

**ANALISIS FISIS KOMPOSIT BIOFILTER BERBAHAN SERBUK  
DAUN ZAITUN (*Olea europaea*) DENGAN VARIASI  
PENGERINGAN UNTUK MENANGKAP RADIKAL BEBAS  
ASAP ROKOK**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**ESSY FARIHATIN**  
**NIM. 10640069**



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

ANALISIS FISIS KOMPOSIT BIOFILTER BERBAHAN SERBUK DAUN ZAITUN  
(*Olea europaea*) DENGAN VARIASI PENGERINGAN 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:

ESSY FARIHATIN  
NIM.10640069

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

## HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS FISIS KOMPOSIT BIOFILTER BERBAHAN SERBUK DAUN ZAITUN  
(*Olea europaea*) DENGAN VARIASI PENGERINGAN UNTUK MENANGKAP  
RADIKAL BEBAS ASAP ROKOK

### SKRIPSI

Oleh:  
ESSY FARIHATIN  
NIM. 10640069

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

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes  
NIP. 19750808 199903 1 003

Irjan, M.Si  
NIP. 19691231 200604 1 003

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika

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

## HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS FISIS KOMPOSIT BIOFILTER BERBAHAN SERBUK DAUN ZAITUN  
(*Olea europaea*) DENGAN VARIASI PENGERINGAN UNTUK MENANGKAP  
RADIKAL BEBAS ASAP ROKOK

### SKRIPSI

Oleh:  
ESSY FARIHATIN  
NIM. 10640069

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

Penguji Utama	:	<u>dr. Avin Ainur F.</u> NIP. 19800203 200912 2 002	
Ketua Penguji	:	<u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Sekretaris Penguji	:	<u>Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes</u> NIP. 19750808 199903 1 003	
Anggota Penguji	:	<u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Fisika

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

**SURAT PERNYATAAN  
KEASLIAN TULISAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Essy Farihatin  
NIM : 10640069  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

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

Malang, 2014  
Yang Membuat Pernyataan,

Essy Farihatin  
NIM. 10640069

## *MOTTO*

“Intelligence is not the determinant of success, but hard work is the real determinant of your success.”

*“The formulas of a success are a hard work and never give up.”*



# PERSEMBAHAN

Dengan penuh cinta skripsi ini kupersembahkan untuk:

Kedua orang tuaku Bapak Salehoddin dan Ibu Nurhayati yang telah melahirkan, membesarkan, menyayangi, membimbing, mendidik, menasehati, memotivasi, dan tak hentinya mendo'akan setiap langkahku

Alm. Bapak Nili, Ibu Rafi'ah, Mbak Fettin, Mas Rozik, Dek Ira dan Om Keponakanku Maudy, Haidar dan Firo  
Terima kasih atas kasih sayang, motivasi, senyuman dan bantuannya

My Beloved Roommate Nazzala Tia K dan Lilil Lasmawati Meileny M  
Teman seperjuangan penelitian Ririn dan Bilkis  
Teman-teman Fisika '10

Lilil, Wasilah, Utla, Ririn, Nita, Sofi, Ina, Salma, Mbak Dewi, April, Roi, Bilkis, Eko, Anang, Bayu, Mustafa, Iqbal, Fendy, Asyi', Abu, Dije, Echa, Adhim, Fawaidz, Fitri, Ida, Nessa, Najjmuunnisa, Leli, Ina, Lia, Istianah, Matus, Anisa, Ari, Azizah, Nessa, Saodah, Vivi, Wahyu, Mas Dhan, Yanuar, Yasin, Faisol dan seluruh keluarga besar Fisika UIN Mulana Malik Ibrahim Malang terima kasih atas support, bantuan dan kebersamaannya ..

Teman-teman Kimia

Dayat, Day dan semuanya yang sudah banyak membantu dan mengajariku

Teman-teman Kontrakan 162

Mbak Binti, Salma, Mbak Wi', Markembik Lilil, Unni Kholidah, Unni Roi, Atik, Ina, Robicha, Vivid, Emmak Meg's

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam, karena dengan izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisa Pembuatan Komposit Biofilter Berbahan Serbuk Daun Zaitun Untuk Menangkap Radikal Bebas Asap Rokok”, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. 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 Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes selaku pembimbing yang dengan sabar senantiasa membimbing dan memberikan pengarahan dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Irjan, M.Si selaku pembimbing agama yang telah memberikan bimbingan agama dan bersedia mengarahkan penulis dalam mengintegrasikan sains dan al-Quran.

6. Seluruh Dosen Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah berjasa memberikan ilmunya selama perkuliahan.
7. Seluruh Staf Admin yang telah membantu kepentingan administrasi dan seluruh Laboran Fisika & Kimia yang telah memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian.
8. Keluargaku Bapak, Ibu, Mas, Mbak, Adek, dan seluruh keluarga besarku yang telah memberikan dukungan serta selalu mendo'akan setiap perjuanganku.
9. Sahabat dan teman-teman fisika 2010.
10. 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. Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. Amiin Ya Robbal Alamiin..

*Wassaalamu'alaikum Wr. Wb.*

Malang, 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	7
1.3 Tujuan.....	7
1.4 Manfaat.....	8
1.5 Batasan Masalah.....	8
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>10</b>
2.1 Asap Rokok .....	10
2.2 Radikal Bebas .....	11
2.2.1 Pengertian dan Sumber Radikal Bebas .....	11
2.2.2 Macam-Macam Radikal Bebas .....	15
2.2.3 Stress Oksidatif dan Penyakit Akibat Radikal Bebas .....	18
2.3 Zaitun.....	21
2.3.1 Deskripsi Zaitun.....	21
2.3.2 Manfaat Daun Zaitun .....	22
2.4 Komposit .....	29
2.4.1 Definisi Komposit.....	29
2.4.2 Penyusun Komposit .....	29
2.4.3 Klasifikasi Bahan Komposit .....	30
2.5 PEG ( <i>Polietilen Glikol</i> ) .....	31
2.6 Putih Telur .....	33
2.7 ESR ( <i>Electron Spin Resonance</i> ) .....	36
2.8 SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> ).....	39
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>42</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	42
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	42
3.3 Alat dan Bahan .....	42
3.3.1 Alat .....	42
3.3.2 Bahan .....	43

3.4 Rancangan Penelitian .....	44
3.4.1 Pembuatan Biofilter .....	44
3.4.2 Perlakuan .....	45
3.5 Langkah Penelitian .....	45
3.5.1 Pembuatan Komposit Biofilter .....	45
3.5.2 Perlakuan .....	46
3.5.3 Pengambilan Data dan Pengukuran Sampel .....	48
3.5.4 Analisis Data .....	49
3.6 Pengumpulan Data .....	51
3.7 Teknik Analisis Data .....	52
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>53</b>
4.1 Data Hasil Penelitian .....	53
4.1.1 Data Hasil Pengujian Radikal Bebas .....	54
4.1.2 Data Hasil Karakterisasi Biofilter .....	63
4.2 Pembahasan .....	82
4.3 Integrasi Agama .....	96
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>101</b>
5.1 Kesimpulan .....	101
5.2 Saran .....	102
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Kimia Radikal Bebas .....	12
Gambar 2.2 Daun Zaitun dan Buah Zaitun .....	22
Gambar 2.3 Struktur Kimia Oleuropein .....	27
Gambar 2.4 Dalam SEM berkas elektron berenergi tinggi mengenai permukaan material. Elektron pantulan dan elektron sekunder dipancarkan kembali dengan sudut yang bergantung pada profil permukaan material.....	40
Gambar 2.5 Foto SEM sejumlah sampel: (a) partikel, (b) nanotube, dan (c) partikel yang terorganisasi.....	40
Gambar 3.1 Alur Rancangan Penelitian .....	44
Gambar 3.2 Resonansi DPPH.....	43
Gambar 3.3 Pengambilan dan Pengujian Radikal Bebas Asap Rokok dengan ESR ( <i>Electron Spin Resonance</i> ).....	48
Gambar 3.4 SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ).....	48
Gambar 4.1 Hasil Foto SEM Biofilter Serbuk Daun Zaitun (Variasi Massa 0.5 gr) dan PEG yang dikeringkan Panas Matahari dan Diayak dengan Ayakan 200 Mesh.....	63
Gambar 4.2 Hasil Analisis EDAX Biofilter Serbuk Daun Zaitun (Variasi Massa 0.5 gr) dan PEG yang dikeringkan Panas Matahari dan Diayak Ayakan 200 Mesh .....	64
Gambar 4.3 Hasil Foto SEM Biofilter Serbuk Daun Zaitun (Variasi Massa 0.6 gr) dan Putih Telur dengan Pengeringan Oven 50°C dan Diayak dengan Ayakan 120 Mesh.....	65
Gambar 4.4 Hasil Analisis EDAX Biofilter Serbuk Daun Zaitun (Variasi Massa 0.6 gr) dan Putih Telur dengan Pengeringan Oven 50°C dan Diayak dengan Ayakan 120 Mesh .....	66
Gambar 4.5 Molekul DPPH .....	83
Gambar 4.6 Struktur Kimia Oleuropein .....	89
Gambar 4.7 Struktur Kimia Luteolin.....	92
Gambar 4.8 Struktur Kimia Apigenin .....	92

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelompok Radikal Bebas Dalam Tubuh.....	16
Tabel 2.2 Nilai Faktor-g .....	38
Tabel 3.1 Kerapatan Biofilter Serbuk Daun Zaitun.....	51
Tabel 3.2 Porositas Biofilter Serbuk Daun Zaitun .....	51
Tabel 3.3 Data Pengamatan Radikal Bebas Pada Biofilter .....	51
Tabel 4.1 Jenis Dugaan Radikal Bebas Asap Rokok Kretek.....	54
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Radikal Bebas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG dengan Pengeringan Panas Matahari .....	54
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Radikal Bebas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur dengan Pengeringan Panas Matahari.....	55
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Radikal Bebas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG dengan Pengeringan Oven 40°C .....	57
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Radikal Bebas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur dengan Pengeringan Oven 40°C.....	58
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Radikal Bebas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG dengan Pengeringan Oven 50°C .....	60
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Radikal Bebas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur dengan Pengeringan Oven 50°C.....	61
Tabel 4.8 Kerapatan Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG sebagai Matriks dengan Pengeringan Panas Matahari .....	67
Tabel 4.9 Kerapatan Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur sebagai Matriks dengan Pengeringan Panas Matahari .....	68
Tabel 4.10 Kerapatan Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 40°C .....	70
Tabel 4.11 Kerapatan Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 40°C.....	71
Tabel 4.12 Kerapatan Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 50°C .....	72
Tabel 4.13 Kerapatan Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 50°C.....	73
Tabel 4.14 Porositas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG sebagai Matriks dengan Pengeringan Panas Matahari .....	75
Tabel 4.15 Porositas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur sebagai Matriks dengan Pengeringan Panas Matahari .....	76
Tabel 4.16 Porositas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 40°C .....	77
Tabel 4.17 Porositas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 40°C .....	78
Tabel 4.18 Porositas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 50°C .....	80
Tabel 4.19 Porositas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 50°C .....	81

