara menentukan besar frekuensi (f) dan Arus (I) yang dapat menghasilkan gambar seperti pada DPPH. Hasil pengujian radikal bebas pada membran komposit ditunjukkan pada beberapa tabel.

Tabel 4.2 Pengujian Radikal Bebas Membran Komposit dengan Serbuk Daun Delima sebagai *Filler* dan PEG sebagai Matriks

| **Uji** | **Massa Daun Delima** | **Jenis Radikal Bebas** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Hidroperoxida** | **$CO_2^-$** | **C** | **Peroxy** | **$O_2^-$** | **CuOx** | **$CuGeO_3$** |
| **I** | **0.7** | | | | | | ✓ | ✓ |
| | **0.8** | | | | | | ✓ | ✓ |
| | **0.9** | | | | | | ✓ | |
| | **1** | | | | | | ✓ | ✓ |
| **II** | **0.7** | | | | | | ✓ | ✓ |
| | **0.8** | | | | | | ✓ | ✓ |
| | **0.9** | | | | | | ✓ | |
| | **1** | | | | | | ✓ | ✓ |
| **III** | **0.7** | | | | | | ✓ | ✓ |
| | **0.8** | | | | | | ✓ | ✓ |
| | **0.9** | | | | | | ✓ | |
| | **1** | | | | | | ✓ | ✓ |

Tabel 4.3 Pengujian Radikal Bebas Membran Komposit dengan Serbuk Biji Delima sebagai *Filler* dan PEG sebagai Matriks

| Uji | Massa Biji Delima | Jenis Radikal Bebas | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hidroperoxida | $CO_2^-$ | C | Peroxy | $O_2^-$ | CuOx | $CuGeO_3$ |
| I | 0.7 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | |
| | 0.9 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |
| II | 0.7 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | |
| | 0.9 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |
| III | 0.7 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | |
| | 0.9 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |

Tabel 4.4 Pengujian Radikal Bebas Membran Komposit dengan Serbuk Kulit Buah Delima sebagai *Filler* dan PEG sebagai Matriks

| Uji | Massa Kulit Buah Delima | Jenis Radikal Bebas | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hidroperoxida | $CO_2^-$ | C | Peroxy | $O_2^-$ | CuOx | $CuGeO_3$ |
| I | 0.7 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | |
| | 0.9 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |
| II | 0.7 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | |
| | 0.9 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |
| III | 0.7 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | |
| | 0.9 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |

Tabel 4.5 Pengujian Radikal Bebas Membran Komposit dengan Serbuk Daun Delima sebagai *Filler* dan Putih Telur sebagai Matriks

| Uji | Massa Daun Delima | Jenis Radikal Bebas | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hidroperoxida | $CO_2^-$ | C | Peroxy | $O_2^-$ | CuOx | $CuGeO_3$ |
| I | 0.7 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.9 | | | | | | | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |
| II | 0.7 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.9 | | | | | | | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |
| III | 0.7 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.9 | | | | | | | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |

Tabel 4.6 Pengujian Radikal Bebas Membran Komposit dengan Serbuk Biji Delima sebagai *Filler* dan Putih Telur sebagai Matriks

| Uji | Massa Biji Delima | Jenis Radikal Bebas | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hidroperoxida | $CO_2^-$ | C | Peroxy | $O_2^-$ | CuOx | $CuGeO_3$ |
| I | 0.7 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | |
| | 0.9 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |
| II | 0.7 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | |
| | 0.9 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |
| III | 0.7 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | |
| | 0.9 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |

Tabel 4.7 Pengujian Radikal Bebas Membran Komposit dengan Serbuk Kulit Buah Delima sebagai *Filler* dan Putih Telur sebagai Matriks

| Uji | Massa Kulit Buah Delima | Jenis Radikal Bebas | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hidroperoxida | $CO_2^-$ | C | Peroxy | $O_2^-$ | CuOx | $CuGeO_3$ |
| I | 0.7 | | | | | | ✓ | |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | |
| | 0.9 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |
| II | 0.7 | | | | | | ✓ | |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | |
| | 0.9 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |
| III | 0.7 | | | | | | ✓ | |
| | 0.8 | | | | | | ✓ | |
| | 0.9 | | | | | | ✓ | ✓ |
| | 1 | | | | | | ✓ | ✓ |

Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian radikal bebas membran komposit serbuk daun delima dan PEG sebagai matriks. Hasil pengujian menunjukkan membran komposit dengan massa 0.7 g, 0.8 g, dan 1 g mampu menyerap lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok, sedangkan membran komposit dengan massa 0.9 g mampu menyerap enam dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok.

Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian radikal bebas membran komposit serbuk biji delima dan PEG sebagai matriks. Hasil pengujian menunjukkan membran komposit dengan massa 0.7 g, 0.9 g, dan 1 g mampu menyerap lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok, sedangkan membran komposit dengan massa 0.8 g mampu menyerap enam dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok.

Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengujian radikal bebas membran komposit serbuk kulit buah delima dan PEG sebagai matriks. Hasil pengujian menunjukkan membran komposit dengan massa 0.7 g, 0.9 g, dan 1 g mampu menyerap lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok, sedangkan membran komposit dengan massa 0.8 g mampu menyerap enam dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok.

Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian radikal bebas membran komposit serbuk daun delima dan putih telur sebagai matriks. Hasil pengujian menunjukkan membran komposit dengan massa 0.7 g, 0.8 g, dan 1 g mampu menyerap lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok, sedangkan membran komposit dengan massa 0.9 g mampu menyerap enam dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok.

Tabel 4.6 menunjukkan hasil pengujian radikal bebas membran komposit serbuk biji delima dan putih telur sebagai matriks. Hasil pengujian menunjukkan membran komposit dengan massa 0.7 g, 0.9 g, dan 1 g mampu menyerap lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok, sedangkan membran komposit dengan massa 0.8 g mampu menyerap enam dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok.

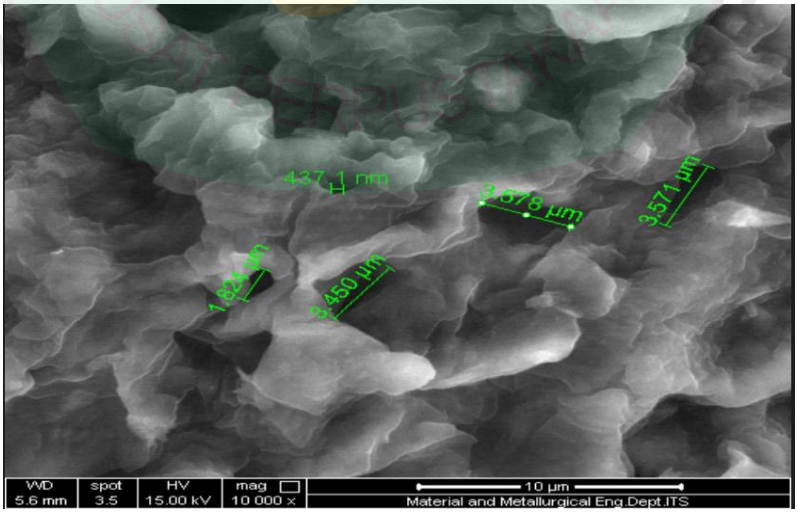
Tabel 4.7 menunjukkan hasil pengujian radikal bebas membran komposit serbuk kulit buah delima dan putih telur sebagai matriks. Hasil pengujian menunjukkan membran komposit dengan massa 0.7 g, dan 0.8 g mampu menyerap enam dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok, sedangkan

membran komposit dengan massa 0.9 dan 1 g mampu menyerap lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok.

### 4.1.3 Data Hasil Karakterisasi Membran Komposit

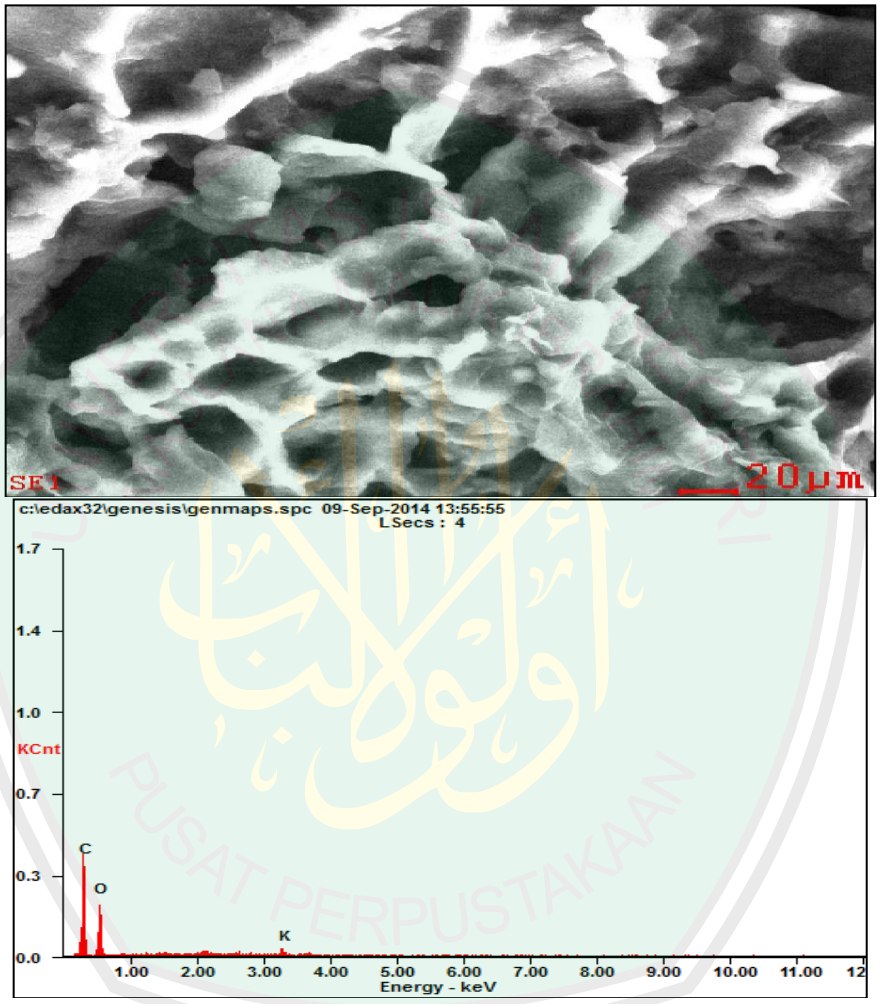
Karakterisasi membran komposit menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan beberapa perbesaran (1000x, 2500x, 5000x, 10000x, 20000x, 30000x) untuk mengetahui pada perbesaran berapakah membran komposit dapat diketahui ukuran pori-pori dan mengetahui morfologi permukaan membran komposit. Kemudian EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) berfungsi untuk mengetahui senyawa yang terkandung didalam bahan pada membran komposit.

Membran komposit serbuk daun delima dengan massa 0.9 gr dan PEG sebagai matriks dengan perbesaran 5000x terdapat rata-rata ukuran pori-pori sebesar 2572,02 nm (2.572 μm).




Gambar 4.3 Hasil SEM membran komposit dengan massa 0.9 gr serbuk daun delima dan PEG sebagai Matriks menggunakan perbesaran 5000x

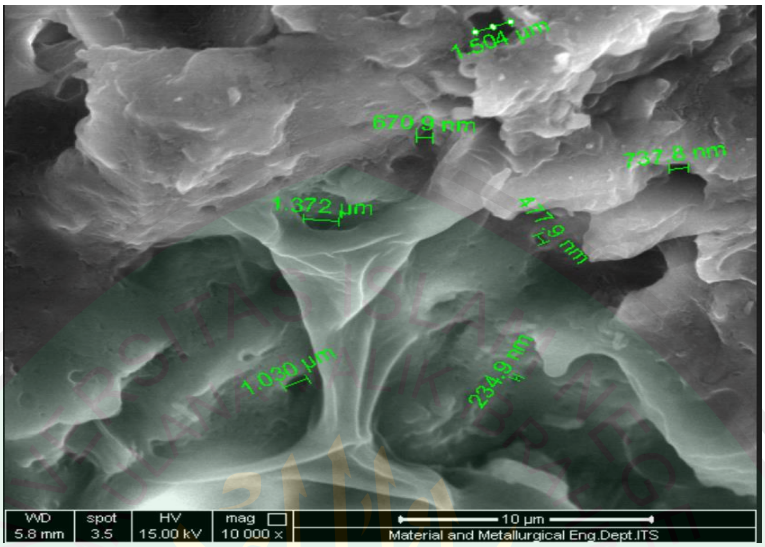
Pengujian EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) dilakukan untuk mengetahui komposisi (unsur penyusun membran), dengan pengambilan acuan sampel dari membran komposit ditunjukkan pada gambar 4.4:




Gambar 4.4 Hasil EDX membran komposit dengan komposisi *Filler* 0.9 gr serbuk daun delima dengan PEG sebagai Matriks

Pada gambar 4.4 menunjukkan hasil EDX membran komposit dengan komposisi *filler* 0.9 gr daun delima dengan PEG sebagai matriks, unsur penyusun pada permukaan membran komposit diantaranya adalah unsur carbon (C) dengan

komposisi 47.06 (Wt%), oksigen (O) dengan komposisi 50.49 (Wt%), kalium (K) dengan komposisi 2.45 (Wt%).



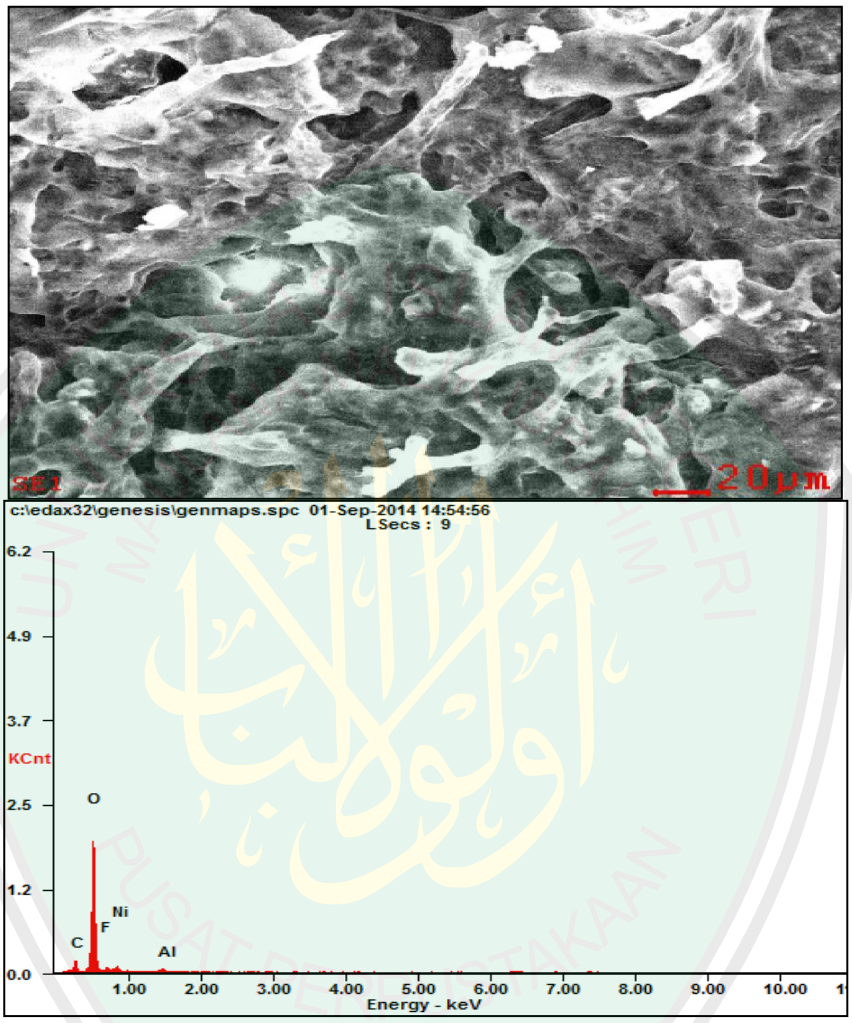

Gambar 4.5 Hasil SEM membran komposit dengan massa 0.8 gr serbuk biji delima dan Putih Telur sebagai Matriks dengan Pembesaran 5000x

Gambar 4.5 adalah hasil SEM membran komposit serbuk biji delima dengan massa 0.8 gr dan putih telur sebagai matriks dengan perbesaran 5000x. Hasil SEM menunjukkan membran komposit memiliki rata-rata ukuran pori-pori sebesar 861.07 nm (0.861 µm).