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hubungan Variasi Massa Serbuk Daun Zaitun Dengan Pengeringan Matahari dan PEG Pada Masing-Masing Variasi Ukuran Mesh dan Kerapatan.....	68
Grafik 4.2 Hubungan Variasi Massa Serbuk Daun Zaitun Dengan Pengeringan Matahari dan Putih Telur Pada Masing-Masing Variasi Ukuran Mesh dan Kerapatan .....	69
Grafik 4.3 Hubungan Variasi Massa Serbuk Daun Zaitun Dengan Pengeringan Oven 40°C dan PEG Pada Masing-Masing Variasi Ukuran Mesh dan Kerapatan.....	70
Grafik 4.4 Hubungan Variasi Massa Serbuk Daun Zaitun Dengan Pengeringan Oven 40°C dan Putih Telur Pada Masing-Masing Variasi Ukuran Mesh dan Kerapatan .....	71
Grafik 4.5 Hubungan Variasi Massa Serbuk Daun Zaitun Dengan Pengeringan Oven 50°C dan PEG Pada Masing-Masing Variasi Ukuran Mesh dan Kerapatan.....	73
Grafik 4.6 Hubungan Variasi Massa Serbuk Daun Zaitun Dengan Pengeringan Oven 50°C dan Putih Telur Pada Masing-Masing Variasi Ukuran Mesh dan Kerapatan .....	74
Grafik 4.7 Hubungan Variasi Massa Serbuk Daun Zaitun Dengan Pengeringan Matahari dan PEG Pada Masing-Masing Variasi Ukuran Mesh dan Porositas.....	75
Grafik 4.8 Hubungan Variasi Massa Serbuk Daun Zaitun Dengan Pengeringan Matahari dan Putih Telur Pada Masing-Masing Variasi Ukuran Mesh dan Porositas.....	76
Grafik 4.9 Hubungan Variasi Massa Serbuk Daun Zaitun Dengan Pengeringan Oven 40°C dan PEG Pada Masing-Masing Variasi Ukuran Mesh dan Porositas.....	78
Grafik 4.10 Hubungan Variasi Massa Serbuk Daun Zaitun Dengan Pengeringan Oven 40°C dan Putih Telur Pada Masing-Masing Variasi Ukuran Mesh dan Porositas.....	79
Grafik 4.11 Hubungan Variasi Massa Serbuk Daun Zaitun Dengan Pengeringan Oven 50°C dan PEG Pada Masing-Masing Variasi Ukuran Mesh dan Porositas .....	80
Grafik 4.12 Hubungan Variasi Massa Serbuk Daun Zaitun Dengan Pengeringan Oven 50°C dan Putih Telur Pada Masing-Masing Variasi Ukuran Mesh dan Porositas.....	81

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Data Dugaan Jenis Radikal Bebas

Lampiran II Data Nilai Jari-Jari Atom

Lampiran III Gambar Resonansi Electron Spin Resonance

Lampiran IV Gambar Scanning Electron Microscope dan Energy Dispersive X-ray analysis (EDAX)

Lampiran V Dokumentasi Penelitian



## ABSTRAK

Farihatin, Essy. 2014. **Analisis Fisis Komposit Biofilter Berbahan Serbuk Daun Zaitun (*Olea europaea*) Dengan Variasi Pengeringan Untuk Menangkap Radikal Bebas Asap Rokok**. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes (II) Irjan, M.Si

---

**Kata Kunci** : Komposit, Biofilter, Daun Zaitun, PEG, Putih Telur, ESR, SEM.

Rokok selalu dianggap sebagai penyebab penyakit berbahaya seperti kanker, padahal yang berbahaya dari rokok adalah radikal bebasnya. Radikal bebas ini yang menyebabkan kerusakan pada sel-sel dalam tubuh, sehingga diperlukan antioksidan untuk menangkal radikal bebas tersebut. Pada penelitian ini, serbuk daun zaitun akan digunakan sebagai bahan komposit biofilter untuk menangkap radikal bebas pada asap rokok. Pembuatan biofilter menggunakan campuran PEG atau putih telur sebagai matriks serta serbuk daun zaitun sebagai filler dengan variasi massa 0.4 gr, 0.5 gr, 0.6 gr, dan 0.7 gr. Pengujian biofilter dilakukan dengan uji ESR untuk mendapatkan nilai faktor g Lande yang kemudian dibandingkan dengan nilai faktor g Lande pada literature untuk mengetahui jenis radikal bebas yang berhasil diserap oleh biofilter. Pengujian dilanjutkan dengan uji SEM, uji kerapatan dan uji porositas untuk mengetahui karakteristik fisis biofilter.

Hasil penelitian menunjukkan biofilter berbahan serbuk daun zaitun mampu menyerap beberapa jenis dugaan radikal bebas asap rokok. Variasi pengeringan daun zaitun berpengaruh terhadap penyerapan radikal bebas asap rokok, pengeringan dengan panas matahari lebih banyak menyerap dugaan radikal bebas dibandingkan pengeringan oven suhu 40°C dan 50°C. Penggunaan PEG atau putih telur sebagai matriks juga berpengaruh, biofilter yang menggunakan PEG mampu menyerap lebih banyak dugaan radikal bebas dibanding biofilter yang menggunakan putih telur.

Biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan panas matahari dan dicampur PEG pada variasi massa 0.5 gr lebih mampu menyerap dugaan radikal bebas dibandingkan dengan variasi pengeringan lainnya (untuk biofilter yang menggunakan PEG sebagai matriks). Hasil uji SEM menunjukkan rata-rata ukuran pori-pori sebesar 4.085  $\mu\text{m}$ . Sedangkan biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan oven suhu 50°C dan dicampur putih telur pada variasi massa 0.6 gr lebih mampu menyerap dugaan radikal bebas dibandingkan dengan variasi pengeringan lainnya (untuk biofilter yang menggunakan putih telur sebagai matriks). Hasil uji SEM menunjukkan rata-rata ukuran pori-pori sebesar 6.752  $\mu\text{m}$ .

## ABSTRACT

Farihatin, Essy. 2014. **Physical Analysis of Biofilters Composite Made of Powder of Olive Leaf (*Olea europaea*) with Drying Variation to Capture Smoke Free Radicals.** Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology of the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes (II) Irjan, M.Si

---

**Keywords:** Composite, a bio filter, Olive Leaf, PEG, Egg White, ESR, SEM.

Cigarette has always been considered as a cause of dangerous diseases such as cancer, when in fact that the dangerous of cigarettes are the free radicals. These Free radicals caused damage to cells in the body, so it needed the antioxidants to counteract the free radicals. Biofilter making used a mixture of PEG or egg white as a matrix and olive leaf powder as a filler with a variation of mass 0.4 g, 0.5 g, 0.6 g and 0.7 g. Biofilter testing was done by ESR test to get the value of the  $g$  Lande factor, then compared with the value of the  $g$  Lande factor of the literature to determine the types of free radicals that successfully absorbed by the biofilter. Testing continued with SEM test, density test and porosity test to determine their physical characteristics.

The results showed a biofilter made of olive leaf powder can absorb some kind of smoke-free radical conjecture. Drying variations of olive leaf affected on the absorption of smoke-free radicals, which drying in the sun was to absorb more free radicals than the alleged drying oven at 40°C and 50°C. The use of PEG or egg white as well as the matrix gave effect, where the biofilter using PEG was able to absorb more free radicals than the alleged biofilter using an egg white.

Biofilter with olive leaf powder that used sun dried and mixed of PEG at 0.5 g mass variations were better able to absorb free radicals than the alleged other drying variation (for biofilter using PEG as matrix). SEM test results showed an average pore size of 4.085  $\mu\text{m}$ . While the biofilter with olive leaf powder was dried in an oven at 50°C and mixed with egg white at 0.6 g mass variations were better able to absorb free radicals than the alleged other drying variation (for biofilter that uses egg white as a matrix). SEM test results showed an average pore size of 6.752  $\mu\text{m}$ .

## الملخص

فرحاتين, إيسي. ٢٠١٤. تحليل المرشح بيولوجي مصنوع المسحوق الأوراق الزيتون (*Olea europaea*) مع وجود اختلافات التجفيف لصيد المتطرف الخالية من التدخين. أطروحة. قسم الفيزياء. كلية العلوم والتكنولوجيا. الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: ١ الدكتور الحج أكوس مولونو، الماجستير و إرجان الماجستير

الكلمات الأساسية: المركب، مرشح بيولوجي، أوراق الزيتون، PEG، البيض الأبيض، ESR، و SEM

كان دائما يعتبر التدخين كسبب من الأمراض الخطيرة مثل السرطان، في حين أن السجائر خطيرة من الجذور الحرة. هذه الجذور الحرة تتسبب في تلف الخلايا في الجسم، حتى أن مضادات الأكسدة الضرورية لمواجهة الجذور الحرة. في هذه الدراسة، مسحوق أوراق الزيتون لاستخدامها بمثابة المواد المركبة بيولوجي لصيد المتطرف الخالية من التدخين. جعل هذا بيولوجي باستخدام مزيج من PEG أو بياض البيض في شكل مصفوفة والزيتون مسحوق نبات كمادة مألوفة مع اختلاف الشامل ٠.٤ غرام و ٠.٥ غرام و ٠.٦ غرام و ٠.٧ غرام. ويتم الاختبار من قبل ESR اختبار بيولوجي للحصول على قيمة ز عامل انديه ثم تتم مقارنة مع قيمة ز عامل انديه من الأدب إلى تحديد أنواع الجذور الحرة التي استوعبت بنجاح من قبل بيولوجي. استمرار اختبار مع اختبار SEM لتحديد مورفولوجية بيولوجي مركب. وتحديد خصائصها الفيزيائية وكثافة الاختبار اختبار المسامية.

أظهرت النتائج وجود بيولوجي مصنوعة من مسحوق أوراق الزيتون يمكن أن تمتص بعض أنواع المتطرف الخالية من التدخين. الاختلافات أوراق الزيتون تأثير الجفاف على امتصاص الجذور خالية من التدخين، الذي التجفيف في الشمس لامتناس الحرارة المتطرفين أكثر حرية الشمس من فرن التجفيف المزعوم عند ٤٠ درجة مئوية و ٥٠ درجة مئوية. استخدام PEG أو بياض البيض وكذلك تأثير المصفوفة، حيث بيولوجي باستخدام PEG قادر على امتصاص الجذور الحرة أكثر من بيولوجي المزعوم باستخدام بياض البيض. بيولوجي مع مسحوق أوراق الزيتون المخففة الشمس المختلطة PEG عند ٠.٥ غرام وزن الاختلافات هي أكثر قدرة على امتصاص الجذور الحرة من زعم الاختلاف التجفيف الأخرى (لبيلوجي باستخدام PEG مثل المصفوفة). وأظهرت نتائج الاختبار SEM متوسط حجم المسام من 4.085  $\mu\text{m}$  بينما بيولوجي مع مسحوق أوراق الزيتون تم تجفيفها في الفرن على ٥٠ درجة مئوية، ويخلط مع بياض البيض على ٠.٦ غرام الاختلافات كتلة هي أكثر قدرة على امتصاص الجذور الحرة من زعم الاختلاف التجفيف الأخرى (لبيلوجي يستخدم بياض البيض في شكل مصفوفة). وأظهرت نتائج الاختبار SEM متوسط حجم المسام من 6.752  $\mu\text{m}$ .

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada zaman modern saat ini, rokok bukanlah benda yang asing lagi bagi kita. Rokok juga menjadi salah satu barang konsumsi yang paling mudah ditemui di lingkungan kita sehari-hari, seperti di rumah, di jalan, di angkutan umum, di kereta ekonomi, di warteg dan di berbagai tempat lainnya selama di tempat tersebut tidak mencantumkan larangan untuk merokok. Merokok sudah menjadi kebiasaan yang sangat umum dan meluas di masyarakat. Merokok adalah suatu kebiasaan buruk di masyarakat yang sudah dianggap biasa. Hal ini dimungkinkan oleh banyaknya perokok atau aktivitas merokok yang biasa ditemui di sekitar kita sehingga merokok menjadi suatu hal yang lumrah dan biasa saja.