Pengujian Energy Dispersive X-ray (EDX) dilakukan untuk mengetahui komposisi (unsur penyusun membran), dengan pengambilan acuan sampel dari membran komposit ditunjukkan pada gambar 4.6.

Pada gambar 4.6 menunjukkan hasil EDX membran komposit dengan komposisi *filler* 0.8 gr biji delima dengan putih telur sebagai matriks, unsur penyusun pada permukaan membran komposit diantaranya adalah carbon (C) dengan komposisi 10.73 (Wt%), oksigen (O) dengan komposisi 69.95 (Wt%),

fluor (F) dengan komposisi 5.76 (Wt%), nikel (Ni) dengan komposisi 12.12 (Wt%) dan alumunium (Al) dengan komposisi 1.44 (Wt%).




Gambar 4.6 Hasil EDX membran komposit dengan komposisi *Filler* 0.8 gr serbuk biji delima dengan putih telur sebagai Matriks

### 4.1.4 Data Hasil Pengujian Densitas pada Membran Komposit

Pengujian nilai densitas pada membran menggunakan persamaan 4.2:

Densitas $(\rho) = \frac{\boldsymbol{m}\,(\boldsymbol{g})}{\boldsymbol{v}\,(\boldsymbol{cm}^3)}$ (4.2)

dengan ρ = densitas membran (gr/cm$^3$)

m = massa membran (gr)

v = volume membran ($cm^3$)

Hasil nilai densitas dari membran komposit dapat ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 4.8 Densitas membran komposit serbuk daun delima dengan PEG sebagai Matriks

| **Membran (g)** | **m (g)** | **v ($cm^3$)** | **ρ ($g/cm^3$)** |
|---|---|---|---|
| **0.7** | 1.06 | 0.692 | 1.532 |
| **0.8** | 1.08 | 1.055 | 1.023 |
| **0.9** | 1.11 | 1.105 | 1.004 |
| **1** | 1.11 | 1.155 | 0.961 |

Tabel 4.9 Densitas membran komposit serbuk Biji delima dengan PEG sebagai Matriks

| **Membran (g)** | **m (g)** | **v ($cm^3$)** | **ρ ($g/cm^3$)** |
|---|---|---|---|
| **0.7** | 1.09 | 0.731 | 1.491 |
| **0.8** | 1.13 | 0.846 | 1.335 |
| **0.9** | 1.14 | 0.923 | 1.235 |
| **1** | 1.16 | 1.205 | 0.962 |

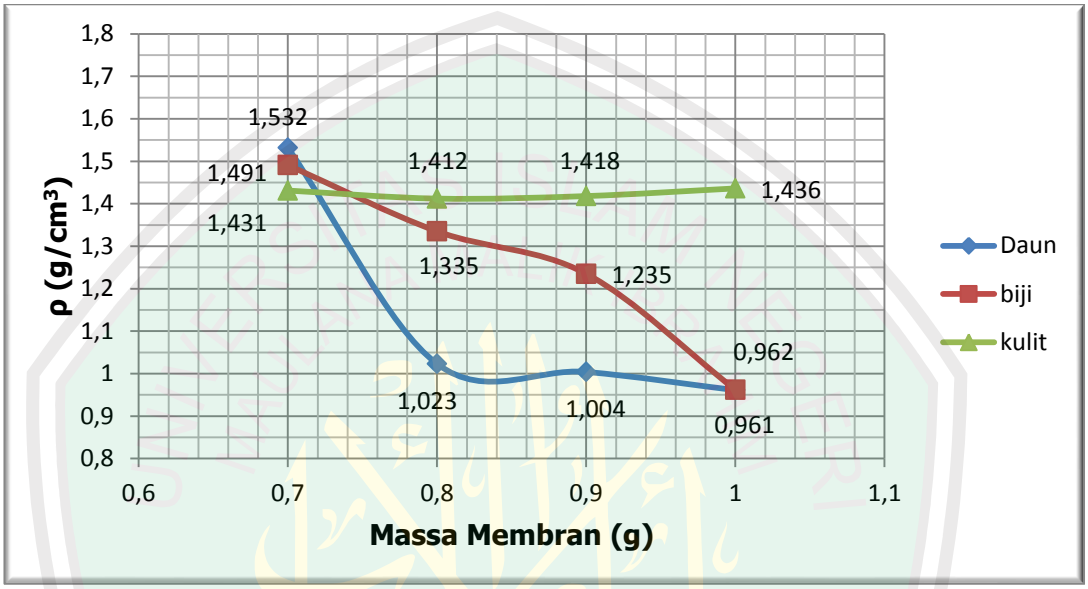
Tabel 4.10 Densitas membran komposit serbuk Kulit delima dengan PEG sebagai Matriks

| **Membran (g)** | **m (g)** | **v ($cm^3$)** | **ρ ($g/cm^3$)** |
|---|---|---|---|
| **0.7** | 1.10 | 0.769 | 1.431 |
| **0.8** | 1.14 | 0.807 | 1.412 |
| **0.9** | 1.20 | 0.846 | 1.418 |
| **1** | 1.27 | 0.884 | 1.436 |

Tabel 4.8 adalah hasil uji densitas membran komposit serbuk daun delima sebagai *filler* dan PEG sebagai matriks menunjukkan densitas tertinggi pada massa 0.7 g dengan nilai densitas sebesar 1.532 $g/cm^3$.

Tabel 4.9 adalah hasil uji densitas membran komposit serbuk biji delima sebagai *filler* dan PEG sebagai matriks menunjukkan densitas tertinggi pada massa 0.7 g dengan nilai densitas sebesar 1.491 $g/cm^3$.

Tabel 4.10 adalah hasil uji densitas membran komposit serbuk kulit buah delima sebagai *filler* dan PEG sebagai matriks menunjukkan densitas tertinggi pada massa 1 g dengan nilai densitas sebesar 1.436 g/cm$^3$.




Grafik 4.1 Hubungan variasi massa serbuk daun delima, biji delima dan kulit buah delima dengan PEG sebagai Matriks

Tabel 4.11 Densitas membran komposit serbuk Daun delima dengan Putih telur sebagai Matriks

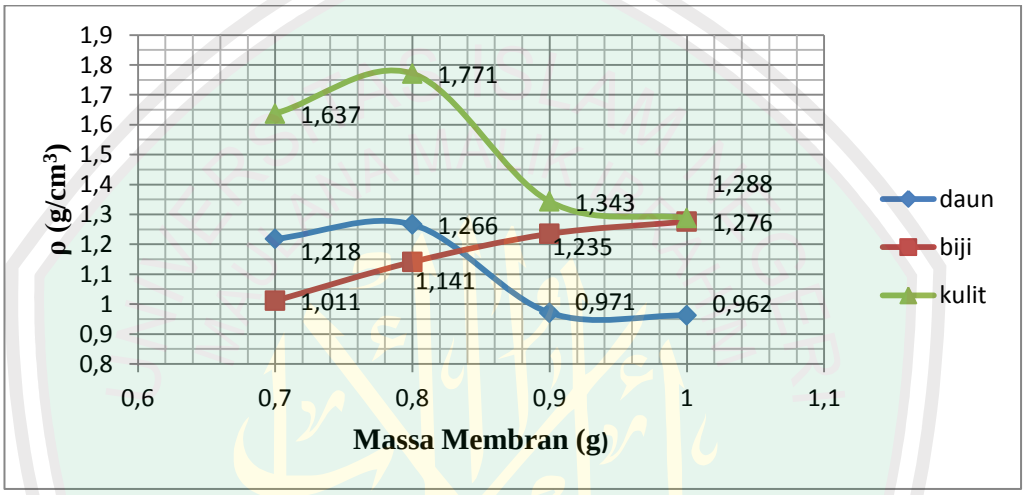
| **Membran (g)** | **m (g)** | **v (cm$^3$)** | **ρ (g/cm$^3$)** |
|---|---|---|---|
| **0.7** | 0.62 | 0.509 | 1.218 |
| **0.8** | 0.68 | 0.537 | 1.266 |
| **0.9** | 0.71 | 0.731 | 0.971 |
| **1** | 0.74 | 0.769 | 0.962 |

Tabel 4.12 Densitas membran komposit serbuk Biji delima dengan Putih telur sebagai Matriks

| **Membran (g)** | **m (g)** | **v (cm$^3$)** | **ρ (g/cm$^3$)** |
|---|---|---|---|
| **0.7** | 0.66 | 0.653 | 1.011 |
| **0.8** | 0.79 | 0.692 | 1.141 |
| **0.9** | 0.95 | 0.769 | 1.235 |
| **1** | 1.08 | 0.846 | 1.276 |

Tabel 4.13 Densitas membran komposit serbuk Kulit delima dengan Putih telur sebagai Matriks

| Membran (g) | m (g) | v ($cm^3$) | ρ ($g/cm^3$) |
|---|---|---|---|
| **0.7** | 0.74 | 0.452 | 1.637 |
| **0.8** | 0.85 | 0.480 | 1.771 |
| **0.9** | 0.93 | 0.692 | 1.343 |
| **1** | 1.04 | 0.807 | 1.288 |




Grafik 4.2 Hubungan variasi massa serbuk daun delima, biji delima dan kulit buah delima dengan putih telur sebagai matriks

Tabel 4.11 adalah hasil uji densitas membran komposit serbuk daun delima sebagai *filler* dan putih telur sebagai matriks menunjukkan densitas tertinggi pada massa 0.8 g dengan nilai densitas sebesar 1.266 $g/cm^3$.

Tabel 4.12 adalah hasil uji densitas membran komposit serbuk biji delima sebagai *filler* dan putih telur sebagai matriks menunjukkan densitas tertinggi pada massa 1 g dengan nilai densitas sebesar 1.276 $g/cm^3$.

Tabel 4.13 adalah hasil uji densitas membran komposit serbuk kulit buah delima sebagai *filler* dan putih telur sebagai matriks menunjukkan densitas tertinggi pada massa 0.8 g dengan nilai densitas sebesar 1.771 $g/cm^3$.

### 4.1.4 Data Hasil Pengujian Porositas Pada Membran Komposit

Pengujian nilai porositas pada membran menggunakan persamaan 4.3:

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{mb - mk}{Vb} \times \frac{1}{\tilde{n}\ (air)} \times 100\% \qquad (4.3)$$

Dengan P = porositas membran

Mb = massa basah (gr)

Mk = massa kering (gr)

ρ (air) = 1 (gr/cm$^3$)

Tabel 4.14 Porositas membran komposit serbuk daun delima dengan PEG sebagai Matriks

| Membran (g) | Massa Kering (g) | Massa Basah (g) | Volume (ml) | Porositas (%) |
|---|---|---|---|---|
| **0.7** | 1.06 | 1.12 | 0.692 | 8.67 |
| **0.8** | 1.08 | 1.19 | 1.055 | 10.42 |
| **0.9** | 1.11 | 1.29 | 1.105 | 16.29 |
| **1** | 1.11 | 1.30 | 1.155 | 16.45 |

Tabel 4.15 Porositas membran komposit serbuk Biji delima dengan PEG sebagai Matriks

| Membran (g) | Massa Kering (g) | Massa Basah (g) | Volume (ml) | Porositas (%) |
|---|---|---|---|---|
| **0.7** | 1.09 | 1.12 | 0.731 | 4.10 |
| **0.8** | 1.13 | 1.24 | 0.846 | 13.002 |
| **0.9** | 1.14 | 1.30 | 0.923 | 17.33 |
| **1** | 1.16 | 1.34 | 1.205 | 14.93 |

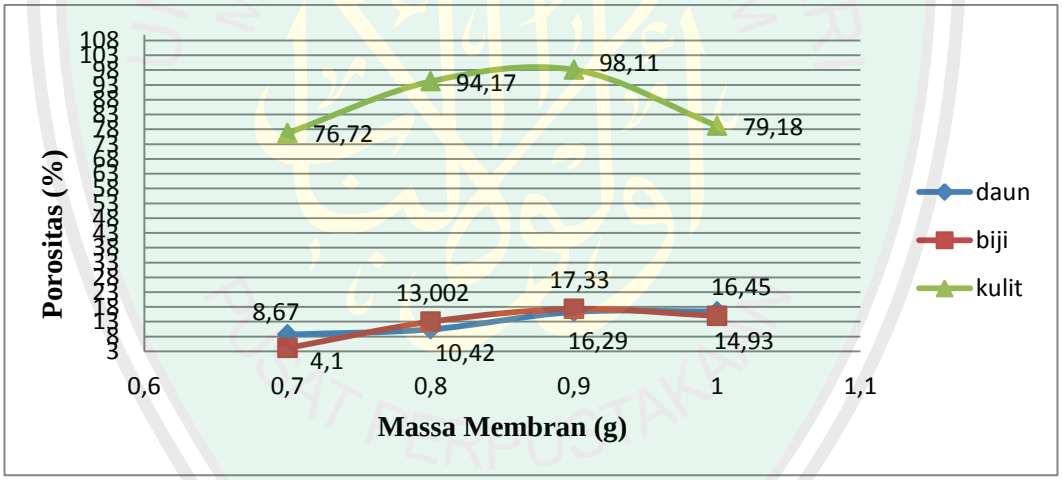
Tabel 4.16 Porositas membran komposit serbuk Kulit buah delima dengan PEG sebagai Matriks

| Membran (g) | Massa Kering (g) | Massa Basah (g) | Volume (ml) | Porositas (%) |
|---|---|---|---|---|
| **0.7** | 1.10 | 1.69 | 0.769 | 76.72 |
| **0.8** | 1.14 | 1.90 | 0.807 | 94.17 |
| **0.9** | 1.20 | 2.03 | 0.846 | 98.11 |
| **1** | 1.27 | 1.97 | 0.884 | 79.18 |

Tabel 4.14 adalah hasil uji porositas membran komposit serbuk daun delima sebagai *filler* dan PEG sebagai matriks menunjukkan porositas terendah pada massa 0.7 g dengan nilai porositas sebesar 8.67 %.

Tabel 4.15 adalah hasil uji porositas membran komposit serbuk biji delima sebagai *filler* dan PEG sebagai matriks menunjukkan porositas terendah pada massa 0.7 g dengan nilai porositas sebesar 4.10 %.

Tabel 4.16 adalah hasil uji porositas membran komposit serbuk kulit buah delima sebagai *filler* dan PEG sebagai matriks menunjukkan porositas terendah pada massa 0.7 g dengan nilai porositas sebesar 76.72 %.




Grafik 4.3 Hubungan variasi massa serbuk daun delima, biji delima dan kulit buah delima dengan PEG sebagai matriks

Tabel 4.17 Porositas membran komposit serbuk Daun delima dengan Putih telur sebagai Matriks

| **Membran (g)** | **Massa Kering (g)** | **Massa Basah (g)** | **Volume (ml)** | **Porositas (%)** |
|---|---|---|---|---|
| **0.7** | 0.62 | 0.92 | 0.509 | 58.94 |
| **0.8** | 0.68 | 0.97 | 0.537 | 54.01 |
| **0.9** | 0.71 | 1.02 | 0.731 | 42.40 |
| **1** | 0.74 | 1.12 | 0.769 | 49.41 |

Tabel 4.18 Porositas membran komposit serbuk Biji delima dengan Putih telur sebagai Matriks

| **Membran (g)** | **Massa Kering (g)** | **Massa Basah (g)** | **Volume (ml)** | **Porositas (%)** |
|---|---|---|---|---|
| **0.7** | 0.66 | 0.85 | 0.653 | 29.09 |
| **0.8** | 0.79 | 0.97 | 0.692 | 26.01 |
| **0.9** | 0.95 | 1.20 | 0.769 | 32.51 |
| **1** | 1.08 | 1.22 | 0.846 | 19.56 |

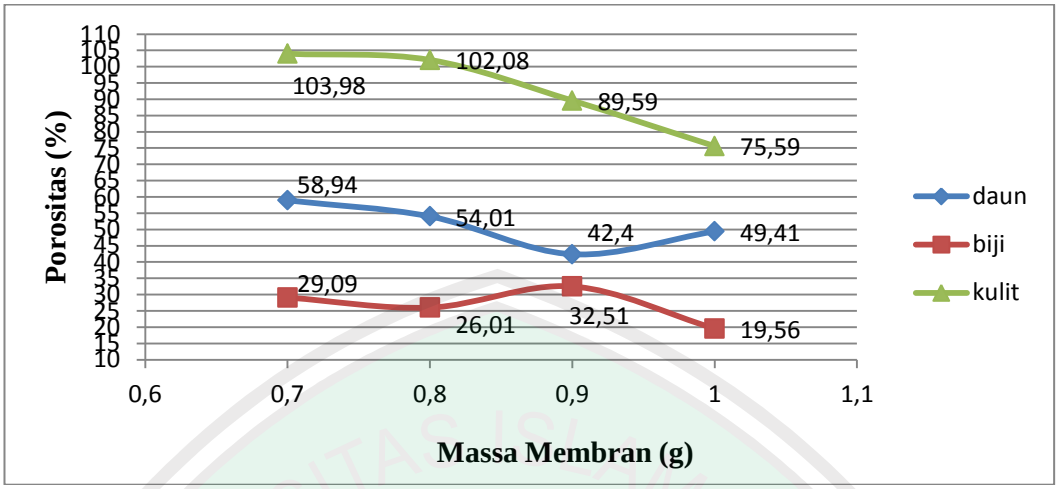
Tabel 4.19 Porositas membran komposit serbuk Kulit buah delima dengan Putih telur sebagai Matriks

| **Membran (g)** | **Massa Kering (g)** | **Massa Basah (g)** | **Volume (ml)** | **Porositas (%)** |
|---|---|---|---|---|
| **0.7** | 0.74 | 1.21 | 0.452 | 103.98 |
| **0.8** | 0.85 | 1.34 | 0.480 | 102.08 |
| **0.9** | 0.93 | 1.55 | 0.692 | 89,59 |
| **1** | 1.04 | 1.65 | 0.807 | 75.59 |

Tabel 4.17 adalah hasil uji porositas membran komposit serbuk daun delima sebagai *filler* dan putih telur sebagai matriks menunjukkan porositas terendah pada massa 0.9 g dengan nilai porositas sebesar 42.40 %.

Tabel 4.18 adalah hasil uji porositas membran komposit serbuk biji delima sebagai *filler* dan putih telur sebagai matriks menunjukkan porositas terendah pada massa 1 g dengan nilai porositas sebesar 19.56 %.

Tabel 4.19 adalah hasil uji porositas membran komposit serbuk kulit buah delima sebagai *filler* dan putih telur sebagai matriks menunjukkan porositas terendah pada massa 1 g dengan nilai porositas sebesar 75.59 %.




Grafik 4.4 Hubungan variasi massa serbuk daun delima, biji delima dan kulit buah delima dengan putih telur sebagai Matrik

## 4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Hasil pengujian radikal bebas asap rokok filter kretek cigarettes dapat diketahui melalui hasil dari nilai faktor-g yang telah diperoleh dari pengujian ESR kemudian dibandingkan dengan nilai faktor-g yang terdapat pada tabel radikal bebas (2.4), didapatkan dugaan jenis radikal bebas pada asap rokok kretek tanpa biofilter menunjukkan adanya 7 (tujuh) jenis radikal bebas yang mampu di deteksi oleh ESR *(Electron Spin Resonance) Leybold Heracus*, yaitu Hidroperoxida, $CO_2^-$, C, Peroxy, $O_2^-$, CuOx, $CuGeO_3$.

Pengujian membran komposit mampu menyerap beberapa jenis radikal bebas pada asap rokok filter kretek cigarettes. Membran komposit dengan massa daun delima 0.7 gram dan PEG mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoxida, $CO_2^-$, C, Peroxy, $O_2^-$, begitu juga pada massa 0.8 dan 1 gram massa daun delima. Sedangkan pada massa 0.9 gram dan PEG mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoxida, $CO_2^-$, C, Perocy, $O_2^-$, $CuGeO_3$. Pada membran komposit biji delima dan kulit buah delima mempunyai persamaan massa yang

mampu menyerap beberapa jenis radikal bebas, pada massa 0.7 gram dan PEG mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoxida, ,$CO_2^-$ C, Perocy, $O_2^-$, begitu juga pada massa 0.9 dan 1 gram biji delima. Sedangkan pada massa 0.8 gram dan PEG mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoxida, $CO_2^-$, C, Perocy, $O_2^-$, $CuGeO_3$.

Pada membran komposit daun delima dengan massa 0.7, 0.8, 1 gram dan putih telur mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoxida, $CO_2^-$, C, Peroxy dan $O_2^-$, sedangkan pada massa 0.9 gram dan putih telur mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoxida, $CO_2^-$, C, Perocy, $O_2^-$ dan CuOx. Pada membran komposit biji delima dengan massa 0.7, 0.9, 1 gram dan putih telur mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoxida, $CO_2^-$, C, Perocy, $O_2^-$, sedangkan pada massa 0.8 gram dan putih telur mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoxida, $CO_2^-$, C, Perocy, $O_2^-$ dan $CuGeO_3$. Pada membran komposit kulit buah delima dengan massa 0.7, 0.8 dan putih telur mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoxida, $CO_2^-$, C, Perocy, $O_2^-$ dan $CuGeO_3$, sedangkan pada massa 0.9, 1 gram dan putih telur mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoxida, $CO_2^-$, C, Perocy, $O_2^-$.

Pembuatan membran serbuk tanaman delima dan PEG sebagai matriks menunjukkan bahwa komposisi yang baik pada serbuk daun adalah pada komposisi 0.9 gr, sedangkan komposisi yang baik pada serbuk biji delima adalah pada komposisi 0.8 gr dan komposisi yang baik pada serbuk kulit buah delima adalah pada komposisi 0.8 gr. Hasil membran serbuk tanaman delima dengan putih telur sebagai matriks juga menunjukkan bahwa komposisi yang baik pada

serbuk daun delima adalah komposisi 0.9 gr, biji delima juga menunjukkan komposisi yang baik pada komposisi 0.8 gr dan pada kulit buah delima menunjukkan komposisi yang baik adalah o.7 dan 0.8 gr *filler*.

Tanaman delima mengandung senyawa *polifenol* dan *tanin* yang memiliki aktivitas antioksidan yang cukup tinggi, antioksidan ini nantinya bertindak sebagai suatu zat yang dapat menghambat atau memperlambat proses oksidasi. Oksidasi adalah jenis reaksi kimia yang melibatkan pengikatan oksigen dan pelepasan hydrogen, atau pelepasan elektron. Dilihat dari struktur kimianya, *tanin* memiliki aktifitas sebagai pemberi hydrogen (hydrogen-donating), karena memiliki 4 gugus OH, namun dalam penelitian ini, pada uji ESR selalu ditemukan radikal bebas CuOx disetiap membran, hal ini dimungkinkan karena tanaman delima tidak mempunyai cukup banyak kandungan antioksidan sehingga tidak mampu meredam kereaktifan dari radikal CuOx.

Pada masing-masing serbuk tanaman delima mengandung senyawa yang berbeda sehingga kemampuan untuk menyerap jenis radikal bebas dari asap rokokpun berbeda sesuai dengan komposisi filler. Yanjun (2009) juga menjelaskan bahwa buah delima (*Punica granatum* Linn) merupakan salah satu sumber antioksidan dari tumbuh-tumbuhan dengan kandungan polifenol dan antosianin yang cukup tinggi. Pigmen antosianin berfungsi untuk warna merah, ungu dan biru dari buah, sayuran dan bunga. Antosianin merupakan salah satu antioksidan kuat yang mampu mencegah berbagai kerusakan akibat stress oksidatif sehingga mampu melindungi sel dari radikal bebas (Yanjun et al, 2009; Cao et al, 2001).

Karakterisasi membran menggunakan SEM *(Scanning Electron Microscopy)* dengan menggunakan perbesaran 1000x, 2500x, 5000x, 10000x, 20000x dan 30000x. Hal ini untuk mengetahui pada perbesaran berapakah membran dapat diketahui ukuran pori-pori dan senyawa yang terkandung pada membran. Pada perbesaran 5000x membran dapat terlihat jelas pori-porinya. Membran komposit serbuk daun delima dengan komposisi 0.9 gr didapatkan rata-rata ukuran pori-pori sebesar 2572.02 nm sedangkan untuk membran komposit serbuk biji delima didapatkan rata-rata ukuran pori-pori sebesar 861.07 nm. Kemudian diketahui juga ukuran jari-jari atom dari radikal bebas $O_2^-$ sebesar ±0.141 nm dan radikal bebas C sebesar ±0.170 nm. Setiap pori-pori membran memiliki ukuran yang bereda-beda, hal ini dapat disebabkan karena kurangnya homogen dalam pengadukan matriks dan *filler.* Callister (2007) menjelaskan bahwa jari-jari radikal bebas rata-rata mempunyai ukuran nm sehingga penyerapan radikal bebas pada asap rokok tidak dipengaruhi oleh pori-pori membran, namun dapat dipengaruhi oleh kandungan pada *filler* pada membran komposit tersebut.

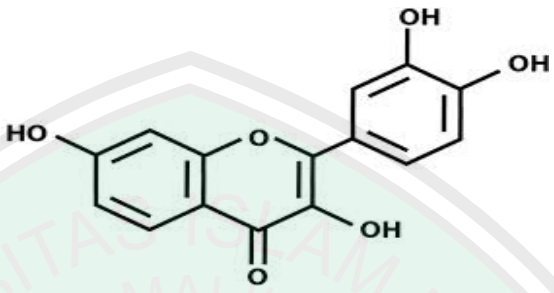
Hasil karakterisasi *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX) menunjukkan bahwa pada permukaan membran serbuk daun delima terdapat unsur-unsur logam dengan komposisi yang berbeda-beda, diantaranya adalah unsur carbon (C) dengan komposisi 47.06 (Wt%), oksigen (O) dengan komposisi 50.49 (Wt%), kalium (K) dengan komposisi 2.45 (Wt%). Sedangkan hasil karakterisasi sinar-X pada *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDX) menunjukkan bahwa pada permukaan membran serbuk biji delima terdapat unsur-unsur logam

dengan komposisi yang berbeda-beda, diantaranya adalah carbon (C) dengan komposisi 10.73 (Wt%), oksigen (O) dengan komposisi 69.95 (Wt%), fluor (F) dengan komposisi 5.76 (Wt%), nikel (Ni) dengan komposisi 12.12 (Wt%) dan alumunium (Al) dengan komposisi 1.44 (Wt%). Hasil EDX pada membran serbuk biji delima menunjukkan hasil senyawa kimia lebih banyak dibanding dengan daun delima.

Oci (2014) menjelaskan bahwa tanaman delima memilki kandungan gizi yang banyak, diantaranya adalah daun delima mengandung senyawa kalsium *oksalat, alkaloid, tanin, peroxida, flavon glikosida*. Biji buah delima mengandung vitamin A, vitamin E, vitamin C, kalium dan asam folat. Senyawa yang terdapat dalam biji buah delima yaitu *antosianin, glukosa, asam askorbat, asam elaginat, asam galat, asam kafeat dan zat besi asam amino*. Kulit buah delima memilki *alkaloid pelletierence, betulic acid, isoquerticin, granatin, ursolic acid, resin, tanin, triterpenoid,* pati dan kalsium *oksalat.* Delima juga merupakan sumber kelompok vitamin B kompleks yang vital, diantaranya adalah *folates*, *pantothenic acid* (vitamin B5), *pyridoxine,* vitamin K, kalsium, *potassium, magnesium dan copper* (Oci Y.M & Kurnia, 2014).

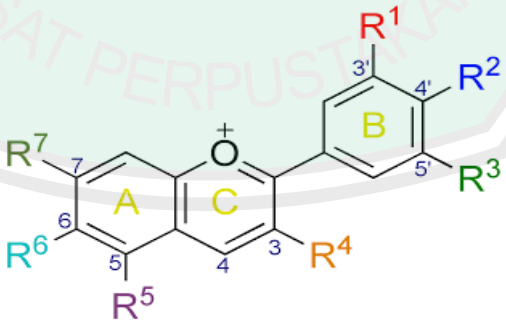
Senyawa yang tekandung dalam tanaman delima rata-rata mengandung tanin. Tanin merupakan suatu substansi yang banyak dan tersebar, sehingga sering ditemukan dalam tanaman. Tanin diketahui mempunyai beberapa khasiat, yaitu sebagai astringen, anti diare, anti bakteri dan antioksidan. Tanin juga merupakan substansi yang tersebar luas dalam tanaman, seperti daun, buah yang belum matang, batang dan kulit kayu. Pada buah yang belum matang, tanin digunakan

sebagai energi dalam proses metabolisme dalam bentuk oksidasi tanin. Tanin yang dikatakan sebagai sumber asam pada buah. Struktur molekul tanin terlihat pada gambar 4.7:




Gambar 4.7 Struktur Molekul Tanin

Begitu juga salah satu senyawa yang terkandung dalam biji delima adalah antosianin. Antosianin adalah suatu kelas dari senyawa flavonoid yang secara luas terbagi dalam polifenol tumbuhan. Flavonol, flavan-3-ol, flavon, flavanon, dan flavanonol adalah kelas tambahan flavonoid yang berbeda dalam oksidasi dari antosianin. Larutan pada senyawa flavonoid adalah tak berwarna atau kuning pucat (Wrolstad, 2001). Struktur molekul antosianin terlihat seperti gambar 4.8:




Gambar 4.8 Struktur Molekul Antosianin

Data nilai densitas membran komposit dengan PEG sebagai matriks menunjukkan nilai densitas tertinggi pada daun delima adalah pada komposisi 0.7 g dengan nilai 1.532 g/cm$^3$ (tabel 4.8). Begitu juga pada biji delima, komposisi

yang baik adalah pada 0.7 g dengan nilai densitas tertinggi 1.491 g/cm$^3$ (tabel 4.9). Sedangkan pada kulit delima nilai densitas tertinggi pada komposisi 1 g dengan nilai tertinggi 1.436 g/cm$^3$ (tabel 4.10). Sedangkan nilai densitas membran komposit dengan putih telur sebagai matriks menunjukkan bahwa daun delima pada komposisi 0.8 gr mempunyai nilai tertinggi 1.266 g/cm$^3$ (tabel 4.11), biji delima pada komposisi 1 g nilai tertinggi adalah 1.276 g/cm$^3$ (tabel 4.12) dan pada kulit delima pada komposisi 0.8 g nilai tertinggi adalah 1.771 g/cm$^3$ (tabel 4.13).

Nilai porositas membran dengan PEG sebagai matriks menunjukkan nilai porositas terendah pada massa serbuk daun dengan komposisi 0.7 g adalah 8.67 % (tabel 4.14). Nilai porositas terendah pada massa serbuk biji delima dengan komposisi 0.7 g adalah 4.10 % (tabel 4.15) dan nilai porositas terendah pada massa serbuk kulit buah delima dengan komposisi 0.7 g adalah 76.72 % (tabel 4.16). Sedangkan nilai porositas membran dengan putih telur sebagai matriks menunjukkan bahwa daun delima pada komposisi 0.9 gr mempunyai nilai terendah 42.40 % (tabel 4.17), biji delima pada komposisi 1 g nilai terendah adalah 19.56 % (tabel 4.18) dan pada kulit delima pada komposisi 1 g nilai terendah adalah 75.59 % (tabel 4.19).

Hubungan densitas dan porositas berbanding terbalik, semakin tinggi nilai densitas membran maka semakin rendah nilai porositas membran. Hal ini berarti semakin tinggi nilai densitas maka suatu membran mempunyai pori-pori kecil dan rapat, sebaliknya jika nilai porositas tinggi maka suatu membran mempunyai pori-pori dan rongga yang lebar sehingga asap rokok yang melewati membran akan mudah dan jenis radikal bebas dari asap rokok yang dapat diserap oleh membran

akan semakin sedikit.