Merokok merupakan sebuah tradisi turun-temurun bagi sebagian besar masyarakat di Indonesia, begitu juga di negara-negara berkembang lainnya. Masyarakat Indonesia mempunyai kebiasaan merokok di tempat terbuka, sehingga mampu memberikan suatu dorongan ketertarikan pada orang yang belum pernah merokok untuk mencoba merasakan kenikmatan suatu rokok. Saat ini pun, merokok juga dianggap sebagai sarana penyambung dalam pergaulan. Selain itu kebiasaan merokok sambil berbincang-bincang dengan teman, saudara atau keluarga seakan sudah menjadi tradisi sebagian masyarakat yang sulit dihilangkan (Armstrong, 1991).

Manusia di dunia yang merokok untuk pertama kalinya adalah suku bangsa Indian di Amerika, untuk keperluan ritual seperti memuja dewa atau roh.

Pada abad ke-16, ketika bangsa Eropa menemukan benua Amerika, sebagian dari para penjelajah Eropa itu ikut mencoba menghisap rokok dan kemudian membawa tembakau ke Eropa. Kemudian kebiasaan merokok mulai muncul di kalangan bangsawan Eropa. Tapi berbeda dengan bangsa Indian yang merokok untuk keperluan ritual, di Eropa orang merokok hanya untuk kesenangan semata. Abad ke-17 para pedagang Spanyol masuk ke Turki dan saat itu kebiasaan merokok mulai masuk ke negara-negara Islam. Jadi usia rokok belumlah terlalu lama, sekitar 3 abad lebih (Jaya, 2009).

Di Indonesia pada umumnya, rokok dibedakan menjadi beberapa jenis. Perbedaan ini didasarkan atas bahan pembungkus rokok, bahan baku atau isi rokok, proses pembuatan rokok, dan penggunaan filter pada rokok. Dari segi bahan, rokok mempunyai beberapa istilah, yaitu rokok sigaret dan rokok kretek. Rokok sigaret adalah rokok yang terbuat dari daun tembakau. Sedangkan rokok kretek adalah rokok yang terbuat dari daun tembakau dan cengkeh, sehingga mempunyai campuran aroma dan rasa cengkeh. Masyarakat Jawa sebagai perokok pertama juga mengenal istilah rokok putih, yakni sebutan untuk rokok yang tidak menggunakan cengkeh. Ada pula istilah rokok klobot, yakni rokok yang terbuat dari daun jagung kering yang diisi dengan daun tembakau murni dan cengkeh (Jaya, 2009).

Rokok kretek pertama kali dipopulerkan oleh Haji Jamhari pada tahun 1880-an. Rokok kretek buatannya sangat ampuh sebagai obat dengan racikan khas cengkeh dan tembakau. Setelah Haji Jamhari meninggal dunia pada tahun 1890-an banyak warga Kudus yang mengikuti jejaknya untuk membuat maupun

menjual rokok kretek. M. Nitisemito juga dipercaya sebagai penemu rokok kretek. Penemuan M. Nitisemito berawal dari saat ia menderita batuk dan asma yang tak kunjung sembuh. M. Nitisemito mulai putus asa dalam menghadapi sakitnya yang tak kunjung sembuh, kemudian ia mencampur tembakau dan cengkeh yang telah digiling. Nitisemito pun merasa sehat setelah merokok dan mulai menularkan kebiasaan tersebut secara luas kepada masyarakat (Jaya, 2009).

Asap rokok yang dihirup seorang perokok, mengandung komponen gas dan partikel. Komponen gas sangat berpotensi untuk menimbulkan radikal bebas, yang diantaranya terdiri dari karbon monoksida, karbondioksida, oksida dari nitrogen dan senyawa hidrokarbon. Sedangkan komponen partikel beberapa diantaranya terdiri dari tar, nikotin, benzopiren, fenol dan cadmium (Zavos dkk, 1998).

Radikal bebas adalah molekul yang mempunyai atom dengan elektron yang tidak berpasangan. Radikal bebas tidak stabil dan mempunyai reaktivitas yang tinggi. Reaktivitasnya dapat merusak seluruh tipe makromolekul seluler termasuk karbohidrat, protein, lipid dan asam nukleat (Langseth, 1995). Kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas inilah yang menjadi penyebab timbulnya beberapa penyakit yang sifatnya kronis, maksudnya dibutuhkan waktu bertahun-tahun untuk disadari oleh penderita dan penyakitnya sudah parah.

Rokok yang paling berbahaya adalah kandungan radikal bebasnya. Hasil penelitian Dr. Gretha dan Prof. Sutiman tentang Divine Kretek juga 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 (Zahar dan Sumitro, 2011).

Antioksidan diperlukan untuk menangkal bahaya radikal bebas, yaitu substansi yang diperlukan tubuh untuk menetralkan radikal bebas dan mencegah kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas terhadap sel normal. Antioksidan ini nantinya akan menstabilkan radikal bebas dengan cara melengkapi elektron yang ada pada radikal bebas sekaligus menghambat terjadinya reaksi berantai dari pembentukan radikal bebas yang dapat menimbulkan stress oksidatif. Pada dasarnya tubuh manusia menghasilkan antioksidan alami namun jumlahnya belum cukup untuk menetralkan radikal bebas yang masuk ke dalam tubuh.

Antioksidan bisa kita dapatkan dari makanan yang kita konsumsi, seperti sayur dan buah-buahan, terutama sayur dan buah yang berwarna cerah sebab semakin cerah warna sayur dan buah, maka mengindikasikan semakin banyak kadar antioksidan yang dikandung dalam sayur dan buah. Misalnya warna hijau pada kangkung dan bayam. Warna hijau mengindikasikan kandungan klorofil yang dapat meningkatkan kemampuan tubuh untuk menangkis radikal bebas. Begitu juga dengan daun zaitun, daun zaitun mengandung senyawa antioksidan yang dapat membantu menurunkan berbagai resiko penyakit kronis, seperti kanker. Khasiat daun zaitun sudah dikenal zaman dahulu. Dikalangan masyarakat tradisional Maroko, daun zaitun banyak digunakan untuk menjaga kestabilan gula darah dalam tubuh. Seiring dengan banyaknya penelitian, khasiat daun zaitun pun makin banyak diketahui masyarakat luas. Seperti halnya tanaman lain yang

memiliki manfaat untuk kesehatan, daun zaitun juga mengandung senyawa bermanfaat yang disebut *oleuropein*.

Penelitian terhadap *oleuropein* sudah dilakukan sejak tahun 1900-an. Hasil penelitian menyebutkan bahwa *oleuropein* sangat bermanfaat untuk melawan infeksi internal. *Oleuropein* memiliki aktifitas anti-viral, anti-bakteri dan anti-fungal. Dengan mengkonsumsi daun zaitun dipercaya dapat meningkatkan *thermogenin* yang sangat bermanfaat dalam membakar lemak secara efektif. Selain itu penelitian di Milan menyebutkan bahwa kandungan *oleuropein* dalam daun zaitun juga bersifat sebagai antioksidan alami yang sangat paten. Dimana daun zaitun dapat menghambat proses oksidasi lipid di dalam tubuh dan juga dapat menurunkan resiko menderita penyakit kardiovaskular. Bahkan dalam sebuah penelitian disebutkan bahwa kandungan antioksidan di dalam daun zaitun lebih tinggi dibandingkan teh hijau yang selama ini dikenal sebagai sumber oksidan yang sangat baik bagi tubuh.

Zaitun adalah pohon yang diberkati. Allah SWT telah bersumpah dengannya dalam surat at-Tin ayat 1-2 yang berbunyi:

وَالَّتَيْنِ وَالزَّيْتُونَ ﴿١﴾ وَطُورِ سَيْنِينَ ﴿٢﴾

“Demi (buah) Tin dan (buah) Zaitun. Dan demi bukit Sinai.” (QS at-Tin:1-2).

Dari ayat diatas Allah bersumpah dengan buah Tin, buah Zaitun dan bukit Sinai. Buah tin adalah buah yang sudah dikenal bersama, demikian pula buah zaitun. Allah bersumpah dengan menyebut kedua buah ini karena keduanya banyak memiliki manfaat untuk kesehatan tubuh. Terdapat berbagai tafsiran, menurut Mujahid dan Hasan, kedua buah-buahan itu diambil menjadi sumpah

oleh Allah untuk diperhatikan. Buah tin diambil sumpah karena dia buah yang terkenal untuk dimakan, buah zaitun karena dia dapat ditempa dan diambil minyaknya, selain itu buah zaitun juga adalah buah yang diberkahi oleh Allah.

Tanaman zaitun ini pada mulanya dikembangbiakkan di cekungan laut tengah. Dalam Al Qur'an zaitun disebutkan sebanyak tujuh kali. Berkali-kali disebutkan sebagai tanaman yang banyak mengandung manfaat dan khasiat bagi umat manusia. Adanya hasil penelitian dan penyebutan zaitun dan minyak zaitun dalam Al Qur'an, serta Allah yang bersumpah dengan buah ini, menegaskan bahwa pohon ini memang memiliki nilai gizi tinggi yang telah dibuktikan oleh penelitian medis dan ilmiah pada abad ke-20. Selain itu, penyebutan manfaat pohon zaitun sebagai bukti adanya keistimewaan pada pohon ini. Keajaiban dan khasiat yang dihasilkan dari tanaman zaitun cukup melimpah ruah dan sangat multifungsi bagi orang-orang yang ingin berfikir dan mengambil pelajaran dari ayat-ayat Allah SWT.

Pada penelitian lainnya disebutkan filter rokok kretek yang ditambahkan kitosan menunjukkan adanya perbedaan dengan rokok filter komersial. Penambahan kitin-kitosan menghasilkan rokok dengan karakteristik yang lebih baik. Kitin-kitosan mampu menurunkan tar, nikotin serta komponen asam yang ada pada asap rokok (Ronaldo R, 2006). Hasil penelitian Sulistiasari (2013) menunjukkan bahwa pembuatan biofilter dengan serbuk cangkang kepiting dan kopi mampu menangkap radikal bebas yang ada pada rokok kretek.

Pada penelitian ini, serbuk daun zaitun akan digunakan sebagai bahan dari komposit biofilter untuk menangkap radikal bebas pada asap rokok.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka dapat dirumuskan masalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi pengeringan daun zaitun terhadap karakteristik sifat fisis meliputi kerapatan dan porositas komposit biofilter berbahan serbuk daun zaitun?
2. Bagaimana pengaruh variasi ukuran filler terhadap karakteristik sifat fisis meliputi kerapatan dan porositas komposit biofilter berbahan serbuk daun zaitun?
3. Bagaimana pengaruh variasi pengeringan daun zaitun terhadap komposit biofilter berbahan serbuk daun zaitun dalam menangkap radikal bebas asap rokok?
4. Bagaimana pengaruh variasi ukuran filler terhadap komposit biofilter berbahan serbuk daun zaitun dalam menangkap radikal bebas asap rokok?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi pengeringan daun zaitun terhadap karakteristik sifat fisis meliputi kerapatan dan porositas komposit biofilter berbahan serbuk daun zaitun.