Berdasarkan keterangan Dwi (2007) bahwa porositas kebalikan dari data densitas, besar porositas berkurang seiring dengan bertambahnya komposisi matriksnya. Untuk sampel yang dibuat pada penelitian, pori hanya berasal dari ruang kosong antara partikel, karena tidak terdapat additif yang dapat menghasilkan *bubble*. Dengan semakin banyaknya komposisi matrik, tentunya partikel-partikel karbon akan saling berdekatan karena direkatkan oleh matrik. Akibatnya ruang kosong antar partikel menjadi lebih sedikit. Hal ini secara langsung mengurangi porositas dari sampel. Porositas akan semakin kecil jika semakin banyak matrik yang tidak terbakar setelah proses *drying*. Matriks yang seharusnya terbakar dan meninggalkan ruang kosong, tetap berada di antara partikel, sehingga menutup ruang antar partikel matriks, selain berfungsi memperkuat *green body* (sampel sebelum dikenai perlakuan panas) juga memperkuat sampel setelah dilakukan perlakuan panas. Pernyataan ini sesuai dengan data hasil pengukuran yang menunjukkan meningkatnya porositas seiring dengan meningkatnya komposisi matriks (Dwi Karsa A.R dkk, 2007: xxiv).

Membran yang telah dibuat menggunakan variasi komposisi serbuk yang berbeda-beda dengan ditambah PEG sebagai matriks menghasilkan karakteristik yang berbeda pula. Polietilen glikol (PEG) merupakan salah satu diantara zat aditif yang sering ditambahkan pada pembuatan membran yang berfungsi sebagai porogen untuk meningkatkan keteraturan bentuk pori-pori pada membran sehingga struktur pori lebih rapat dan membran yang dihasilkan semakin bagus. Sedangakan membran yang dibuat menggunakan putih telur

sebagai matriks menghasilkan membran yang mempunyai pori-pori yang lebih lebar dibandingkan dengan pembuatan yang menggunakan PEG.

Hal ini dijelaskan karena putih telur mengandung kadar air yang tinggi dan menyebabkan putih telur menjadi bagian yang paling mudah rusak selama proses penyimpanan. Selain itu putih telur merupakan bagian yang lebih encer daripada kuning telur. Hal yang menyebabkan bagian putih telur menjadi lebih encer adalah hilangnya sebagian protein ovomucin yang berfungsi sebagai pembentuk struktur putih telur. Peningkatan pH akan menyebabkan terjadinya ikatan kompleks *ovomucyn-lysizym* yang akan mengeluarkan air sehingga putih telur menjadi encer (Stadelman dan Cotterill, 1995).

Allah Swt berfirman dalam Al-Qur'an surat Al-An'am ayat 99 :

وَهُوَ ٱلَّذِىٓ أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَخۡرَجۡنَا بِهِۦ نَبَاتَ كُلِّ شَىۡءٍ فَأَخۡرَجۡنَا مِنۡهُ خَضِرًا نُّخۡرِجُ مِنۡهُ حَبًّا مُّتَرَاكِبًا وَمِنَ ٱلنَّخۡلِ مِن طَلۡعِهَا قِنۡوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّـٰتٍ مِّنۡ أَعۡنَابٍ وَٱلزَّيۡتُونَ وَٱلرُّمَّانَ مُشۡتَبِهًا وَغَيۡرَ مُتَشَـٰبِهٍ ۗ ٱنظُرُوٓاْ إِلَىٰ ثَمَرِهِۦٓ إِذَآ أَثۡمَرَ وَيَنۡعِهِۦٓ ۚ إِنَّ فِى ذَٰلِكُمۡ لَأٓيَـٰتٍ لِّقَوۡمٍ يُؤۡمِنُونَ ﴿٩٩﴾

*"Dialah yg menurunkan air dari langit, lalu kami tumbuhkan dgn air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yg menghijau, kami keluarkan dari tanaman yg menghijau itu butir yg banyak; dari mayang kurma, mengurai tangkai-tangkai yg menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yg serupa dan yg tidak serupa. Perhatikanlah buahnya pada waktu berbuah, dan menjadi masak. Sungguh, pada yg demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yg beriman,"(QS Al-An`am 6:99).*

Allah mengeluarkannya dari bumi, dengan air yang hanya satu macam ini, keluarlah buah-buahan itu dengan segala perbedaan, macamnya, rasanya,

warnanya, baunya, dan bentuknya. Allah juga berfirman dalam al-Qur'an surat asy-Syu'araa' 26/7, yaitu :

أَوَلَمۡ يَرَوۡاْ إِلَى ٱلۡأَرۡضِ كَمۡ أَنۢبَتۡنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوۡجٖ كَرِيمٍ ۝٧

*"Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?"*
*(Q.S asy-Syu'araa' 26:7)*

Kata زوج bermakna *macam*, dan kata الكريم bermakna *Yang mulia dari segala sesuatu berarti yang diridhai dan terpuji darinya.* Sedangkan pada Tafsir al-Qurthubi, kata الزوج adalah *warna*. كريم artinya *baik dan mulia*. Adapun asal kata الكرم dalam bahasa Arab adalah الفضل (keutamaan). نحله كريمه artinya *kurma yang unggul dan banyak buahnya* (al-Qurthubi 13, 2008).

Ibnu Qayyim Al-Jauziyah menyebutkan sebuah hadits pengobatan yg diriwayatkan oleh Sayyidina Ali r.a yg mendengar Rasulullah Saw bersabda:

عن علي رضي الله عنه قال: "كلوا الرمان بشحمه فإنه دباغ للمعدة

"Makanlah delima bersama lemaknya, karena dapat membersihkan lambung," (HR Ahmad).

Penafsiran tentang ayat di atas menjelaskan betapa banyaknya tanaman dan buah-buahan yang telah Allah ciptakan di bumi untuk dapat dimanfaatkan dan dapat memberikan kesehatan bagi manusia, salah satunya tanaman tersebut adalah delima sebagaimana tanaman yang telah digunakan untuk pembuatan membran komposit sebagai pengganti filter rokok yang dapat menangkap radikal bebas asap rokok. Membran alami yang dibuat dengan menggunakan delima ini bertujuan untuk mengurangi radikal bebas yang masuk kedalam tubuh perokok aktif.

Selama ini rokok dianggap sebagai sesuatu yang berbahaya bahkan sebagian besar penelitian mengatakan bahwa rokok memiliki banyak dampak negatif khususnya dalam bidang kesehatan. Sebenarnya rokok yang paling berbahaya adalah kandungan radikal bebasnya. Hampir semua penyakit metabolisme yang ada dalam tubuh manusia, seperti kanker, jantung dan disfungsi organ disebabkan oleh akumulasi radikal bebas yang membentuk senyawa beracun dalam tubuh. Radikal bebas biasanya menangkap elektron dari molekul lain untuk mencapai kestabilannya. Ketika molekul yang diserang kehilangan elektronnya, maka molekul tersebut akan menjadi radikal bebas dan memulai suatu reaksi berantai yang merusak kehidupan sel (Ilmiyah dan Rahmah, 2012).

Firman Allah swt dalam Q.S as-Syuura 42 :30-31,

وَمَآ أَصَـٰبَكُم مِّن مُّصِيبَةٍ فَبِمَا كَسَبَتۡ أَيۡدِيكُمۡ وَيَعۡفُواْ عَن كَثِيرٖ ٣٠ وَمَآ أَنتُم بِمُعۡجِزِينَ فِي ٱلۡأَرۡضِۖ وَمَا لَكُم مِّن دُونِ ٱللَّهِ مِن وَلِيّٖ وَلَا نَصِيرٖ ٣١

*"Dan apa saja musibah yang menimpa kamu maka adalah disebabkan oleh perbuatan tanganmu sendiri, dan Allah memaafkan sebagian besar dari kesalahan-kesalahanmu. Dan kamu tidak dapat melepaskan diri (dari azab Allah) di muka bumi, dan kamu tidak memperoleh seorang pelindung dan tidak pula penolong selain Allah".* (Q.S as-Syuura 42 :30-31).

Ayat diatas menjelaskan *"Dan apa saja musibah yang menimpa kamu maka adalah disebabkan oleh perbuatan tanganmu sendiri"*, dari sini dapat diartikan bahwa segala sesuatu yang tidak baik atau musibah (sakit) disebabkan oleh manusia itu sendiri. Allah swt telah menciptakan langit bumi beserta seisinya ditujukan kepada makhluk-Nya adalah untuk dimanfaatkan secara benar dan baik

supaya kebutuhan manusia dapat terpenuhi dan dinikmati. Bukan untuk dirusak dan disalah gunakan.

Seperti halnya pada pembuatan membran komposit ini adalah bahan dasarnya telah Allah swt sediakan agar dapat dimanfaatkan dengan bijaksana, baik dan digunakan sebagai salah satu bentuk penyelesaian dampak negatif asap rokok untuk perokok aktif.

# BAB V
# PENUTUP

## 5.1 Kesimpulan

Penelitian membran komposit menggunakan serbuk daun delima, biji delima, kulit buah delima dengan tambahan PEG dan putih telur 0.3 ml sebagai matriks dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Membran komposit dengan bahan serbuk daun delima, biji delima dan kulit buah delima dengan penambahan larutan PEG dan putih telur 0.3 ml sebagai matriks dapat menyerap beberapa jenis radikal bebas.
2. Perbandingan komposisi tanaman delima yang baik dalam penyerapan radikal bebas asap rokok juga tergantung pada unsur-unsur yang terkandung di dalamnya. Membran komposit dengan campuran PEG sebagai matriks dan daun delima sebagai *filler* dengan massa 0.9 g lebih mampu menyerap beberapa jenis radikal bebas asap rokok dibandingkan dengan menggunakan komposisi (0.7 g, 0.8 g dan 1 g). Sedangkan pada membran yang menggunakan biji delima dan kulit buah delima sebagai *filler*, Masing-masing membran komposit yang lebih mampu menyerap beberapa jenis radikal asap rokok adalah dengan massa 0.8 g. Begitu juga pada membran komposit yang menggunakan putih telur sebagai matriks, daun delima sebagai *filler* dengan massa 0.9 g lebih mampu menyerap beberapa jenis radikal bebas asap rokok, sedangkan biji delima sebagai *filler* dengan 0.8 g lebih mampu menyerap beberapa jenis radikal bebas

asap rokok dan pada kulit buah delima sebagai *filler* dengan massa 0.7 g dan 0.8 g lebih mampu menyerap beberapa jenis radikal bebas asap rokok.

3. Porositas kebalikan dari data densitas, besar porositas berkurang seiring dengan bertambahnya komposisi matriksnya. Hal ini berarti semakin tinggi nilai densitas maka suatu membran tersebut pori-porinya semakin kecil dan rapat, sebaliknya jika nilai porositasnya tinggi maka suatu membran mempunyai pori-pori dan rongga yang lebar sehingga asap rokok yang melewati membran akan mudah dan jenis radikal bebas dari asap rokok akan sedikit yang dapat diserap oleh membran.

## 5.2 Saran

1. Penyetakan bahan diperlukan ketelitian dan tidak terlalu ditekan supaya menghasilkan membran yang baik dan tidak terlalu padat sehingga mudah untuk menyerap asap rokok.
2. Diperlukan alat ESR yang lebih canggih supaya mendapatkan hasil yang lebih valid.

# DAFTAR PUSTAKA


Abdul Wahhab bin abdul Salam Tawilah. 1986. *Fiqh al-Asyribah wa Hadduha Aw Hukm Al-Islam Fi Al-Muskirat Wa Al-Mukhaddirat Wa Al-Tadkhim Wa Turuq Mu'alajatiha*. Kaherah: Dar Al-Salam : 435

Abdullah, Mikrajuddin. Dan Khairurrijal. 2009. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi Review :Karakterisasi Nanomaterial*. ISSN 1979-0880

Adam, T. 2006. *Investigation of tobacco pyrolysis gases and puff-by-puff resolved cigarette smoked by single photon ionization (SPI)-time-of-flight mass spectrometry (TOFMS). Disertasi Technischen Universitat*, Munchen.

Aditama, T. Y. 1992. *Rokok dan Kesehatan*. Jakarta. UI. 3-5

Agustina, Siti dkk. 2006. *Penggunaan Teknologi Membran Pada Pengolahan Air Limbah Industri Kelapa Sawit: Jurnal Penelitian pdf*.

Alleoni, A. C. C. Dan Antunes A. J. 2004. *Albumen Foam Stability and S-Ovalbumin Contents in Eggs Coated with Whey Protein Concentrate*. Universidade do Norte do Paraná, UNOPAR, Londrina

Al-Qurthubi, Syaikh Imam. 2008. *Al-Jami' li Ahkam Al-Qur'an*.Penerjemah: Sudi Rosadi, Fathurrahman, Ahmad Hotib. Jakarta: Pustaka Azzam

Armstrong, Sue.1991.*Pengaruh Rokok Terhadap Kesehatan*. Jakarta: Arcan

Astawan, M. 2008. *Sehat Dengan Buah. Cetakan pertama.* Jakarta: Penerbit Dian Rakyat. Halaman: 40-45.

Baldwin, R.E. 1973. *Functional Properties in Food.Dalam: W.J. Stadelman and O.J Cotterill (Eds), Egg Science and Technology*. The Avi Publishing, Westport, Connecticut

Basyier, Abu Umar. 2011. *Kedokteran Nabi SAW Antara Realitas & Kebohongan.* Surabaya: Shafa Publika

Belkic, Karen, 2004. *Molecular Imaging Through Magnetic Resonance for Clinical Oncology*. USA, CISP

Budka, F. 2008. *Active Ingredients, Their Bioavaibility and The Health Benefit of Punica Granatum Linn (Pomegranate).* Accessed : 02-03-2014.

Callister, W. 2007. *An Introduction Materials Science and Engineering*. USA: John Wiley & Sons

Cao, Chun, R. Wang, T. S. Chunga and Y. Liu. 2002. *Formation Of High-Performance 6FDA-2,6-DAT Asymmetric Composite Hollow Fiber Membranes For CO2/ CH4Separation, Journal of Membrane Science.* vol. 209, pp. 309 –319.

Cao, G., Mumlitelli H.U., Moreno C.S., dan Prior R.L. 2001. *Anthocyanins are Absorbed in Glycated Forms in Elderly Women. American Journal Of Clinical Nutrition.* 73 (5): 920-926.

Chooi, Ong Hean. 2007. *Buah; Khasiat Makanan dan Ubatan.* Kuala Lumpur. Taman Shamelin Perkasa

Christensen, L. 1994. *Experimental Methodology*. London: Allyn and Bacon,Inc

Desmond, T. 2000.*Tropical Fruit of Indonesia*. Archipelago Press. p 84-85.

Dewi Maulida dan Naufal Zulkarnaen. 2010. *Ekstarksi Antioksidan (LIKOPEN) Dari Buah Tomat Dengan Menggunakan Solven Campuran, n-Heksana, Aseton, dan Etanol.* Jurnal Teknik Kimia. P. 5-7

Dodds, Bill. 2008. *1440 Alasan Stop Merokok.* Jakarta: Hikmah

Gultom, Manuara P.F. 2007. *Pemanfaatan Membran Kitosin Termodifikasi Polivinil Alkohol dengan Polietilena Glikol Sebagai Porogen Pada Dialisis Larutan* . Jurusan Kimia Fakultas MIPA IPB: *Jurnal Penelitian pdf.*

Hiroe, S., S. Fujita, dan T. Gunji. 1975. *Buku penuntun tentang tata cara pengeringan (curing) tembakau virginia.* Jakarta: The Japan Tobacco & Salt Public Corporation (JTS)

Irawan. 2010. *Energi dispersif X-Ray Analisis*

Jabbar, Abdul. 2008. *Nge-rokok Bikin Kamu "Kaya".* Solo. Samudera

Jauziyah, Ibn Qayyim. 2012. *Rasulullah Dokterku Penyembuhan Penyakit Cara Rasulullah.* Yogyakarta: Mitra Buku

John, E. 1972. *Electron Spin Resonance.* USA: McGraw Hill Icn

Jones, P. M. 1975. *Mechanics Of Composite Materials, Institute Of Technology, Southem Methodist University.* Dallas: Mc Graw-Hill

Karsa A.R Dwi, dkk. 2007. *Pembuatan Adsorben Dari Zeolit Alam Dengan Karakteristik Adsorption Properties Untuk Kemurnian Bioetanol*. Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri: *Jurnal Penelitian pdf.*

Kumalaningsih, Sri. 2006. *Antioksidan Alami - Penangkal Radikal Bebas.* Surabaya: Trubus Agrisarana

Lostari, Aini. 2011. *Pengaruh Jumlah Pengulangan Penggunaan Minyak Goreng terhadap Banyaknya Kandungan Radikal Bebas (Studi Kasus Penggorengan Kepala Ayam Broiler).* Malang: Jurusan Fisika F-MIPA Universitas Brawijaya

Milder, M. 1996. *Basic Priciples of Membrane Technology*. Netherland: Kluwer Academic

Muchtadi, T. R. dan Sugiyono. 1992. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan Dan Gizi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor

Mulder, Marcel. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*. London: Kluwer Academic Publishers, pp. 51 – 59, pp. 307 – 319, pp. 465 – 479

Oci Y.M & Dewi, Kurnia Kumala. 2014. *Khasiat Ajaib Delima.* Jakarta: Padi

Pabby, Anil K, S. S. H. Rizvi and A. M. Sastre,. 2009. *Handbook of Membrane Separations Chemical, Pharmaceutical, Food, and Biotechnological Applications, CRC Press Taylor & Francis Group.* New York. pp. 66 – 100.