2. Mengetahui pengaruh variasi ukuran filler terhadap karakteristik sifat fisis meliputi kerapatan dan porositas komposit biofilter berbahan serbuk daun zaitun.
3. Mengetahui pengaruh variasi pengeringan daun zaitun terhadap komposit biofilter berbahan serbuk daun zaitun dalam menangkap radikal bebas asap rokok.
4. Mengetahui pengaruh variasi ukuran filler terhadap komposit biofilter berbahan serbuk daun zaitun dalam menangkap radikal bebas asap rokok.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memperoleh manfaat:

1. Menambah khazanah keilmuan tentang pemanfaatan daun zaitun sebagai bahan pembuatan komposit biofilter untuk menangkap radikal bebas asap rokok.
2. Menjadikan rokok kretek sebagai rokok sehat dan melestarikannya sebagai upaya penjagaan terhadap warisan nenek moyang bangsa Indonesia.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Komposit biofilter berasal dari serbuk daun zaitun (*Olea europaea*) dengan variasi komposisi 0.4 g, 0.5 g, 0.6 g, dan 0.7 g.
2. Variasi pengeringan daun zaitun dilakukan dengan cara dijemur panas matahari dan dioven dengan suhu 40°C dan 50°C.

3. Variasi ayakan yang digunakan untuk mendapatkan serbuk daun zaitun sebagai filler adalah 200 mesh, 120 mesh dan 80 mesh.
4. Komposit biofilter berbahan serbuk daun zaitun digunakan untuk menangkap radikal bebas dari asap rokok.
5. Biofilter hanya digunakan untuk perokok aktif.



## **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

### **2.1 Asap Rokok**

Selama ini asap rokok selalu dianggap berbahaya bagi perokok maupun bagi orang-orang yang ada di sekitar perokok. Asap rokok kerap kali disebut-sebut sebagai salah satu penyebab munculnya penyakit degeneratif. Namun seiring perkembangan zaman dan banyaknya penelitian yang telah dilakukan, asap rokok kretek ternyata mampu menyembuhkan penyakit degeneratif.

Penelitian yang dikembangkan oleh Dr. Gretta dan Prof. Sutiman yang memodifikasi dan menjadikan asap rokok kretek dengan kadar racun berbahaya menjadi asap yang menyehatkan bagi manusia. Divine cigarette yang dikembangkan Prof. Sutiman ini mampu mengatasi kanker dan berbagai penyakit degeneratif lainnya. Asap divine cigarette tidak menimbulkan efek sama sekali pada kelompok tikus percobaan. Bahkan, tikus tersebut menjadi lebih lincah dengan ransum makanan lebih sedikit dibandingkan tikus kontrol tanpa divine cigarette.

Rokok kretek merupakan salah satu warisan nenek moyang kita, selain itu rokok kretek juga menjadi tradisi murni bangsa ini. Merokok dan bercocok tanam tembakau juga merupakan budaya bangsa yang tidak mudah untuk diubah. Dengan adanya penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan rokok kretek, maka stigma negatif yang selama ini sudah melekat bisa segera berubah karena di dalam kandungan rokok kretek tersebut tersimpan obat untuk penyakit yang ada di dalam tubuh.

Banyaknya orang di Indonesia merokok yang tetap sehat dan beberapa studi yang sering dianggap kontroversial seperti studi yang dilakukan oleh James E. Enstrom, Ph.D., M.P.H dari UCLA, sesungguhnya cukup memberikan tanda kemungkinan adanya sifat positif asap rokok yang perlu kita kenali. Sementara itu kita tidak punya data primer yang dibangun dari hasil survei dengan pendekatan pengambilan data berbasis populasi (*population based sampling method*). Artinya kita belum memiliki penelitian tentang dampak merokok ini dengan menggunakan sampel perokok (dapat difokuskan di Kretek), dan bukannya sampel dari orang sakit yang datang di rumah sakit (*hospital base sampling method*). Mengingat besaran dampak masalahnya, maka sangat perlu untuk melakukan penelitian bersifat *population based survei* secara mandiri berskala nasional yang dilakukan oleh pemerintah untuk tujuan menakar dampak Kretek secara komprehensif dan cermat serta tepat (Fowles dan Bates, 2000).

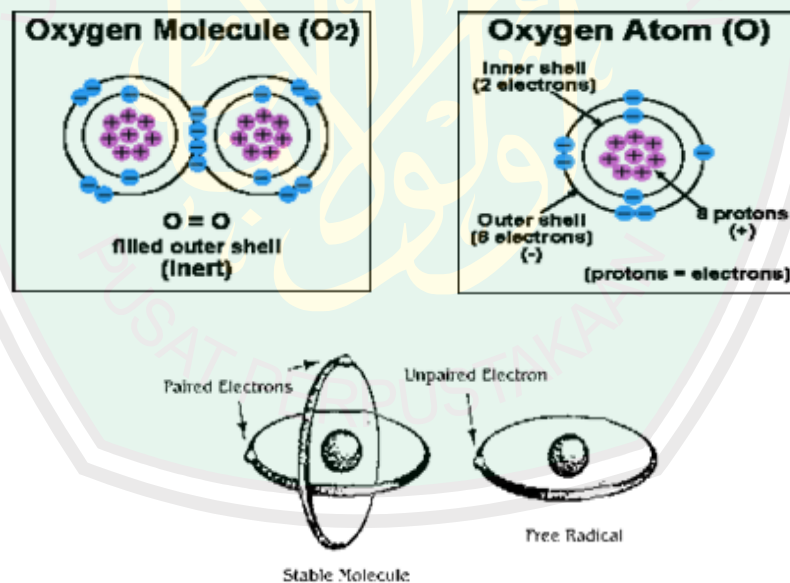
## **2.2 Radikal Bebas**

### **2.2.1 Pengertian dan Sumber Radikal Bebas**

Radikal bebas adalah salah satu produk reaksi kimia dalam tubuh, dimana senyawa kimia ini sangat reaktif karena mengandung elektron yang tidak berpasangan pada orbital luarnya. Sehingga sebagian besar radikal bebas bersifat tidak stabil (Aini, 2002). Untuk memperoleh pasangan elektron senyawa ini sangat reaktif dan merusak jaringan. Senyawa radikal bebas tersebut timbul akibat berbagai proses kimia kompleks dalam tubuh, berupa hasil sampingan dari proses oksidasi atau pembakaran sel yang berlangsung pada waktu bernapas,

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 (Proctor PH, Reynold ES, 1984).

Radikal bebas mencari reaksi-reaksi agar dapat memperoleh kembali elektron berpasangannya. Dalam rangka mendapatkan stabilitas kimia, radikal bebas tidak dapat mempertahankan bentuk aslinya dalam waktu lama dan segera berikatan dengan bahan sekitarnya. Radikal bebas akan menyerang molekul stabil yang terdekat dan mengambil elektronnya, zat yang terambil elektronnya akan menjadi radikal bebas juga sehingga akan memulai suatu reaksi berantai yang akhirnya akan terjadi kerusakan pada sel tersebut (Arif, 2007).



Gambar 2.1 Struktur kimia radikal bebas (Sugiyarto, 2000)

Walaupun reaktifitas radikal bebas pada umumnya cukup tinggi sehingga berumur pendek, namun ada beberapa jenis radikal bebas yang relatif stabil. Salah satu contoh adalah radikal bebas vitamin E. Berkat struktur molekulnya yang

memungkinkan terjadinya resonansi, radikal vitamin E tak perlu reaktif, sehingga dapat berfungsi sebagai peredam (*quencer*).

Radikal bebas yang terdapat pada tubuh manusia berasal dari dua sumber yaitu eksogen dan endogen (Harliyansyah, 2001).

Adapun sumber endogen meliputi:

- a. Autooksidasi; Autooksidasi merupakan produk dari proses metabolisme aerobik. Autooksidasi menghasilkan reduksi dari oksigen diradikal dan pembentukan kelompok reaktif oksigen (Arif, 2007).
- b. Oksidasi Enzimatik; Beberapa jenis enzim mampu menghasilkan radikal bebas dalam jumlah yang cukup bermakna, meliputi *xanthine oksidase (activated in ischemia-reperfusion)*, *prostaglandin synthase*, *lipxygenase*, *aldehyde oxidase*, dan *amino acid oxidase* (Arif, 2007).
- c. Respiratory Burst; Respiratory burst merupakan terminologi yang digunakan untuk menggambarkan proses dimana sel fagositik menggunakan oksigen dalam jumlah yang besar selama fagositosis. Lebih kurang 70-90 % penggunaan oksigen tersebut dapat diperhitungkan dalam produksi superoksida. Fagositik sel tersebut memiliki sistem membran bound flavoprotein cytochrome-b-245 NADPH oxidase. Enzim membran sel seperti NADPH-oxidase keluar dalam bentuk inaktif. Paparan terhadap bakteri yang diselimuti imunoglobulin, kompleks imun, komplemen 5a, atau leukotrien dapat mengaktifkan enzim NADPH-oxidase. Aktifasi tersebut mengawali respiratory burst pada membran sel untuk memproduksi superoksida.

Kemudian  $H_2O_2$  dibentuk dari superoksida dengan cara dismutasi generasi berikutnya dari OH dan HOCl oleh bakteri (Arif, 2007).

Sedangkan untuk sumber eksogen adalah:

a. Obat-Obatan

Beberapa macam obat dapat meningkatkan produksi radikal bebas dalam bentuk peningkatan tekanan oksigen. Bahan-bahan tersebut bereaksi bersama hiperoksida dapat mempercepat tingkat kerusakan. Termasuk didalamnya antibiotika kelompok quinoid atau berikatan logam untuk aktivitasnya (nitrofurantion), obat kanker seperti bleomycin, anthracyclines (adriamycin) dan methotrexate, yang memiliki aktifitas pro-oksidan. Selain itu, radikal juga berasal dari fenilbutason, beberapa asam fenamat dan komponen aminosalisilat dari sulfasalazin dapat mengaktifasi protease, dan penggunaan asam askorbat dalam jumlah banyak mempercepat peroksida lemak (Arif, 2007).

b. Radiasi

Radioterapi memungkinkan terjadinya kerusakan jaringan yang disebabkan oleh radikal bebas. Radio elektromagnetik (sinar X, sinar gamma) dan radiasi partikel (partikel elektron, photon, neutron, alfa, beta) menghasilkan radikal primer dengan cara memindahkan energinya pada komponen seluler seperti air. Radikal primer tersebut dapat mengalami reaksi sekunder bersama oksigen yang terurai atau bersama cairan seluler (Arif, 2007).

c. Asap Rokok

Oksidan dalam rokok mempunyai jumlah yang cukup untuk memainkan peranan yang besar terjadinya kerusakan saluran napas. Telah diketahui bahwa

oksidan asap tembakau menghabiskan antioksidan intraseluler dalam sel paru (in vivo) melalui mekanisme yang dikaitkan terhadap tekanan oksidan. Diperkirakan bahwa tiap hisapan rokok mempunyai bahan oksidan dalam jumlah yang sangat besar, meliputi aldehida, epoxida, peroxida dan radikal bebas lain yang mungkin cukup berumur panjang dan bertahan hingga menyebabkan kerusakan alveoli. Bahan lain seperti nitrit oksida, radikal peroksil dan radikal yang mengandung karbon ada dalam fase gas. Juga mengandung radikal lain yang relatif stabil dalam fase tar (Arif, 2007).