Peter B A. *Electron Spin Resonance in Chemistry.* Methuen & Co. 1967, 337.

Proctor PH, Reynolds ES. 1984. *Free radicals and disease in man*. Physiol Chem Phys Med. 16;1984:175-95.

Rahmat, H Rukmana. 2003. *Delima.* Yogyakarta: Kanisius

Rodgman, A. and T.A. Perfetti. 2006. *The composition of cigarette smoke; A catalogue ot the polycyclic hydrocarbons. Beiträge zur Tabakforchung* 22(1):13-69.

Romanoff, A. L. and A. J. Romanoff. 1963. *The Avian Eggs*. New York: John Willey and sons, Inc

Santoso, Hieronymus Budi. 1998. *TOGA 2-Tanaman Obat Keluarga.* Yogyakarta: Kanisius

Sayyid, Abdul Muhammad Basith. 2011. *Pola Makan Rasulullah; Makanan Sehat Berkualitas Menurut Al-Qur'an dan As-Sunnah.* Jakarta: Almahira

Schwartz, M. M. 1984. *Composite Materials Handbook.* New York: Mc Graw-Hill

Sies, H. 1991. *Oxidative Stress* : From Basic Research to Clinical Applications : Am.J.Med.. 91 suppl. 3C, paper 3C-31S.

Sirait, C. H. 1986. *Telur dan Pengolahannya*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan

Stadelman, W. J. and O. J. Cotteril. 1995. *Egg Science and Technology. 4th Ed. Food Products Press*. New York: An Imprint of the Haworth Press, Inc.

Sugiyarto, KH. 2000. *Kimia Anorganik I, Jurdik Kimia.* Yogyakarta: FMIPA UNY

Tso, T.C. 1999. *Seed to smoke. Tobacco: Production, chemistry, and technology. D.L. Davis and M.T. Nielsen eds. Nlackwell Sci. p. 1-31.*

Wirakusumah, Emma Pandi. 2010. *Sehat Cara Al-Qur'an dan Hadits*. Jakarta: Hikmah

Wirakusumah, Emma S. 2007. *Jus Buah dan Sayuran.* Jakarta: Penebar Swadaya

Yanjun, Z., Dana, K., Robert, D., Rypo, L., dan David, W. 2009. *International Multidimentional Authenticity Specification (IMAS) Algo rithm for Detection of Comercial Pomegranate Juice Adulteration. J. Agric Food Chem.* 57(6):2550-2557.

Zahar, Gretha.,Sumitro, Sutiman Bambang. 2011. *Divine Kretek Rokok Sehat*. Masyarakat Bangga Produk Indonesia (MBPI)

LAMPIRAN I

Data dugaan jenis radikal bebas pada rokok filter kretek cigarettes

| f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|
| 31.8 | 0.271 | 0.001147 | 1.981301 | Hidroperoxida |
| 31.9 | 0.272 | 0.001151 | 1.980224 | Hidroperoxida |
| 32.0 | 0.272 | 0.001151 | 1.986432 | Hidroperoxida |
| 32.1 | 0.272 | 0.001151 | 1.992639 | $CO_2^-$ |
| 32.2 | 0.272 | 0.001151 | 1.998847 | $CO_2^-$ |
| 32.3 | 0.272 | 0.001151 | 2.005054 | C |
| 32.4 | 0.272 | 0.001151 | 2.011262 | Peroxy |
| 32.5 | 0.272 | 0.001151 | 2.01747 | Peroxy |
| 32.6 | 0.271 | 0.001147 | 2.031145 | $O_2^-$ |
| 32.7 | 0.271 | 0.001147 | 2.037375 | $O_2^-$ |
| 33.6 | 0.271 | 0.001147 | 2.09345 | CuOx |
| 33.7 | 0.271 | 0.001147 | 2.09968 | CuOx |
| 34.4 | 0.271 | 0.001147 | 2.143294 | $CuGeO_3$ |
| 34.5 | 0.271 | 0.001147 | 2.149524 | $CuGeO_3$ |
| 34.6 | 0.271 | 0.001147 | 2.155755 | $CuGeO_3$ |
| 34.7 | 0.271 | 0.001147 | 2.161985 | $CuGeO_3$ |

Data dugaan jenis radikal bebas membran komposit serbuk daun delima dengan PEG sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

Uji I

| Massa Daun (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.155754639 | $CuGeO_3$ |
| 0.8 | 33.7 | 0.272 | 0.00115091 | 2.091960684 | CuOx |
| | 33.8 | 0.272 | 0.00115091 | 2.098168282 | CuOx |
| | 34.3 | 0.272 | 0.00115091 | 2.129206275 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.272 | 0.00115091 | 2.135413873 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.272 | 0.00115091 | 2.141621472 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.272 | 0.00115091 | 2.14782907 | $CuGeO_3$ |
| | 34.7 | 0.272 | 0.00115091 | 2.154036669 | $CuGeO_3$ |
| 0.9 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 1 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.155754639 | $CuGeO_3$ |

Uji II

| Massa Daun (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 33.8 | 0.272 | 0.00115091 | 2.098168282 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| 0.8 | 33.7 | 0.272 | 0.00115091 | 2.091960684 | CuOx |
| | 34.4 | 0.272 | 0.00115091 | 2.135413873 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.272 | 0.00115091 | 2.141621472 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.272 | 0.00115091 | 2.14782907 | $CuGeO_3$ |
| | 34.7 | 0.272 | 0.00115091 | 2.154036669 | $CuGeO_3$ |
| 0.9 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 1 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |

Uji III

| Massa Daun (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.155754639 | $CuGeO_3$ |
| | 34.7 | 0.272 | 0.00115091 | 2.154036669 | $CuGeO_3$ |
| 0.8 | 33.7 | 0.272 | 0.00115091 | 2.091960684 | CuOx |
| | 33.8 | 0.272 | 0.00115091 | 2.098168282 | CuOx |
| | 34.3 | 0.272 | 0.00115091 | 2.129206275 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.272 | 0.00115091 | 2.135413873 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.272 | 0.00115091 | 2.141621472 | $CuGeO_3$ |
| 0.9 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 33.8 | 0.272 | 0.00115091 | 2.098168282 | CuOx |
| 1 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |

Data dugaan jenis radikal bebas membran komposit serbuk biji delima dengan PEG sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

Uji I

| Massa Biji (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.155754639 | $CuGeO_3$ |
| 0.8 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 0.9 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |

Uji II

| Massa Biji (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| 0.8 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 33.8 | 0.272 | 0.00115091 | 2.098168282 | CuOx |
| 0.9 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |

Uji III

| Massa Biji (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 33.8 | 0.272 | 0.00115091 | 2.098168282 | CuOx |
| 0.9 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 33.8 | 0.272 | 0.00115091 | 2.098168282 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |

Data dugaan jenis radikal bebas membran komposit serbuk kulit buah delima dengan PEG sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

Uji I

| Massa Kulit (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| 0.8 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 0.9 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.8 | 0.272 | 0.00115091 | 2.098168282 | CuOx |
| | 34.3 | 0.272 | 0.00115091 | 2.129206275 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.272 | 0.00115091 | 2.135413873 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.272 | 0.00115091 | 2.141621472 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.272 | 0.00115091 | 2.14782907 | $CuGeO_3$ |
| | 34.7 | 0.272 | 0.00115091 | 2.154036669 | $CuGeO_3$ |

Uji II

| Massa Kulit (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| 0.8 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 0.9 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.8 | 0.272 | 0.00115091 | 2.098168282 | CuOx |
| | 34.3 | 0.272 | 0.00115091 | 2.129206275 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.272 | 0.00115091 | 2.135413873 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.272 | 0.00115091 | 2.141621472 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.272 | 0.00115091 | 2.14782907 | $CuGeO_3$ |
| | 34.7 | 0.272 | 0.00115091 | 2.154036669 | $CuGeO_3$ |

Uji III

| Massa Kulit (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| 0.8 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 0.9 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.8 | 0.272 | 0.00115091 | 2.098168282 | CuOx |
| | 34.3 | 0.272 | 0.00115091 | 2.129206275 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.272 | 0.00115091 | 2.135413873 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.272 | 0.00115091 | 2.141621472 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.272 | 0.00115091 | 2.14782907 | $CuGeO_3$ |
| | 34.7 | 0.272 | 0.00115091 | 2.154036669 | $CuGeO_3$ |

Data dugaan jenis radikal bebas membran komposit serbuk daun delima dengan putih telur sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

Uji I

| **Massa Daun (g)** | **f (Hz)** | **I (A)** | **B (T)** | **Faktor-g** | **Dugaan Jenis Radikal Bebas** |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| 0.8 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| | 34. 6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.155754639 | $CuGeO_3$ |
| 0.9 | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.155754639 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |

Uji II

| Massa Daun (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| 0.8 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| 0.9 | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.155754639 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |

Uji III

| Massa Daun (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| 0.8 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| | 34. 6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.155754639 | $CuGeO_3$ |
| 0.9 | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.155754639 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |

Data dugaan jenis radikal bebas membran komposit serbuk biji delima dengan putih telur sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

Uji I

| Massa Biji (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| 0.8 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 0.9 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.155754639 | $CuGeO_3$ |

Uji II

| Massa Biji (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| 0.8 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 0.9 | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |

Uji III

| Massa Biji (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| 0.8 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 0.9 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |

Data dugaan jenis radikal bebas membran komposit serbuk kulit buah delima dengan putih telur sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

Uji I

| Massa Kulit (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 0.8 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 0.9 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.155754639 | $CuGeO_3$ |

Uji II

| Massa Kulit (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 0.8 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 0.9 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.155754639 | $CuGeO_3$ |

Uji III

| Massa Kulit (g) | f (Hz) | I (A) | B (T) | Faktor-g | Dugaan Jenis Radikal Bebas |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.7 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 0.8 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| 0.9 | 33.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.093449591 | CuOx |
| | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| 1 | 33.7 | 0.271 | 0.00114668 | 2.099680096 | CuOx |
| | 34.2 | 0.271 | 0.00114668 | 2.13083262 | $CuGeO_3$ |
| | 34.3 | 0.271 | 0.00114668 | 2.137063124 | $CuGeO_3$ |
| | 34.4 | 0.271 | 0.00114668 | 2.143293629 | $CuGeO_3$ |
| | 34.5 | 0.271 | 0.00114668 | 2.149524134 | $CuGeO_3$ |
| | 34.6 | 0.271 | 0.00114668 | 2.155754639 | $CuGeO_3$ |

Lampiran II

Beberapa nilai jari-jari atom

| Nomor | Simbol | Nama | Jari-jari | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Empiris † | Hasil Perhitungan | Van Der Waals | Kovalen |
| 1 | H | Hydrogen | 25 | 53 | 120 | 37 |
| 2 | He | Helium | - | 31 | 140 | 32 |
| 3 | Li | Lithium | 145 | 167 | 182 | 134 |
| 4 | Be | Beryllium | 105 | 112 | - | 90 |
| 5 | B | Boron | 85 | 87 | - | 82 |
| 6 | C | Carbon | 70 | 67 | 170 | 77 |
| 7 | N | Nitrogen | 65 | 56 | 155 | 75 |
| 8 | O | Oxygen | 60 | 48 | 152 | 73 |
| 9 | F | Flourine | 50 | 42 | 147 | 71 |
| 10 | Ne | Neon | - | 38 | 154 | 69 |
| 11 | Na | Sodium | 180 | 190 | 227 | 154 |
| 12 | Mg | Magnesium | 150 | 145 | 173 | 130 |
| 13 | Al | Aluminium | 125 | 118 | - | 118 |
| 14 | Si | Silicon | 110 | 111 | 210 | 111 |
| 15 | P | Phosphorus | 100 | 98 | 180 | 106 |
| 16 | S | Sulfur | 100 | 88 | 180 | 102 |
| 17 | Cl | Chlorine | 100 | 79 | 175 | 99 |
| 18 | Ar | Argon | 71 | 71 | 188 | 97 |
| 19 | K | Potassium | 220 | 243 | 275 | 196 |
| 20 | Ca | Calsium | 180 | 194 | - | 174 |
| 21 | Sc | Scandium | 160 | 184 | - | 144 |
| 22 | Ti | Titanium | 140 | 176 | - | 136 |
| 23 | V | Vanadium | 135 | 171 | - | 125 |
| 24 | Cr | Chromium | 140 | 166 | - | 127 |
| 25 | Mn | Manganese | 140 | 161 | - | 139 |
| 26 | Fe | Iron | 140 | 156 | - | 125 |
| 27 | Co | Cobalt | 135 | 152 | - | 126 |
| 28 | Ni | Nickel | 135 | 149 | 163 | 121 |
| 29 | Cu | Copper | 135 | 145 | 140 | 138 |
| 30 | Zn | Zinc | 135 | 142 | 139 | 131 |
| 31 | Ga | Gallium | 130 | 136 | 187 | 126 |
| 32 | Ge | Germanium | 125 | 125 | - | 122 |
| 33 | As | Arsenic | 115 | 114 | 185 | 119 |
| 34 | Se | Selenium | 115 | 103 | 190 | 116 |
| 35 | Br | Bromine | 115 | 94 | 185 | 114 |
| 36 | Kr | Krypton | - | 88 | 202 | 110 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 37 | Rb | Rubidium | 135 | 265 | - | 211 |
| 38 | Sr | Strontium | 200 | 219 | - | 192 |
| 39 | Y | Yttrium | 180 | 212 | - | 162 |
| 40 | Zr | Zirconium | 155 | 206 | - | 148 |
| 41 | Nb | Niobium | 145 | 198 | - | 137 |
| 42 | Mo | Molybdenum | 145 | 190 | - | 145 |
| 43 | Tc | Technetium | 135 | 183 | - | 156 |
| 44 | Ru | Ruthenium | 130 | 178 | - | 126 |
| 45 | Rh | Rhodium | 135 | 173 | - | 135 |
| 46 | Pb | Palladium | 140 | 169 | 163 | 131 |
| 47 | Ag | Silver | 160 | 165 | 172 | 153 |
| 48 | Cd | Cadmium | 155 | 161 | 158 | 148 |
| 49 | In | Indium | 145 | 156 | 193 | 144 |
| 50 | Sn | Tin | 145 | 145 | 217 | 141 |
| 51 | Sb | Antimony | 140 | 133 | - | 138 |
| 52 | Te | Tellurium | 140 | 123 | 206 | 135 |
| 53 | I | Iodine | - | 115 | 198 | 133 |
| 54 | Xe | Xenon | 260 | 108 | 216 | 130 |
| 55 | Cs | Caesium | 215 | 298 | - | 225 |
| 56 | Ba | Barium | 195 | 253 | - | 198 |
| 57 | La | Lanthanum | 185 | - | - | 169 |
| 58 | Ce | Cerium | 185 | - | - | - |
| 59 | Pr | Praseodymium | 185 | 247 | - | - |
| 60 | Nd | Neodymium | 185 | 206 | - | - |
| 61 | Pm | Promethium | 185 | 205 | - | - |
| 62 | Sm | Samarium | 185 | 238 | - | - |
| 63 | Eu | Europium | 185 | 231 | - | - |
| 64 | Gd | Gadolinium | 180 | 233 | - | - |
| 65 | Tb | Terbium | 175 | 225 | - | - |
| 66 | Dy | Dysprosium | 175 | 228 | - | - |
| 67 | Ho | Holmium | 175 | - | - | - |
| 68 | Er | Erbium | 175 | 226 | - | - |
| 69 | Tm | Thulium | 175 | 222 | - | - |
| 70 | Yb | Ytterbium | 175 | 222 | - | - |
| 71 | Lu | Lutetium | 175 | 217 | - | 160 |
| 72 | Hf | Hafnium | 155 | 208 | - | 150 |
| 73 | Ta | Tantalum | 145 | 200 | - | 138 |
| 74 | W | Tungsten | 135 | 193 | - | 146 |
| 75 | Re | Rhenium | 135 | 188 | - | 159 |
| 76 | Os | Osmium | 130 | 185 | - | 128 |
| 77 | Ir | Iridium | 135 | 180 | - | 137 |
| 78 | Pt | Platinum | 135 | 177 | 175 | 128 |
| 79 | Au | Gold | 135 | 174 | 166 | 144 |
| 80 | Hg | Mercury | 150 | 171 | 155 | 149 |