### 2.2.2 Macam-Macam Radikal Bebas

Radikal bebas terpenting dalam tubuh adalah radikal derivat dari oksigen yang disebut kelompok oksigen reaktif (*reactive oxygen species/ ROS*), termasuk di dalamnya adalah triplet ( $3O_2$ ), tunggal (singlet  $O_2$ ), anion superoksida ( $O_2^-$ ), radikal hidroksil ( $-OH$ ), nitrit oksida ( $NO^-$ ), peroksinitrit ( $ONOO^-$ ), asam hipoklorus ( $HOCl$ ), hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), radikal alkoxy ( $LO^-$ ) dan radikal peroksil ( $LO_2$ ) (Arif, 2007).

Radikal bebas yang mengandung karbon ( $CCL_3$ ) yang berasal dari oksidasi radikal molekul organik. Radikal yang mengandung hidrogen hasil dari penyerangan atom H ( $H^-$ ). Bentuk lain adalah radikal yang mengandung sulfur yang diproduksi pada oksidase glutation menghasilkan radikal thiyl ( $R-S^-$ ). Radikal yang mengandung nitrogen juga ditemukan, misalnya radikal fenyl diazine.

Berikut adalah kelompok radikal bebas dalam tubuh (Belkic, 2004):

Tabel 2.1 Kelompok Radikal Bebas Dalam Tubuh (Belkic, 2004)

<b>Kelompok Oksigen Reaktif</b>		
<b>Jenis Senyawa</b>	<b>Nama Senyawa</b>	<b>Akibat</b>
$O_2^-$	Radikal Superoksida ( <i>Superoxide radical</i> )	- Merusak jaringan tubuh - Kanker dan tumor
$\cdot OH$	Radikal hidroksil ( <i>Hydroxyl radical</i> )	Granulomatosa kronis (CGD) atau Kelainan genetik
$H_2O_2$	Hydrogen peroksida ( <i>Hydrogen peroxide</i> )	Menghambat pertumbuhan dini
$^1O_2$	Oksigen tunggal ( <i>Singlet oxygen</i> )	- Kolesterol - Asam urat
$NO\cdot$	Nitrit oksida ( <i>Nitric oxide</i> )	Kerusakan paru-paru
HOCL	Asam hipoklor ( <i>Hypochlorous acid</i> )	Penyakit kronis terutama: - Rematik - Simtomatik - Poliartritis dan kardiak miopi setelah dewasa, dll.
$ONOO^-$	Nitrit peroksida ( <i>Peroxynitrite</i> )	Kanker paru-paru
$\cdot OOH$	Radikal peroksil ( <i>Peroxyl radical</i> )	
LO-	Radikal alkoxy	

Sebenarnya radikal bebas ini penting artinya bagi kesehatan dan fungsi tubuh yang normal dalam memerangi peradangan, membunuh bakteri, dan mengendalikan tonus otot polos pembuluh darah dan organ-organ dalam tubuh kita. Kunci kerjanya radikal bebas yang aman dan efektif dalam tubuh kita bila tidak dalam jumlah yang berlebihan atau dalam keadaan seimbang, akan tetapi masalahnya adalah mekanisme keseimbangan tubuh kita yang sangat rapuh ini sering sekali keluar jalur sehingga menimbulkan penyakit. Saat tubuh kita dipenuhi radikal bebas yang berlebihan maka molekul yang tidak stabil yang berada di dalam tubuh kita berubah bentuk menjadi molekul pemangsa. Mereka mulai bergerak liar dan menyerang bagian tubuh yang sehat sehingga terjadi

penyakit. Berbagai penyakit yang telah diteliti dan diduga kuat berkaitan dengan aktivitas radikal bebas. Penyakit-penyakit tersebut mencakup lebih dari 50 kelainan seperti stroke, asma, pankreatitis, berbagai penyakit radang usus, penyumbatan kronis pembuluh darah di jantung, penyakit parkinson, sel sickle Leukemia, artitis rematoid, pendarahan otak dan tekanan darah tinggi, bahkan AIDS.

Untuk memperbaiki keadaan ini tubuh kita membentuk pembasmi radikal bebas yang dikenal sebagai antioksidan endogen. Antioksidan endogen ini akan menetralkan radikal bebas yang berlebihan itu sehingga tidak merusak tubuh. Antioksidan endogen ini dikemukakan oleh ilmuwan Amerika pada tahun 1968 oleh J.M. Mc Cord dan I. Fridovich yang menemukan enzim antioksidan alami dalam tubuh manusia yaitu Superoksid dismutase yang saat ini disingkat SOD. Hanya dalam waktu singkat setelah teori tersebut disampaikan, selanjutnya ditemukan enzim-enzim antioksidan alami lainnya seperti Glutathion peroksidase, Katalase yang siap menetralkan radikal bebas yang berlebihan agar tetap seimbang. Saat ini enzim-enzim antioksidan alami ini sudah dapat diperiksa kadarnya dalam tubuh di laboratorium. Sedangkan antioksidan yang kita makan dari luar melalui makanan atau melalui food suplemen untuk membantu tubuh melawan kelebihan radikal bebas, kita sebut antioksidan eksogen. Radikal bebas dapat berasal dari dalam tubuh maupun dari lingkungan. Manusia setiap detiknya menghasilkan radikal bebas. Radikal bebas dapat dihasilkan pada proses respirasi, proses pencernaan dan proses metabolisme selalu menghasilkan radikal bebas. Peningkatan radikal bebas pun dapat dipicu oleh stress atau olahraga yang

berlebihan. Faktor lingkungan pun dapat meningkatkan radikal bebas seperti polusi udara, radiasi sinar matahari (ultraviolet), zat kimia, asap rokok, asap kendaraan bermotor, dan berbagai macam faktor lainnya (Wardhan, 1999).

### **2.2.3 Stress Oksidatif dan Penyakit Akibat Radikal Bebas**

Oksigen dapat menghilangkan elektron dari molekul lain dalam sel dan membentuk reaktif oxygen species (ROS). Subtansi ini merupakan faktor yang berpengaruh dalam berbagai penyakit. ROS diatur oleh sistem pertahanan yang bergantung pada aktivitas enzim dan zat non enzim. Ketidak seimbangan antara ROS dan sistem pertahanan tubuh dikenal dengan stress oksidatif (Musthofiyah, 2008).

Menurut Sies (1991) stress oksidatif adalah suatu keadaan dimana jumlah molekul radikal bebas yang dihasilkan dari metabolisme tubuh, jumlahnya melebihi kapasitas tubuh untuk menetralsirnya. 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.

Kondisi sel-sel yang rusak inilah yang akhirnya bermanifestasi menjadi penyakit dan proses penuaan sel menjadi lebih cepat (premature aging). Stress oksidatif ini dapat terjadi karena dipicu oleh beberapa kondisi, namun pada dasarnya stress 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 spesies* (ROS), satu bentuk radikal bebas. Peristiwa ini berlangsung saat proses sintesa energi oleh mitokondria atau proses detoksifikasi yang melibatkan enzim sitokrom P-450 dihati.

Produksi energi mitokondria juga merupakan penghasil utama ROS yang berasal dari respirasi mitokondria adalah terbentuknya elektron yang tidak berpasangan (radikal bebas). Interaksi antara elektron yang tidak berpasangan dengan oksigen ( $O_2$ ) akan menghasilkan radikal superoksida ( $O_2^*$ ) yang merupakan ROS yang sangat reaktif. ROS bereaksi cepat dengan DNA, protein dan lipid sehingga menyebabkan kerusakan oksidatif (Indriyanti, 2005).

Berbagai kemungkinan dapat terjadi sebagai akibat kerja radikal bebas. Misalnya, gangguan fungsi sel, kerusakan struktur sel, molekul termodifikasi yang tidak dapat dikenali oleh sistem imun, dan bahkan mutasi. Dari semua bentuk gangguan ini nantinya dapat memicu munculnya berbagai penyakit.

Menurut Sadikin (2001), serangan radikal bebas terhadap molekul sekelilingnya akan menyebabkan terjadinya reaksi berantai, yang kemudian menghasilkan senyawa radikal baru. Dampak dari reaktivitas senyawa radikal bebas ini bermacam-macam, mulai dari kerusakan sel atau jaringan, penyakit autoimun, penyakit degeneratif, hingga kanker.

Senyawa radikal bebas di dalam tubuh dapat merusak asam lemak tak jenuh ganda pada membran sel. Akibatnya, dinding sel menjadi rapuh. Senyawa oksigen reaktif ini juga mampu merusak bagian dalam pembuluh darah sehingga

meningkatkan pengendapan kolesterol dan menimbulkan aterosklerosis (Winarsi, 2007). Senyawa radikal bebas ini juga berpotensi merusak basa DNA sehingga mengacaukan sistem info genetika dan berlanjut pada pembentukan sel kanker (Halliwell dan Gutteridge, 1991). Jaringan lipid juga akan dirusak oleh senyawa radikal bebas sehingga terbentuk peroksida yang memicu munculnya penyakit degeneratif. Selain itu kerusakan molekul protein oleh senyawa oksigen reaktif juga akan menimbulkan penyakit katarak.

Kumalaningsih (2006) mengungkapkan ada beberapa penyakit yang dapat disebabkan radikal bebas, yaitu:

- a. Penyakit Jantung Koroner. Penyakit ini disebabkan molekul besar lemak yang disebut LDL (*Low Density Lipoprotein*) teroksidasi antara lain oleh radikal bebas. LDL yang teroksidasi akan mengendap dipembuluh darah jantung sehingga menjadi sempit dan aliran darah terganggu.
- b. Kanker. Penyakit ini disebabkan oleh karena adanya serangan radikal bebas pada DNA dan RNA dalam sel sehingga terjadi pertumbuhan dan perkembangan sel yang abnormal dan menyebabkan kerusakan jaringan.
- c. Katarak. Pada penyakit ini terjadi kerusakan protein pada lensa akibat elektron diambil oleh radikal bebas dapat mengakibatkan kerusakan sel.
- d. Penyakit Degeneratif. Penyakit ini disebabkan asam lemak tak jenuh dalam jaringan sel terserang radikal bebas sehingga terjadi reaksi antar sel dan menghasilkan senyawa peroksida yang merusak sel.

- e. Proses Penuaan. Yakni kerusakan jaringan akibat radikal bebas dapat menyebabkan elastisitas kolagen merosot dan kulit menjadi keriput dan timbul bintik-bintik pigmen kecoklatan.

## 2.3 Zaitun

### 2.3.1 Deskripsi Zaitun

Zaitun (*Olea europaea*) adalah pohon kecil tahunan dan hijau abadi, yang buah mudanya dapat dimakan mentah ataupun sesudah diawetkan sebagai penyegar. Buahnya yang tua diperas dan minyaknya diekstrak menjadi minyak zaitun yang dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan.

Klasifikasi Ilmiah:

Kerajaan : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Lamiales

Famili : Oleaceae

Genus : *Olea*

Spesies : *O. europaea*



Gambar 2.2 Daun zaitun dan buah zaitun (www.sehataja.com)

Tumbuhan zaitun termasuk pohon-pohon kayu yang membuahakan buah yang kedudukannya istimewa lagi besar manfaatnya. Ia termasuk sebagian nikmat Allah yang dikaruniakan kepada umat manusia, karena dapat ditanam dengan baik di segala jenis tanah, bahkan di tanah yang kering sekalipun (Mahram, 2005). Zaitun ini berbuah saat berumur lima tahun dan usianya dapat mencapai ribuan tahun, sehingga yang tadinya perdu telah menjadi pohon besar. Pohon zaitun yang berumur ribuan tahun di antaranya pernah ditemukan di Palestina yang bertahan hidup hingga 2000 tahun. Distribusinya meliputi daerah-daerah iklim panas sampai iklim sedang. Kebanyakan jenisnya ditemui di Asia dan daerah Laut Tengah (Oliev, 2012).