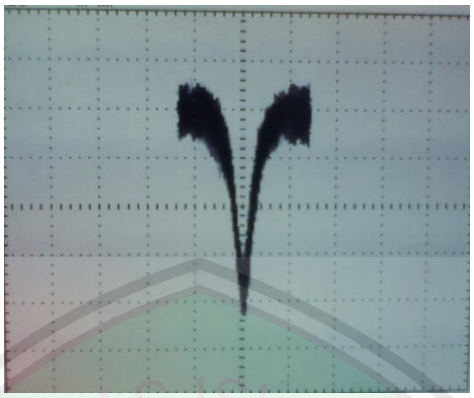
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 81 | Tl | Thallium | 190 | 156 | 196 | 148 |
| 82 | Pb | Lead | 180 | 154 | 202 | 147 |
| 83 | Bi | Bismuth | 160 | 143 | - | 146 |
| 84 | Po | Polonium | 190 | 135 | - | - |
| 85 | At | Astatine | - | - | - | - |
| 86 | Rn | Radon | - | 120 | - | 145 |
| 87 | Fr | Francium | - | - | - | - |
| 88 | Ra | Radium | 215 | - | - | - |
| 89 | Ac | Actinium | 195 | - | - | - |
| 90 | Th | Thorium | 180 | - | - | - |
| 91 | Pa | Protactinium | 180 | - | - | - |
| 92 | U | Uranium | 175 | - | 186 | - |
| 93 | Np | Neptunium | 175 | - | - | - |
| 94 | Pu | Plutonium | 175 | - | - | - |
| 95 | Am | Americium | 175 | - | - | - |
| 96 | Cm | Curium | - | - | - | - |
| 97 | Bk | Berkelium | - | - | - | - |
| 98 | Cf | Californium | - | - | - | - |
| 99 | Es | Eisnteinium | - | - | - | - |
| 100 | Fm | Fermium | - | - | - | - |
| 101 | Md | Mendelevium | - | - | - | - |
| 102 | No | Nobelium | - | - | - | - |
| 103 | Lr | Lawrencium | - | - | - | - |
| 104 | Rf | Rutherfordium | - | - | - | - |
| 105 | Db | Dubnium | - | - | - | - |
| 106 | Sg | Seaborgium | - | - | - | - |
| 107 | Bh | Bohrium | - | - | - | - |
| 108 | Hs | Hassium | - | - | - | - |
| 109 | Mt | Maitnerium | - | - | - | - |
| 110 | Ds | Darmstadtium | - | - | - | - |
| 111 | Rg | Roentgenium | - | - | - | - |
| 112 | Uub | Ununbium | - | - | - | - |
| 113 | Uut | Ununtrium | - | - | - | - |
| 114 | Uuq | Ununquadium | - | - | - | - |
| 115 | Uup | Ununpentium | - | - | - | - |
| 116 | Uuh | Ununhexium | - | - | - | - |

**Catatan:** semua pengukuran dituliskan dalam satuan pikometer (pm)

- Radius suatu atom bukanlah suatu karakteristik yang unik dan bergantung dari definisi. Data yang diambil dari sumber yang berbeda dengan asumsi (pemodelan atau pengukuran) yang berbeda tidak dapat dibandingkan
- † sampai dengan ketelitian kira-kira 5 pm
- - data tidak tersedia

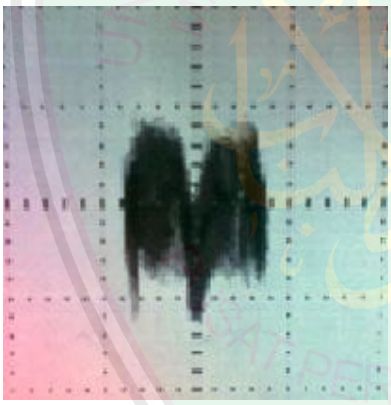
LAMPIRAN III

Gambar Resonansi *(Electron Spin Resonance)* ESR

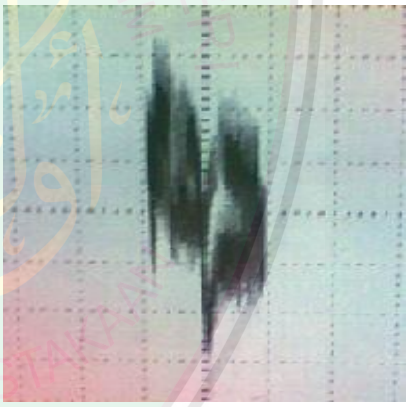


Gambar resonansi DPPH

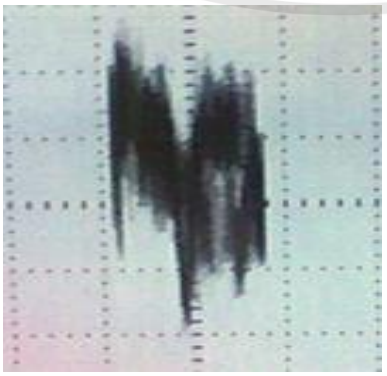
Gambar resonansi rokok kretek



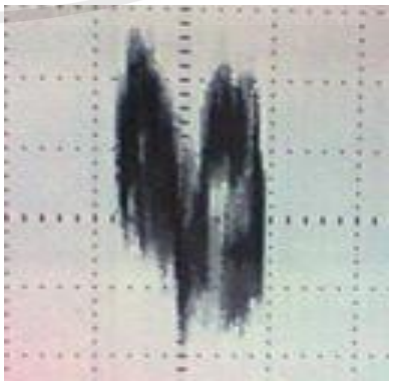
Hidriperiksida



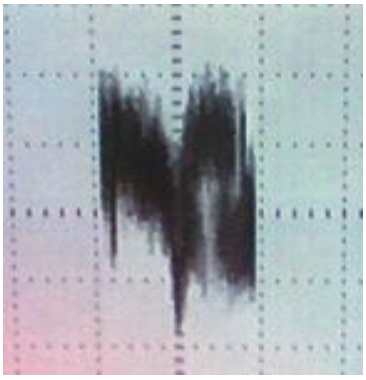
CuOx



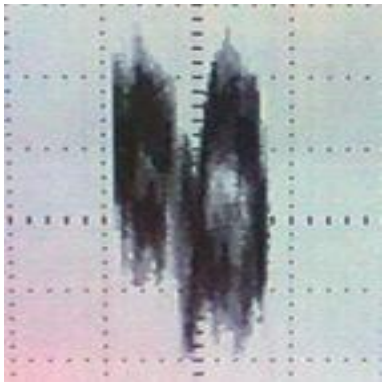
$CuGeO_3$



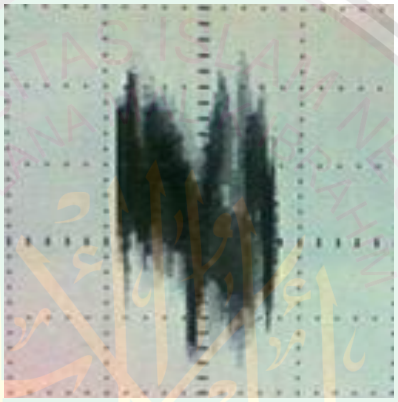
$CO_2^-$



Peroxy



C



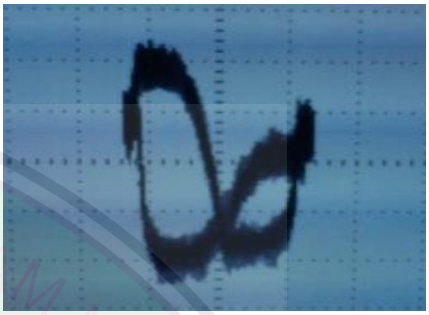
$O_2^-$

Gambar resonansi rokok filter dengan membran

Variasi massa serbuk daun delima dengan PEG sebagai matriks

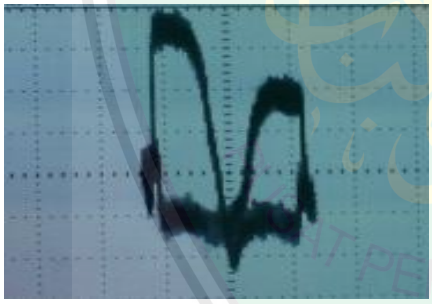
Massa daun 0.7 g

CuOx

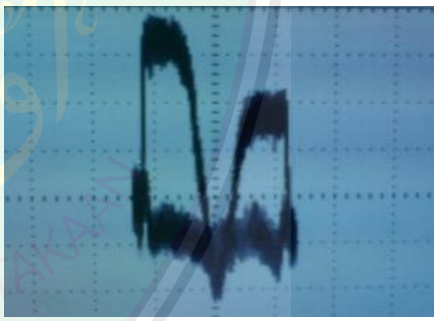


$CuGeO_3$

Massa daun 0.8 g

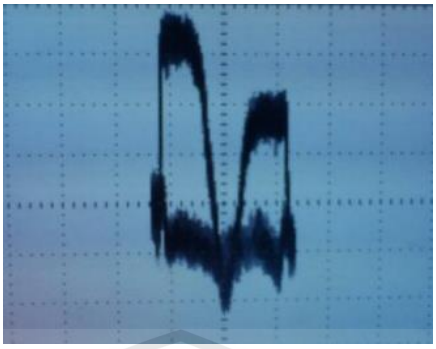


CuOx



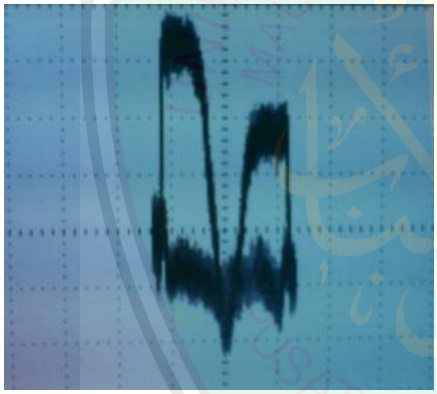
$CuGeO_3$

Massa daun 0.9 g

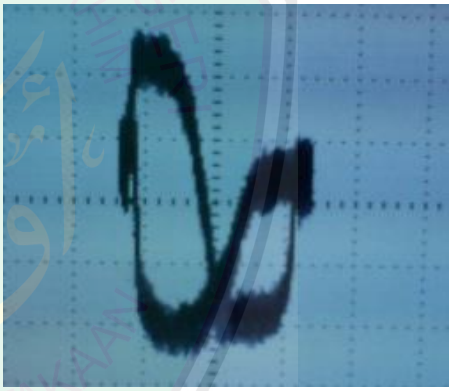


CuOx

Massa daun 1 g



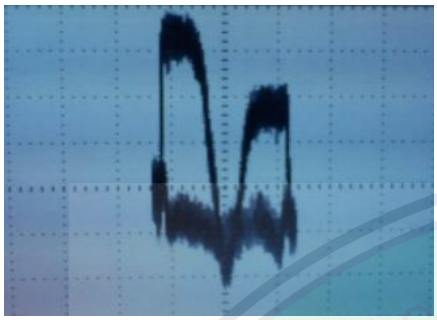
CuOx



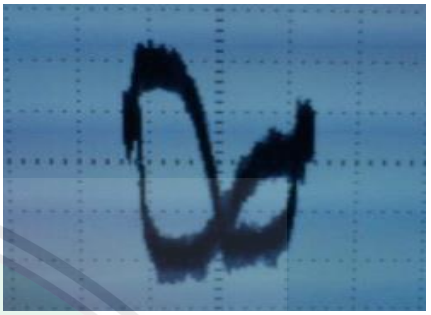
$CuGeO_3$

Variasi massa serbuk biji delima dengan PEG sebagai matriks

Massa biji 0.7 g

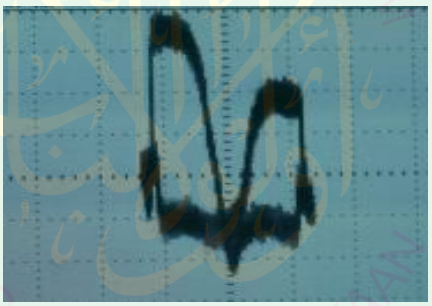


CuOx



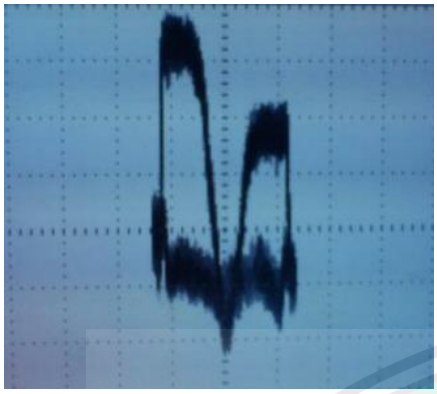
$CuGeO_3$

Massa biji 0.8 g

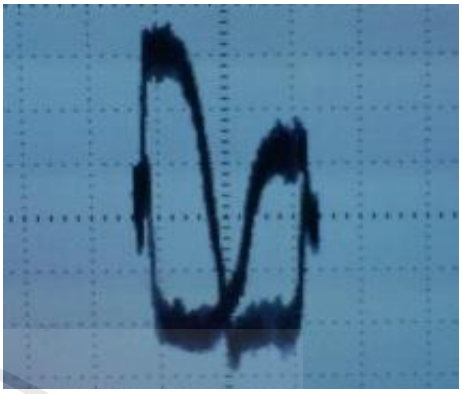


CuOx

Massa biji 0.9 g

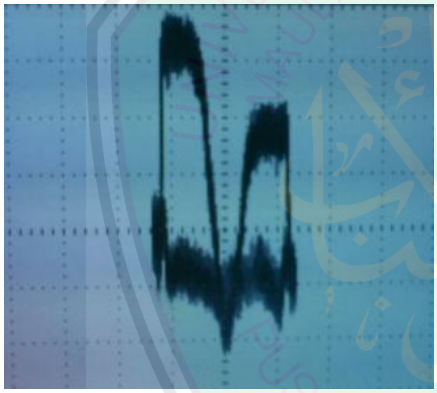


CuOx

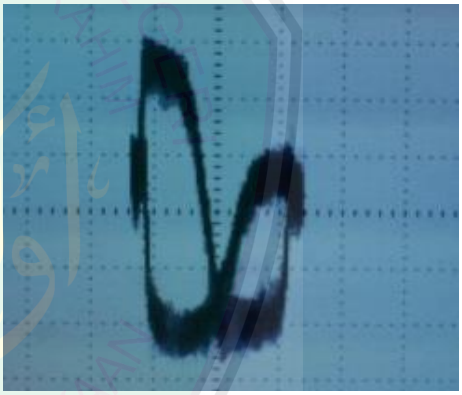


$CuGeO_3$

Massa biji 1 g



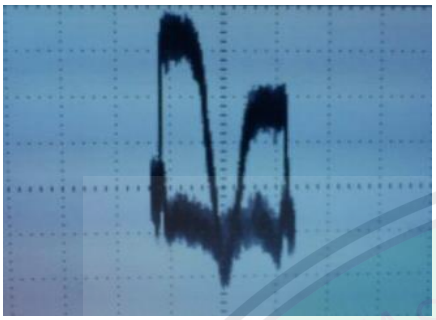
CuOx



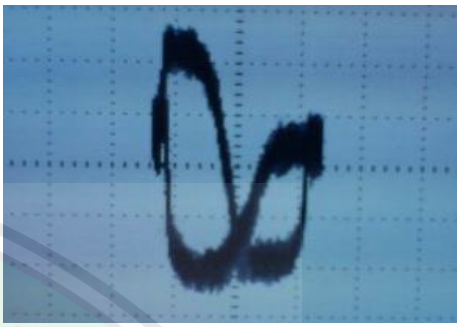
$CuGeO_3$

Variasi massa serbuk kulit buah delima dengan PEG sebagai matriks

Massa kulit 0.7 g

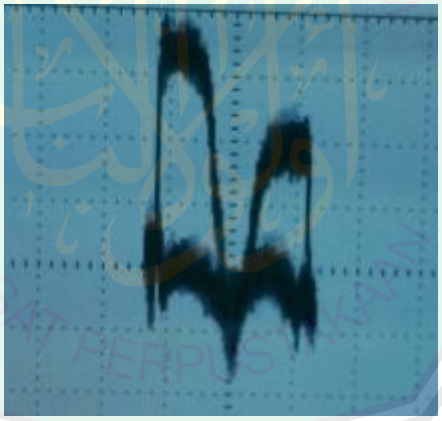


CuOx



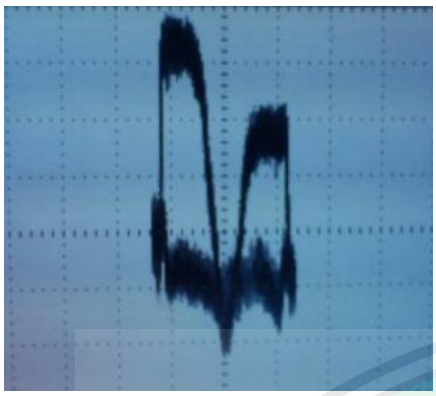
$CuGeO_3$

Massa kulit 0.8 g

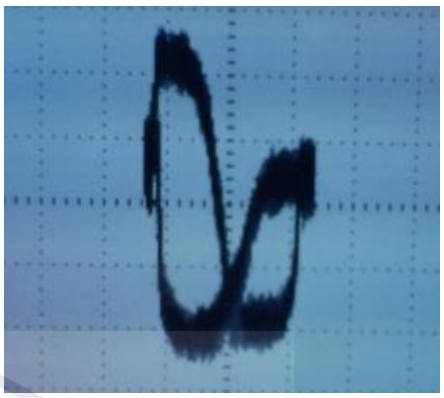


CuOx

Massa kulit 0.9 g

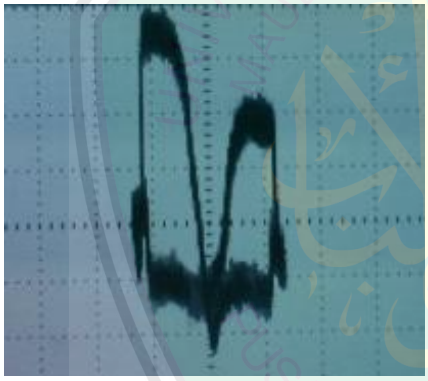


CuOx

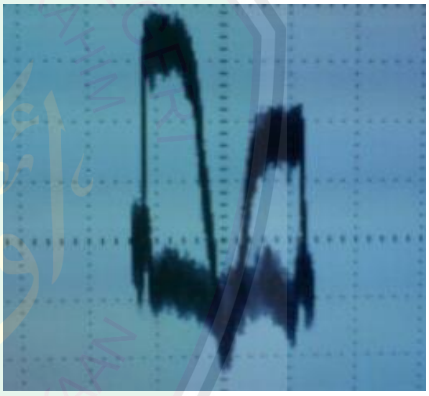


$CuGeO_3$

Massa kulit 1 g



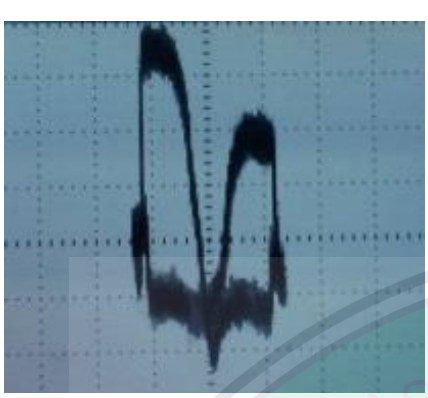
CuOx



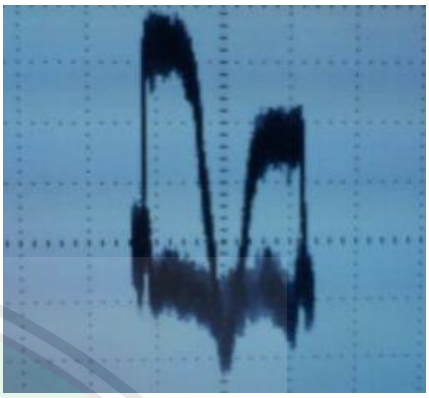
$CuGeO_3$

Variasi massa serbuk daun delima dengan putih telur sebagai matriks

Massa daun 0.7 g

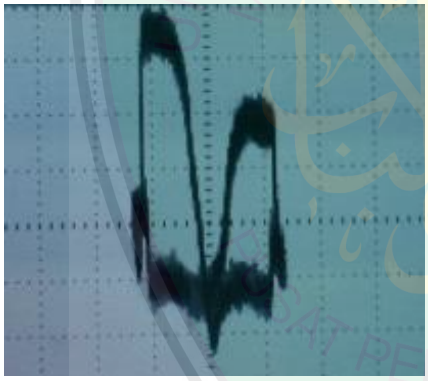


CuOx

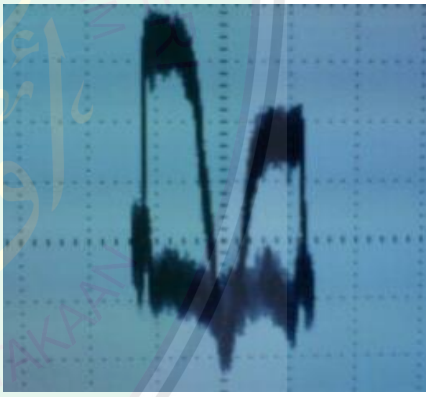


$CuGeO_3$

Massa daun 0.8 g

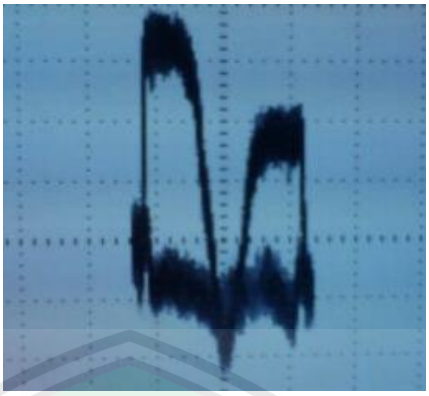


CuOx



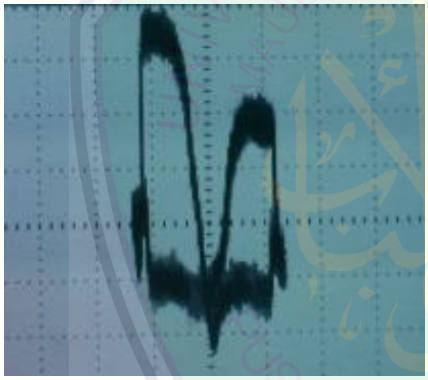
$CuGeO_3$

Massa daun 0.9 g

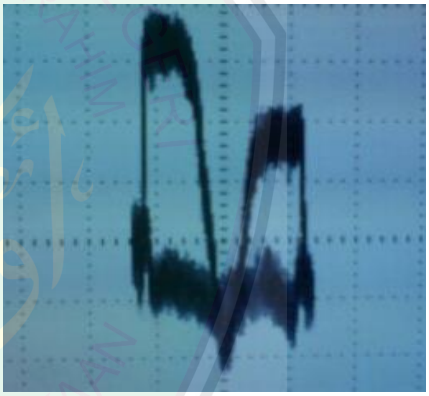


$CuGeO_3$

Massa daun 1 g



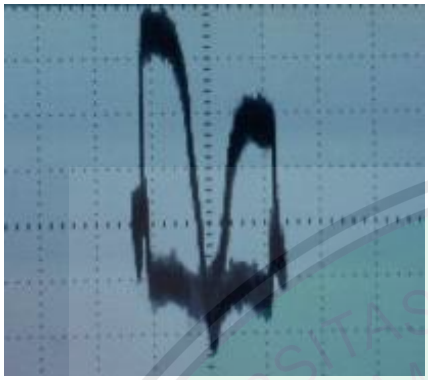
CuOx



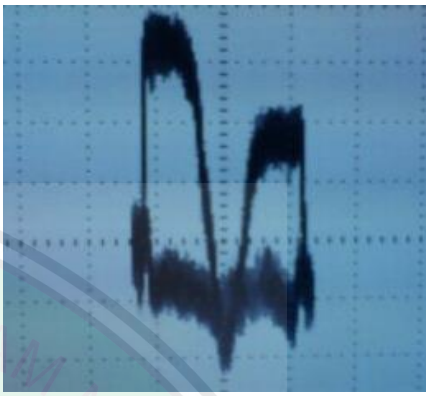
$CuGeO_3$

Variasi massa serbuk biji delima dengan putih telur sebagai matriks

Massa biji 0.7 g

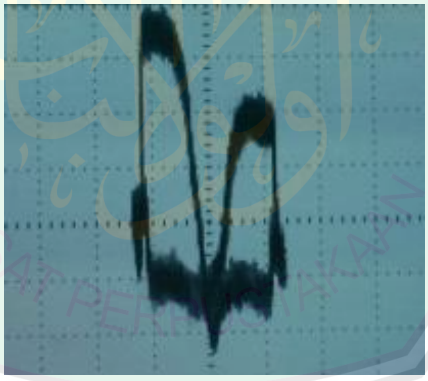


CuOx



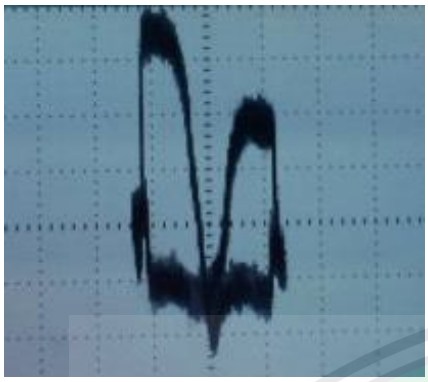
$CuGeO_3$

Massa biji 0.8 g

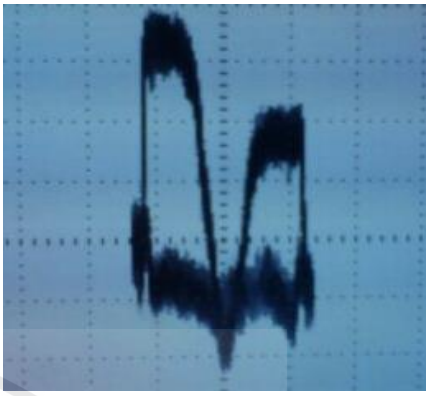


CuOx

Massa biji 0.9 g

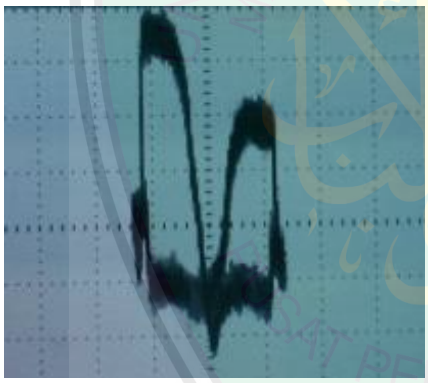


CuOx

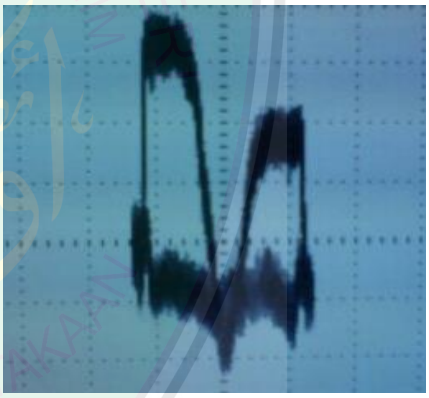


$CuGeO_3$

Massa biji 1 g



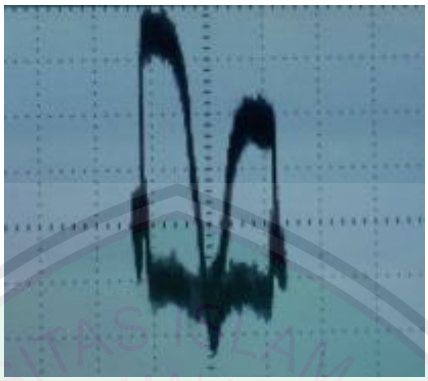
CuOx



$CuGeO_3$

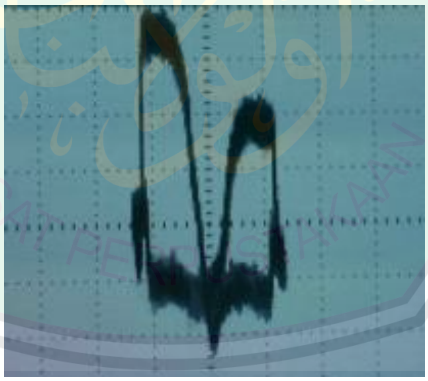
Variasi massa serbuk kulit buah delima dengan putih telur sebagai matriks

Massa kulit 0.7 g



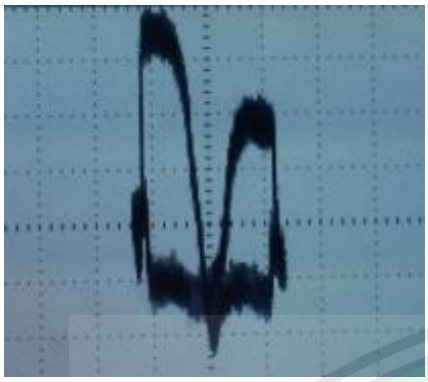
CuOx

Massa kulit 0.8 g

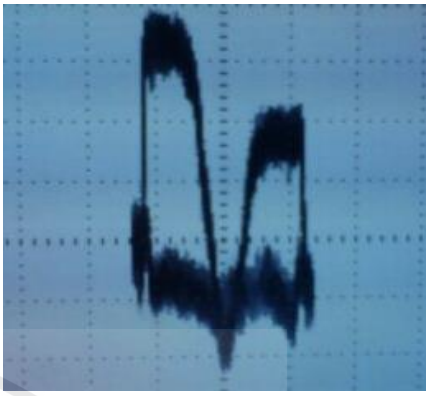


CuOx

Massa kulit 0.9 g

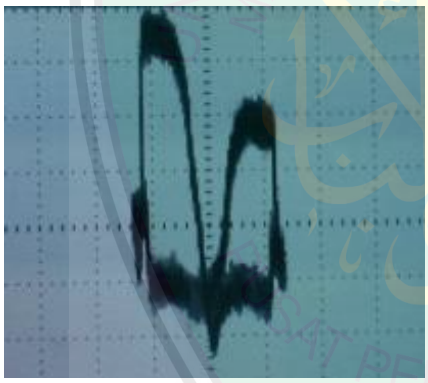


CuOx

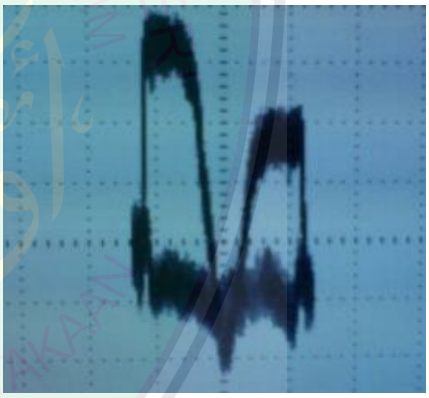


$CuGeO_3$

Massa kulit 1 g



CuOx

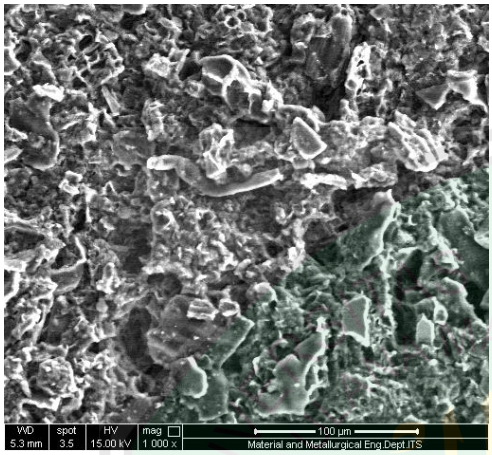


$CuGeO_3$

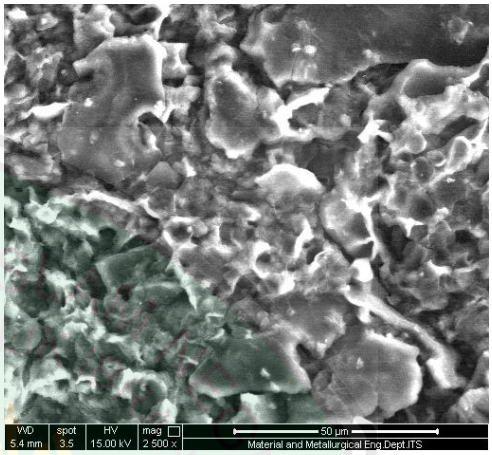
LAMPIRAN IV

SEM

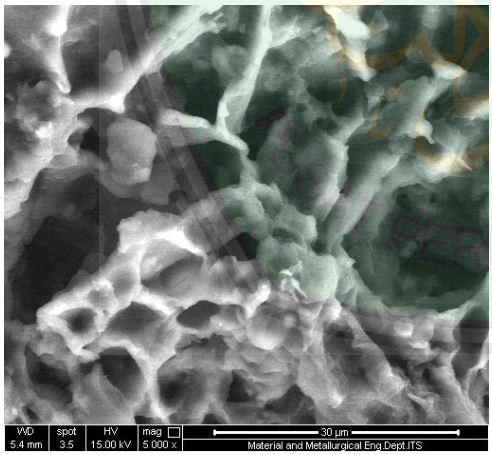
variasi massa serbuk daun delima  0.9 g dengan PEG sebagai matiks