### **2.3.2 Manfaat Daun Zaitun**

Tanaman zaitun ini pada mulanya dikembangbiakkan di cekungan laut tengah. Dalam Al Qur'an zaitun disebut sebanyak tujuh kali. Berkali-kali disebut sebagai tanaman yang banyak mengandung manfaat dan khasiat bagi umat manusia. Keajaiban dan khasiat yang dihasilkan dari tanaman zaitun cukup

melimpah ruah dan sangat multifungsi bagi orang-orang yang ingin berfikir dan mengambil pelajaran dari ayat-ayat Allah SWT.

Firman Allah SWT:

وَشَجَرَةً تَخْرُجُ مِنْ طُورِ سَيْنَاءَ تَنْبُتُ بِالذُّهْنِ وَصَبِغٍ لِلآكِلِينَ ﴿٢٠﴾

“Dan pohon kayu keluar dari Thursina (pohon zaitun), yang menghasilkan minyak, dan makanan bagi orang-orang yang makan.”(QS al Mu’minun:20)

Lafadz *شجرة* “Dan pohon kayu”. Yang dimaksud dengan pohon disini adalah pohon Zaitun. Allah SWT menyebut pohon (Zaitun) ini secara khusus karena manfaatnya yang sangat besar. Lafadz *تخرج من طور سيناء* “Keluar dari Thursina”. Ibnu Abbas mengemukakan pendapatnya bahwa maksudnya ayat ini adalah, Allah menumbuhkan pohon ini, pada awalnya, adalah digunung yang telah Allah berkahi yakni Thursina. Lafadz *تنبت بالدهن* “Yang menghasilkan minyak”. Yang dimaksud dari ayat tersebut adalah, memerinci nikmat minyak yang diberikan kepada manusia, dan ia termasuk salah satu nikmat yang sangat diperlukan kesehatan tubuh. Lafadz *وصبغ للآكلين* “Dan makanan bagi orang-orang yang makan”. Yang dimaksud dengan *صبغ* dalam ayat ini adalah minyak yang dijadikan sebagai lauk ketika makan (Al Qurthubi, 2008).

Allah menyebutkan pohon zaitun dalam ayat-Nya karena tidak ada satu bagian pun dari pohon ini yang tidak berguna, bahkan abunya bisa dimanfaatkan untuk mencuci sutera. Banyak manfaat yang bisa diperoleh dari pohon zaitun. Buah zaitun bisa digunakan sebagai penyedap makanan, selain itu buah yang diperas juga bisa menghasilkan minyak. Minyak zaitun bisa digunakan sebagai bumbu salad. Kayu dari pohon zaitun juga sangat bagus, keras dan indah. Daun

zaitun berkhasiat mengatasi demam, kesemutan, koreng kering dan koreng basah, serta mengurangi keringat berlebih.

Dalam tafsir Al-Qurtubi disebutkan bahwa Ibnu Abbas berkata, “Pohon Zaitun mengandung berbagai manfaat. Minyaknya digunakan sebagai bahan bakar lampu dan juga untuk lauk dan lulur. Kayu dan arangnya digunakan sebagai kayu bakar. Tidak ada satu bagian pun dari pohon ini yang tidak berguna, bahkan abunya bisa dimanfaatkan untuk mencuci sutera. Ia merupakan pohon pertama yang tumbuh di bumi dan sekaligus pohon pertama yang tumbuh setelah banjir besar di zaman nabi Nuh. Ia tumbuh di tanah para Nabi dan tanah suci. Tujuh puluh nabi telah mendoakannya agar diberkati, antara lain Nabi Ibrahim AS dan Nabi Muhammad SAW tatkala memanjatkan doa: *Allahumma barik fiz-zayt waz-zaytun* (Ya Allah, berkatilah zait dan zaitun). Beliau mengucapkannya dua kali (Livia, 2012).

Kebanyakan orang mungkin hanya mengetahui manfaat dari minyak zaitun dan buah zaitun. Padahal tidak hanya minyak dan buahnya saja yang bermanfaat bagi kesehatan, daunnya pun berkhasiat untuk menyembuhkan berbagai penyakit. Khasiat daun zaitun sebenarnya sudah dikenal sejak zaman dulu. Di kalangan masyarakat tradisional Maroko, daun zaitun banyak digunakan untuk menjaga kestabilan gula darah dalam tubuh. Masyarakat Yunani Kuno juga menggunakan daun zaitun sebagai pembasuh luka. Daun zaitun juga dapat menyembuhkan radang gusi dan tenggorokan dengan cara mengunyahnya. Apabila dihancurkan dan dijadikan juice, daun ini bisa berfungsi mencegah terjadinya peradangan. Apabila ditumbuk dan dihaluskan, air atau patinya dapat berguna untuk

mengobati bisul dan luka, karena ramuan ini mengandung unsur-unsur yang memberi keseimbangan sekaligus membersihkan. Mungkin juga digunakan untuk suntikan usus-urus (*enema*) bagi penderita luka pada lambung (Basith, 2006).

Kegunaan dan khasiat natural daun zaitun (Al Fatah, 2011):

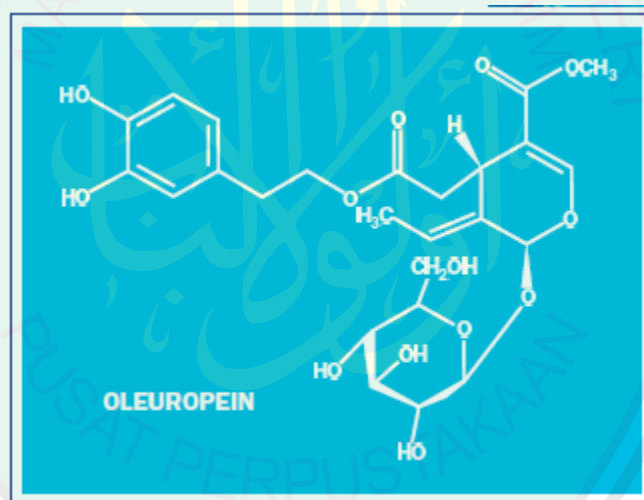
- a. Daun zaitun mengandung daya tangkal yang efektif dan mencegah berbagai penyakit, air rebusan daun zaitun dan kulitnya efektif dipergunakan untuk menurunkan panas.
- b. Daun zaitun juga mengandung bahan-bahan natural yang membunuh mikroba, jenis-jenis virus dan bakteri-bakteri.
- c. Daun zaitun mengobati penyakit yang baru ditemukan disebut (CFS) “*Chronic Fatigue Syndrome*”.
- d. Daun zaitun mengobati penyakit yang disebabkan oleh virus Herpes.
- e. Daun zaitun membantu meringankan penderita AIDS yang disebabkan oleh HIV, atau daun zaitun menguatkan kekebalan tubuh menangkis serangan virus HIV.
- f. Daun zaitun membantu mengurangi stress dalam tubuh, kelelahan fisik, mengurangi dampak nyeri-nyeri yang disebabkan oleh penyakit menahun yang parah seperti: AIDS, kanker, meringankan beban penderita, dan melawan virus-virus yang menyebabkan penyakit-penyakit berat tersebut dengan dua cara: *Pertama*, mencegah penyebab virus-virus ganas itu, dan *kedua*, mengaktifkan dan mengontrol fungsi kekebalan tubuh untuk menciptakan jaringan-jaringan khusus membunuh virus-virus yang menyerang.

- g. Daun zaitun mengobati penyakit flu dan influenza yang tidak dapat dicegah dengan anti-biotik.
- h. Daun zaitun dan minyak zaitun berguna untuk mengobati penyakit jantung karena menurut hasil penelitian bahwa kedua produk zaitun ini dapat menurunkan tekanan darah dan mengurangi kolesterol.
- i. Rebusan daun zaitun dapat membantu menurunkan kadar gula darah.

Rasulullah SAW pernah bersabda: “*Sesungguhnya Allah Ta’ala menurunkan penyakit dan obatnya, dan menjadikan setiap penyakit pasti ada obatnya. Maka berobatlah kalian, tapi jangan dengan yang haram.*” (HR. Abu Dawud). Pengetahuan terbaru tentang pengobatan dari daun zaitun muncul pada awal 1800-an saat bubuk daun zaitun digunakan sebagai minuman untuk menurunkan demam. Beberapa dekade kemudian, daun hijau zaitun digunakan sebagai teh untuk menyembuhkan malaria. Sejak saat itu, beberapa orang peneliti mengumumkannya sebagai antivirus, anti-HIV, antimikroba, antioksidan dan anti-peradangan, menghambat hipotensi dan sifat anti kanker yang mengarah pada pencegahan beberapa jenis kanker (Tayoub, 2012).

Pada awal tahun 1900-an ilmuwan mengisolasi senyawa pahit yang disebut *oleuropein* dari daun zaitun, dimana senyawa ini dianggap memberikan kekebalan terhadap penyakit pada pohon zaitun. Pada tahun 1962 seorang peneliti Italia mencatat bahwa *oleuropein* memiliki kemampuan menurunkan tekanan darah pada hewan laboratorium. Peneliti Eropa lainnya juga mengklaim bahwa *oleuropein* bisa digunakan untuk meningkatkan aliran darah di arteri koroner, dimana hal ini bisa mengurangi aritmia dan mencegah kejang otot usus. Beberapa

tahun kemudian, seorang peneliti Belanda mengidentifikasi bahwa bahan utama dalam *oleuropein* mampu menghambat pertumbuhan virus, bakteri, jamur dan parasit. Senyawa ini dikenal dengan asam elenolic. Penelitian lebih lanjut di Eropa menyatakan bahwa asam elenolic memiliki bakterisida yang kuat serta kemampuan sebagai antivirus dan antijamur. Sebuah penelitian yang diterapkan pada hewan laboratorium pada tahun 1970 dan diterbitkan oleh perusahaan Farmasi Upjohn menyatakan bahwa pemberian kalsium elenolate dalam dosis tinggi, melebihi dosis yang di rekomendasikan tidak menyebabkan efek samping berbahaya atau hal lainnya yang merugikan (Pastore, 2004).



Gambar 2.3 Struktur Kimia Oleuropein (Alternative Medicine Review)

Daun zaitun juga mengandung senyawa antikanker seperti *apigenin* dan *luteolin*, dan *cinchonine* yang merupakan sumber antimalarial. Kandungan *asam oleanolic* dari daun zaitun mampu menghambat perkembangan kanker hati pada hewan uji coba laboratorium. Terapi daun zaitun dapat bereaksi baik terhadap kanker hati dan kanker payudara. *Asam oleat* mampu memotong ekspresi gen yang berkaitan dengan perkembangan kanker payudara. Hal ini membuktikan

bahwa daun zaitun terbukti efektif mencegah kanker yang berhubungan dengan inflamasi seperti usus besar, liver, prostat, dan kanker lambung.

Salah satu kandungan yang terdapat dalam daun zaitun adalah senyawa *apigenin* dan *luteolin*, dimana senyawa ini merupakan senyawa golongan flavon. Flavon merupakan jenis flavonoid yang paling banyak ditemukan di dalam tumbuhan. Flavon banyak terdapat pada bagian daun dan bagian luar dari tanaman, hanya sedikit sekali yang ditemukan pada bagian tanaman yang berada dibawah permukaan tanah (Hertog *et al.*, 1992).