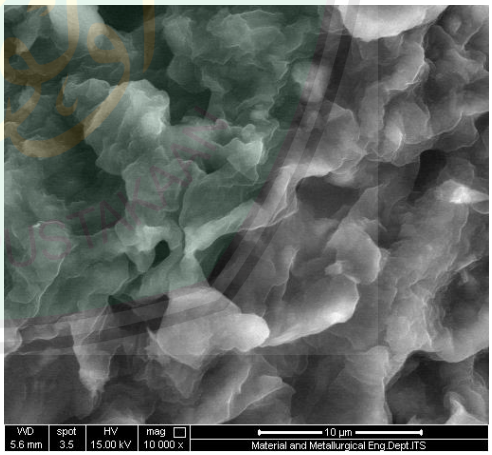

Perbesaran 1000x



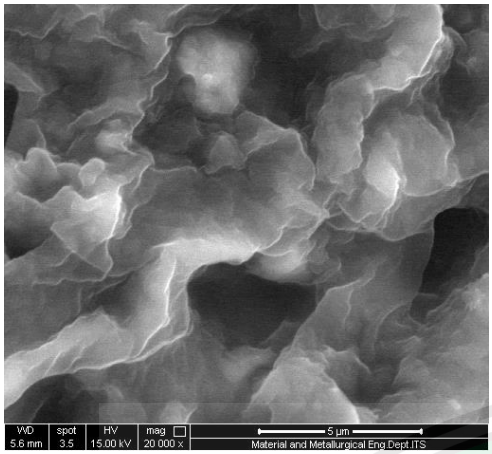

Perbesaran 2500x



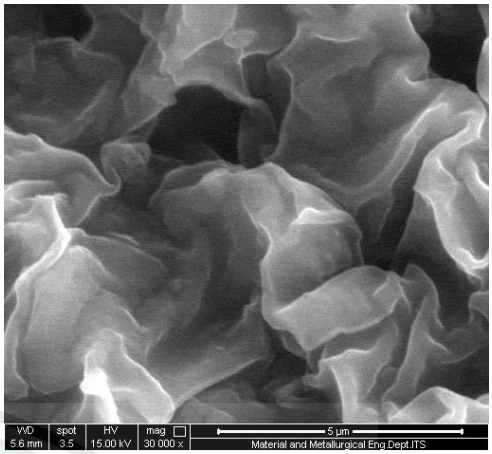

Perbesaran 5000x




Perbesaran 10000x

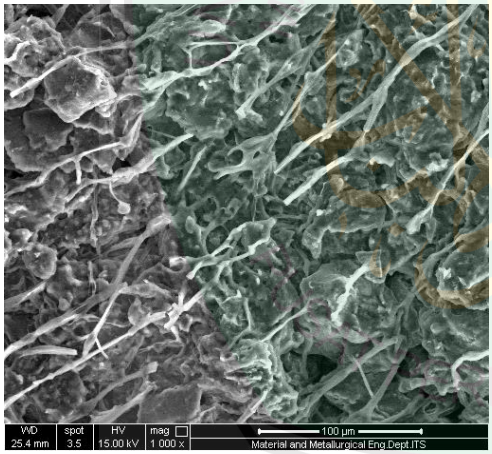



Perbesaran 20000x

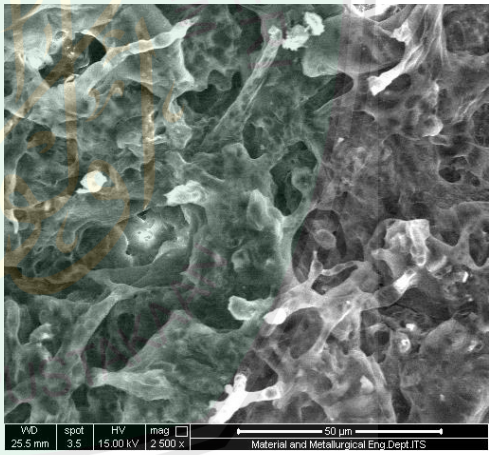



Perbesaran 30000x

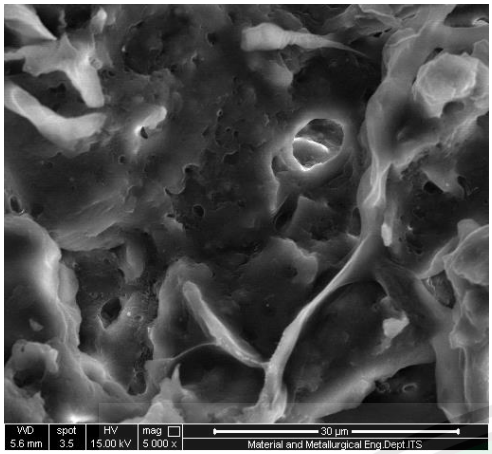
variasi massa serbuk biji delima 0.8 g dengan putih telur sebagai matiks



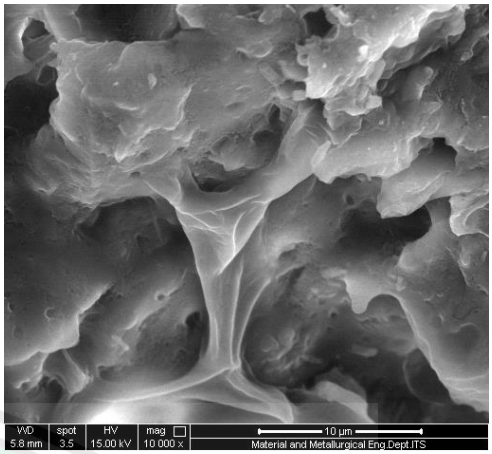

Perbesaran 1000x



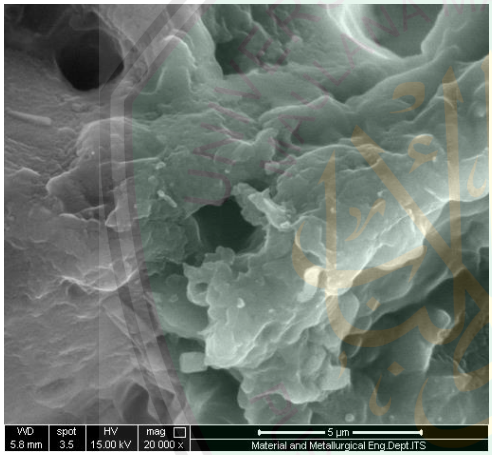

Perbesaran 2500x



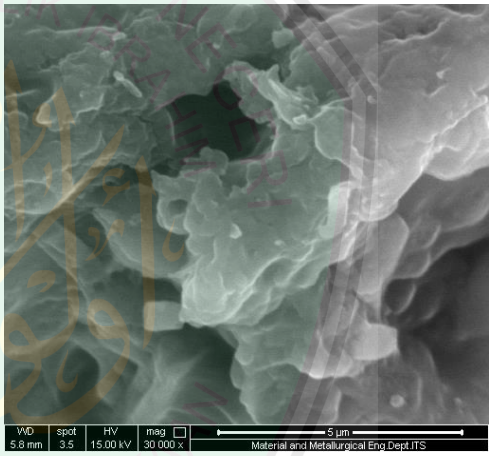

Perbesaran 5000x




Perbesaran 10000x




Perbesaran 20000x

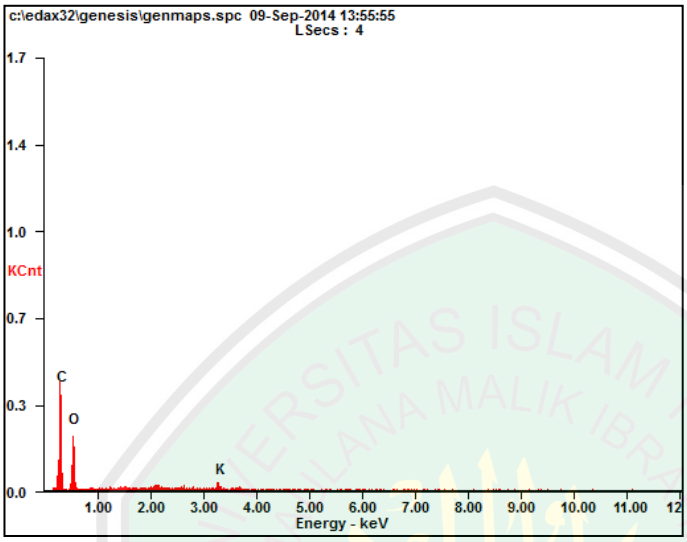



Perbesaran 30000x

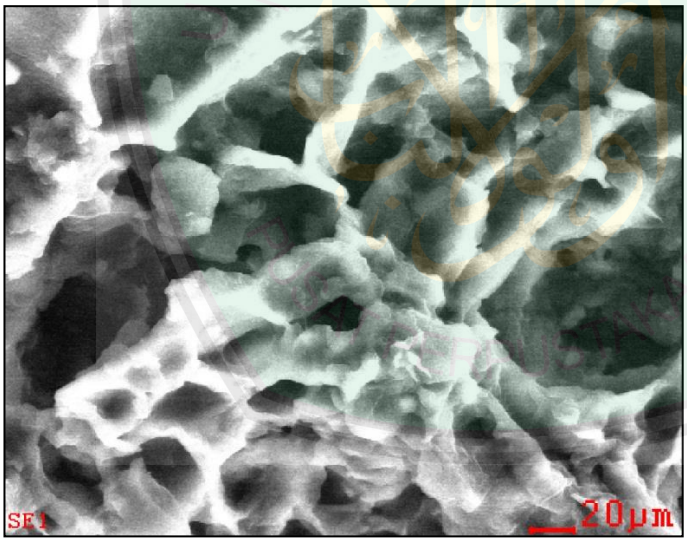
LAMPIRAN V

EDX

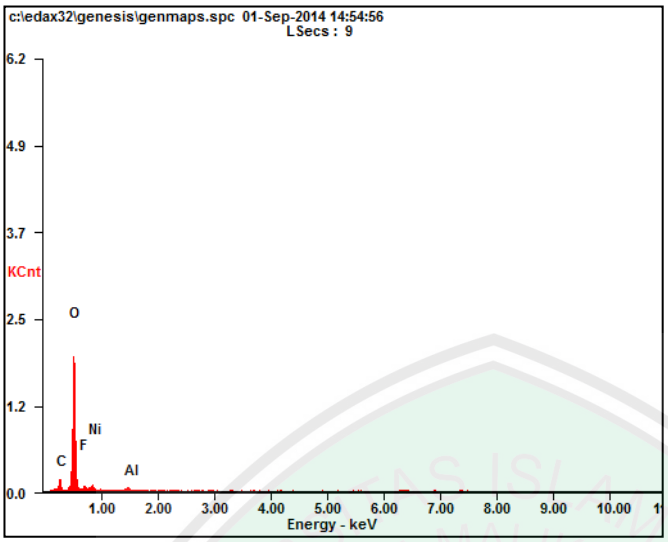
variasi massa serbuk daun delima  0.9 g dengan PEG sebagai matiks



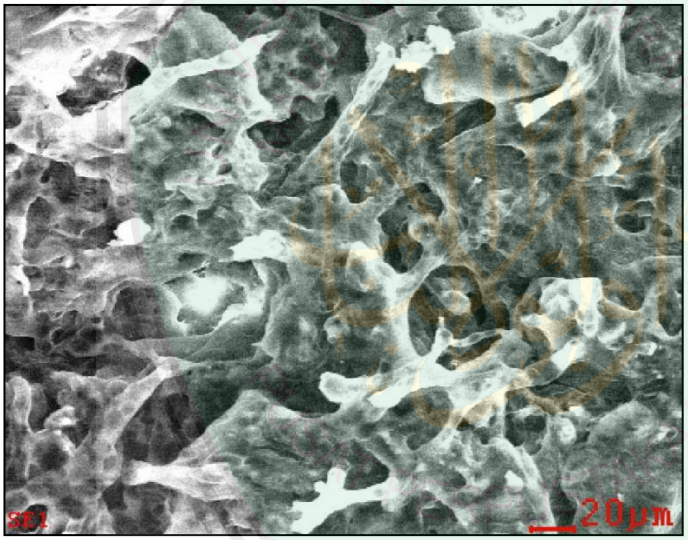

| *Element* | *Wt%* | *At%* |
|---|---|---|
| ***CK*** | 47.06 | 54.90 |
| ***OK*** | 50.49 | 44.22 |
| ***KK*** | 02.45 | 00.88 |
| ***Matrix*** | Correction | ZAF |



variasi massa serbuk biji delima  0.8 g dengan putih telur sebagai matiks




| *Element* | *Wt%* | *At%* |
|---|---|---|
| ***CK*** | 10.73 | 15.33 |
| ***OK*** | 69.95 | 75.01 |
| ***FK*** | 05.76 | 05.20 |
| ***NiL*** | 12.12 | 03.54 |
| ***AlK*** | 01.44 | 00.92 |
| ***Matrix*** | Correction | ZAF |



LAMPIRAN VI

Dokumentasi Penelitian

Alat dan Bahan

Pemotongan selang

Penghalusan bahan menggunakan blender

Pengayakan bahan menggunakan ayakan 200 Mesh

Penimbangan bahan menggunakan neraca analitik

PEG cair

Putih telur

Serbuk kulit delima

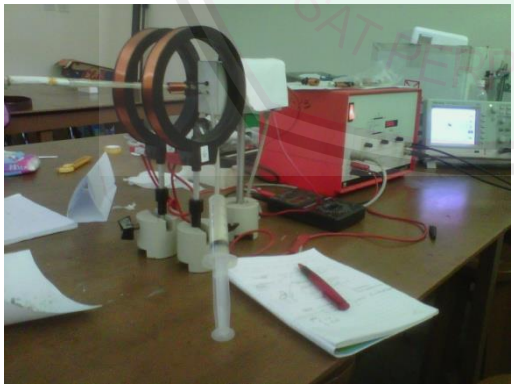
Serbuk daun delima

Serbuk biji delima

Pencampuran bahan

Sampel

Pengovenan



Proses pengambilan data ESR

1 set SEM