*Luteolin* dan *apigenin* telah diketahui juga memberikan efek yang baik bagi kesehatan manusia. Senyawa *luteolin* memiliki peran penting dalam tubuh sebagai antioksidan, penangkal radikal bebas, zat pencegah terhadap peradangan, promotor dalam metabolisme karbohidrat, dan sebagai pengatur sistem imun. Berdasarkan karakteristik-karakteristik tersebut, *luteolin* juga dipercaya berperan penting dalam pencegahan kanker. Beberapa penelitian telah menyatakan bahwa *luteolin* sebagai zat biokimia dapat secara drastis menurunkan gejala infeksi dan peradangan (Andarwulan dan Faradilla, 2012). Selain itu, *luteolin* juga mampu menghambat oksidasi LDL dengan cara mengkelat ion tembaga, yang dapat menginduksi oksidasi dari LDL (Aviram dan Fuhrman, 2003). Sedangkan senyawa *apigenin* memiliki kemampuan antara lain sebagai zat anti peradangan, antibakteri, dan untuk mengatasi permasalahan lambung (Cadenas dan Packer, 2002).

## **2.4 Komposit**

### **2.4.1 Definisi Komposit**

Komposit adalah perpaduan dari dua bahan atau lebih yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusunnya untuk menghasilkan material baru dengan sifat lebih baik dari material dasar sebelum dicampur. Ada beberapa definisi komposit antara lain :

- Tingkat dasar : pada molekul tunggal dan kisi kristal, bila material yang disusun dari dua atom atau lebih disebut komposit (contoh senyawa, paduan, polymer dan keramik)
- Mikrostruktur : pada kristal, phase dan senyawa, bila material disusun dari dua phase atau senyawa atau lebih disebut komposit (contoh paduan Fe dan C)
- Makrostruktur : material yang disusun dari campuran dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk dan/atau komposisi dan tidak larut satu dengan yang lain disebut material komposit (definisi secara makro ini yang biasa dipakai)

### **2.4.2 Penyusun Komposit**

Secara umum material komposit tersusun dari dua komponen utama yaitu matrik (bahan pengikat) dan filler (bahan pengisi). Matrik dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam maupun keramik. Matrik secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Selain itu matrik juga dapat memberikan ketahanan terhadap temperatur tinggi, ketahanan terhadap tegangan geser dan mampu mendistribusikan beban. Sedangkan filler

adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. Filler berperan dalam memberikan kekuatan dan kekakuan komposit.

### 2.4.3 Klasifikasi Bahan Komposit

Klasifikasi bahan komposit berdasarkan matrik dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Komposit matrik logam (KML), logam sebagai matrik
- b. Komposit matrik polimer (KMP), polimer sebagai matrik
- c. Komposit matrik keramik (KMK), keramik sebagai matrik

Klasifikasi bahan komposit berdasarkan bahan penguatnya dapat dibagi menjadi:

- a. Komposit Serat (*fiber composite*)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya.

- b. Komposit Laminat (*laminated composite*)

Komposit laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus. Komposit laminat ini terdiri dari empat jenis yaitu komposit serat kontinyu, komposit serat anyam, komposit serat acak dan komposit serat hibrid.

c. Komposit Partikel (*particulated composite*)

Komposit partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan didistribusi secara merata dalam matrik. Komposit yang terdiri dari partikel dan matrik yaitu butiran (batu, pasir) yang diperkuat semen yang kita jumpai sebagai beton. Komposit partikel merupakan produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matrik bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekanan, kelembaban, katalisator dan lain-lain. Komposit partikel ini berbeda dengan jenis serat acak sehingga bersifat isotropis.

d. Komposit Serpihan (*flake composite*)

Komposit serpihan terdiri atas serpihan-serpihan yang saling menahan dengan mengikat permukaan atau dimasukkan ke dalam matrik. Pengertian dari serpihan adalah partikel kecil yang telah ditentukan sebelumnya yang dihasilkan dalam peralatan yang khusus dengan orientasi serat sejajar permukaannya. Sifat-sifat khusus yang dapat diperoleh dari serpihan adalah bentuknya besar dan datar sehingga dapat disusun dengan rapat untuk menghasilkan suatu bahan penguat yang tinggi untuk luas penampang lintang tertentu.

## 2.5 Poliatilon Glikol (PEG)

Penambahan aditif dapat dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan sifat permukaan membran. Terdapatnya aditif dapat mempengaruhi struktur

morfologi dan kinerja membran. Kinerja membran yang baik sangat ditentukan dari porositas permukaan dan distribusi pori dari membran yang digunakan. Salah satu zat aditif yang sering ditambahkan adalah PEG (*Polietilen Glikol*) (Rosnelly, 2012).

Polietilen glikol (PEG) adalah senyawa hasil kondensasi dari oksietilen dan air dengan rumus molekul  $H(OCH_2CH_2)_nOH$ , dimana  $n$  merupakan bilangan (jumlah) rata-rata pengulangan grup oksietilen mulai dari 4 sampai 180. Bilangan yang mengiringi dibelakang PEG menunjukkan berat molekul rata-rata daripada PEG, seperti PEG dengan  $n = 80$  akan mempunyai berat molekul rata-rata sekitar 3500 Dalton dan dicantumkan sebagai PEG 3500. Sedangkan senyawa dengan berat molekul rendah terdiri dari  $n = 2$  sampai  $n = 4$  seperti diethylene glycol, triethylene glycol, dan tetraethylene glycol, merupakan senyawa-senyawa murni. Senyawa dengan berat molekul rendah sampai 700 bersifat cairan kental, tidak berwarna, tidak berbau dengan titik beku  $-10\text{ }^\circ\text{C}$  (diethylene glycol), sementara senyawa-senyawa hasil polimerisasi dengan berat molekul yang lebih tinggi yaitu sampai 1000 berbentuk padat seperti lilin dengan titik didih mencapai  $67\text{ }^\circ\text{C}$  untuk  $n = 180$ .

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.

## 2.6 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, dan
- 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*, *ovomuroid*, *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°C. Sifat fungsional dari putih telur dipengaruhi oleh denaturasi *ovotransferin* pada suhu sekitar 70°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).

Komposisi *ovomucin* sebanyak 1,5% dari protein putih telur (Stadelman dan Cotterill, 1995). Perbedaan putih telur kental dan encer terutama disebabkan karena perbedaan kandungan *ovomucin*. *Ovomucin* pada putih telur kental kira-kira empat kali lebih besar daripada di putih telur encer (Brooks dan Hale, 1961 dalam Stadelman dan Cotterill, 1995). *Ovomucin* adalah protein yang bersifat menstabilkan buih. Jika *ovomucin* terdapat dalam jumlah cukup banyak maka buih yang terbentuk bersifat stabil (Sirait, 1986). Proses pengenceran putih telur akibat dari interaksi antara *lysozyme* dan *ovomucin* yang menyebabkan berkurangnya daya larut *ovomucin* dan merusak sifat kental dari putih telur (Stadelman dan Cotterill, 1995). *Ovomucin* bersifat tahan panas, pemanasan pada

suhu 90°C dengan pH 7.1-9.4 selama 2 jam tidak mempengaruhi viskositas (kekentalan) protein ini (Winarno dan Koswara, 2002).

*Globulin* merupakan protein yang menentukan kekentalan putih telur dan mengurangi pencairan buih. *Globulin* mempunyai tegangan permukaan yang rendah sehingga membantu tahapan pembentukan buih. Tegangan permukaan yang rendah cenderung memperkecil ukuran gelembung dan meratakan tekstur buih. Kurangnya *globulin* dalam putih telur membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai volume tertentu. Komposisi *globulin* sekitar 4% dari protein putih telur (Stadelman dan Cotterill, 1995).

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 *ovomucin-lysozym* yang akan mengeluarkan air sehingga putih telur menjadi encer (Stadelman dan Cotterill, 1995). Perubahan nilai pH putih telur disebabkan oleh hilangnya CO<sub>2</sub> dan aktifnya enzim proteolitik yang merusak membran vitellin menjadi lemah dan akhirnya pecah sehingga menyebabkan putih telur menjadi cair dan tipis (Romanof, 1963).

## 2.7 Electron Spin Resonance (ESR)

ESR (*Electron Spin Resonance*) merupakan metode penelitian tentang molekul yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan. Teknik ini memanfaatkan medan magnet yang ditimbulkan akibat elektron yang beresonansi dengan radiasi elektromagnetik. Penyerapan resonansi energi elektromagnetik akibat partikel yang berputar pada medan magnet yang kuat adalah dasar dari ESR ini (Fauziah, 2012).

Prinsip kerja ESR adalah penentuan molekul yang memiliki elektron tidak berpasangan dengan mengamati medan magnet saat elektron tersebut mengalami resonansi dengan energi elektromagnetik. Resonansi magnetik merupakan saat spin-spin magnetik dari atom-atom tertentu menyerap frekuensi tertentu ketika mengalami medan magnet bolak-balik pada frekuensi yang sama dengan frekuensi alami dari sistem (Utomo dkk, 2013).

Pada dasarnya, ESR merupakan hubungan antara momentum sudut intrinsik elektron spin ( $S$ ) dengan momen magnet yang ditunjukkan persamaan (Fauziah, 2012):

$$\mu = g\beta s \quad 2.1$$

Dimana:

$g$  = faktor lande (2,0023 J/T)

$\beta$  = magneton Bohr ( $9,274078 \times 10^{-24}$  J/T)

Faktor lande menunjukkan hubungan antara interaksi spin-orbit dan elektron paramagnet dengan inti atom yang ada disekitarnya. Penentuan nilai  $g$

didapatkan pada saat terjadi resonansi magnetik yaitu ketika sampel berinteraksi dengan radiasi elektromagnetik sebesar  $hf$  dan sebanding dengan transisi energi antara 2 tingkatan spin seperti yang dituliskan berikut (Fauziah, 2012):

$$g = \frac{hf}{\mu_B B} \quad 2.2$$

Dimana:

$h$  = konstanta planck ( $h = 6,625 \times 10^{-34} \text{Ws}^2$ )

$\mu_B$  = magneton Bohr ( $\mu_B = 9,273 \times 10^{-24} \text{Am}^2$ )

$B$  = medan magnet eksternal (T)

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. Nilai  $g$  diperoleh ketika kondisi resonansi magnetik diperoleh, dimana sampel dikenai radiasi elektromagnetik dengan energi sebesar  $hf$  yang sebanding dengan transisi energi antara dua tingkatan spin.

Keunggulan dari ESR adalah selain dapat mengetahui aktivitas antiradikal bebas, ESR juga dapat menentukan jenis radikal yang terperangkap dan efisien.

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 2.2 Nilai faktor g (Lostari, 2011)

No.	Nama Radikal	Nilai faktor g
1.	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	2.0356
2.	O	1.501
3.	Fe <sub>2</sub> <sup>+</sup>	1.77
4.	MnO <sub>2</sub>	1.8367
5.	FeS	1.86
6.	Hidroperoxida	1.9896
7.	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	1.9921-2.0007
8.	Cu	1.997
9.	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.9976
10.	Hidroxy	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.	Methyl	2.00255-2.00286
18.	DPPH	2.0036
19.	SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.0037
20.	Ethyl	2.0044
21.	C	2.00505-2.00548
22.	Peroxy	2.0155-2.0265
23.	CuOx	2.098
24.	CuGeO <sub>3</sub>	2.154
25.	YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	2.24
26.	Cu-HA	2.289
27.	Hg	4.0-4.5

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).

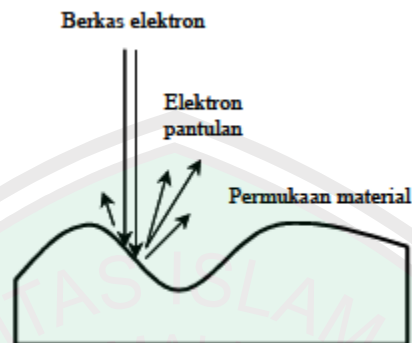
## **2.8 Scanning Electron Microscopy (SEM)**

SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda (Abdullah, 2009). Pada mikroskop elektron ini lensa magnetik memusatkan aliran elektron dari sumbernya secara cepat menyapu dengan lembut melintasi obyek yang diamati. SEM digunakan pada sampel yang tebal dan memungkinkan untuk analisis permukaan.

SEM dapat digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan bahan. Karakterisasi bahan menggunakan SEM dimanfaatkan untuk melihat struktur topografi permukaan, ukuran butiran, cacat struktural dan komposisi pencemaran suatu bahan. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi ini dapat dilihat secara langsung karena SEM menyajikan bentuk tiga dimensi berupa gambar dan foto. Hasil SEM yang berupa gambar topografi menyajikan bentuk permukaan bahan dengan berbagai lekukan dan tonjolan.

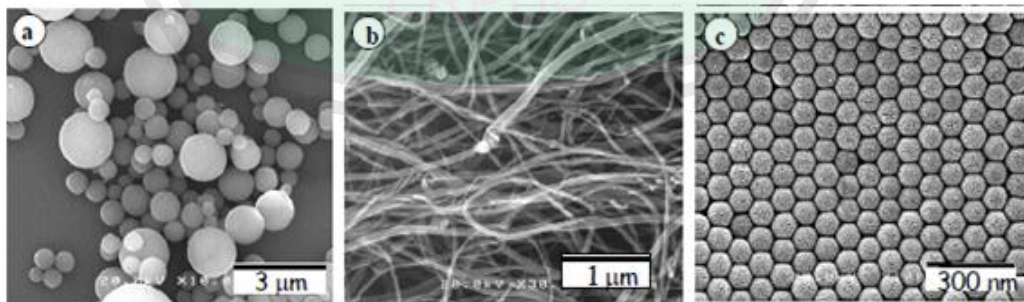
Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi seperti yang terlihat pada gambar 2.3 . Permukaan benda yang dikenai berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Tetapi ada satu arah dimana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut memberi

informasi profil permukaan benda seperti seberapa landai dan kemana arah kemiringan (Abdullah, 2009).



Gambar 2.4 Dalam SEM berkas elektron berenergi tinggi mengenai permukaan material. Elektron pantulan dan elektron sekunder dipancarkan kembali dengan sudut yang bergantung pada profil permukaan material (Abdullah, 2009)

Pada saat dilakukan pengamatan, lokasi permukaan benda yang ditembak dengan berkas elektron di-scan ke seluruh area daerah pengamatan. Kita dapat membatasi lokasi pengamatan dengan melakukan zoom-in atau zoom-out. Berdasarkan arah pantulan berkas pada berbagai titik pengamatan maka profil permukaan benda dapat dibangun menggunakan program pengolahan gambar yang ada dalam komputer (Abdullah, 2009).



Gambar 2.5 Foto SEM sejumlah sampel: (a) partikel, (b) nanotube, dan (c) partikel yang terorganisasi (Abdullah, 2009)

Gambar 2. adalah beberapa contoh bayangan material yang diamati dengan SEM. Seperti pada Gambar 2. (a) tampak jelas bahwa ukuran partikel yang dibuat tidak seragam, tetapi bervariasi (Abdullah, 2009).

Syarat agar SEM dapat menghasilkan citra yang tajam adalah permukaan benda harus bersifat sebagai pemantul elektron atau dapat melepaskan elektron. Material yang memiliki sifat demikian adalah logam. Jika permukaan logam diamati di bawah SEM maka profil permukaannya akan tampak jelas. Sedangkan profil permukaan yang non-logam dapat di amati dengan jelas menggunakan SEM setelah profil permukaannya dilapisi dengan logam. Metode pelapisan yang umumnya dilakukan adalah evaporasi dan sputtering (Abdullah, 2009).

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposit biofilter dari serbuk daun zaitun dengan campuran putih telur dan PEG terhadap penangkapan radikal bebas asap rokok kretek.

### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni - September sampai selesai di Laboratorium Riset Kimia-Fisika, Laboratorium Termodinamika Fisika dan Laboratorium Material Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Laboratorium Lanjutan FMIPA Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Divisi Karakterisasi Material FTI – ITS.

### **3.3 Alat dan Bahan**

#### **3.3.1 Alat**

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini diantaranya:

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

5. *Crusible*
6. Pipet ukur 1 ml
7. Ayakan 200 mesh, 120 mesh dan 80 mesh
8. Spatula
9. Neraca analitik
10. Korek api
11. Penghisap (suntikan)
12. Tabung/pipet tetes sebagai tabung pengukuran
13. Selang 0.4 cm dan 0.7 cm

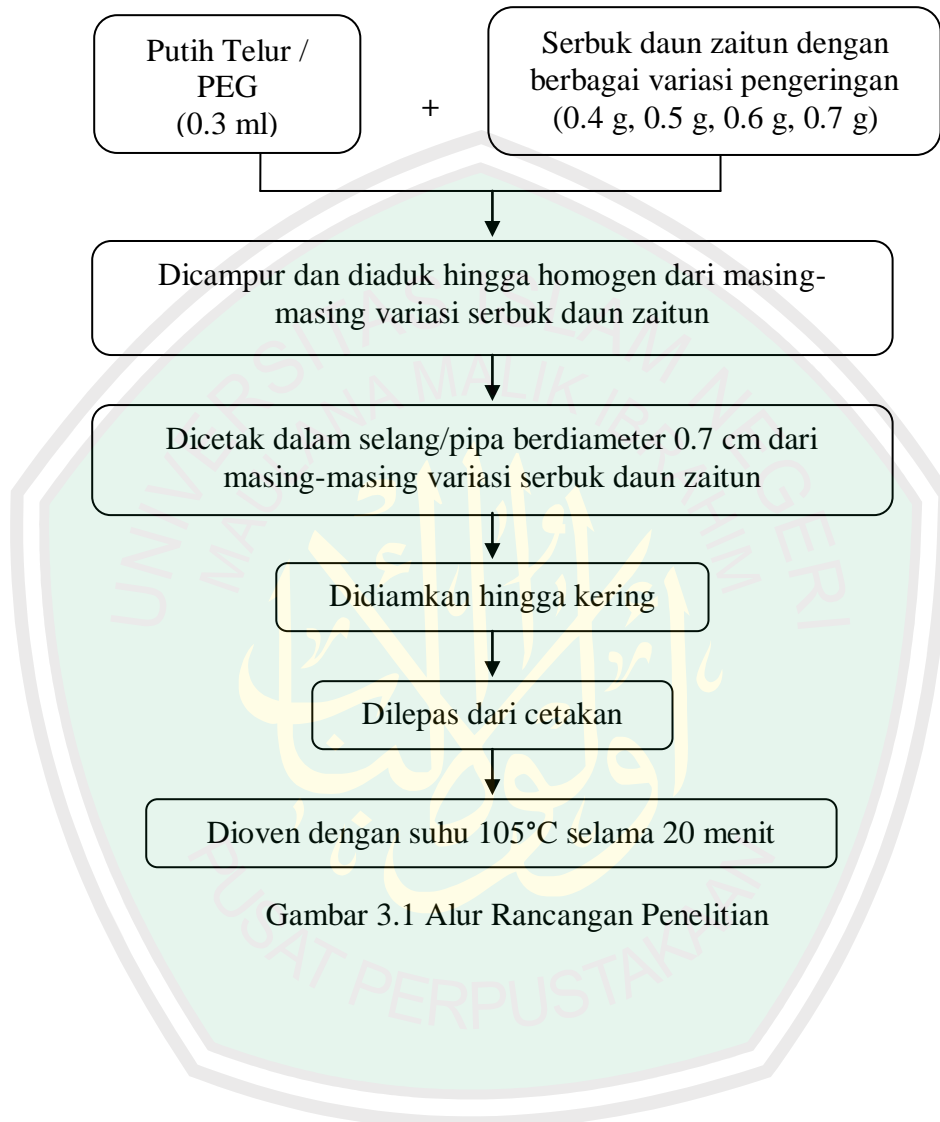
### **3.3.2 Bahan**

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini diantaranya:

1. Rokok kretek
2. Serbuk daun zaitun yang telah dikeringkan dengan panas matahari, di oven 40°C dan 60°C (0.4 g, 0.5 g, 0.6 g, dan 0.7 g untuk masing-masing variasi pengeringan dari berbagai variasi ayakan)
3. Putih telur 0.3 ml
4. PEG 0.3 ml

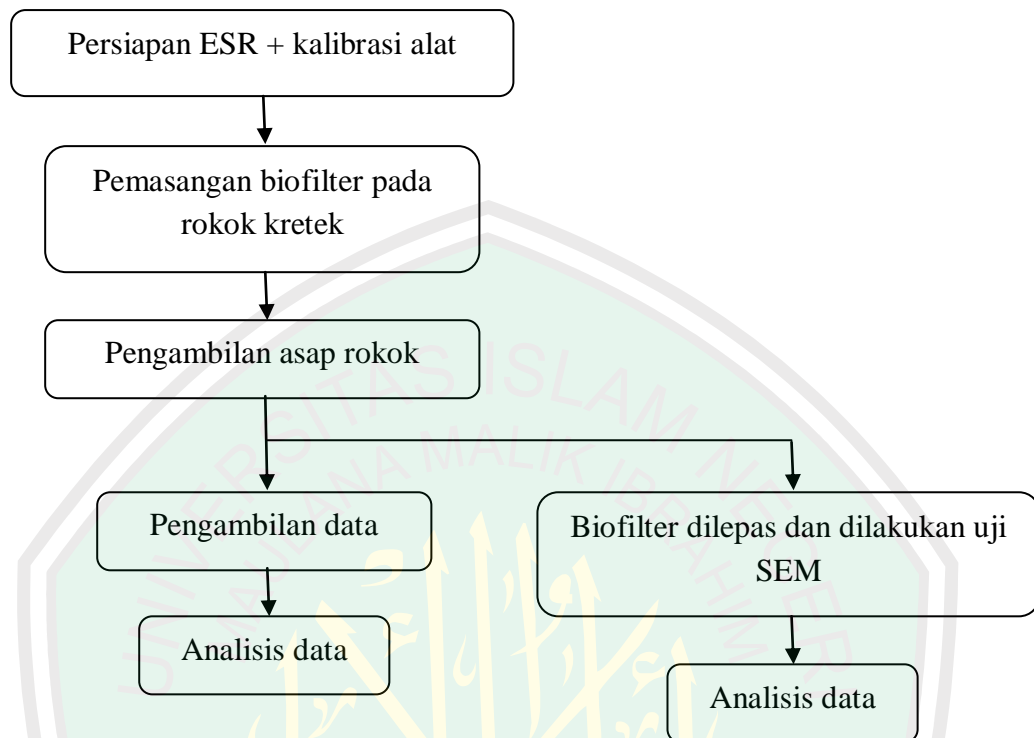
### 3.4 Rancangan Penelitian

#### 3.4.1 Pembuatan Biofilter



Gambar 3.1 Alur Rancangan Penelitian

### 3.4.2 Perlakuan



### 3.5 Langkah Penelitian

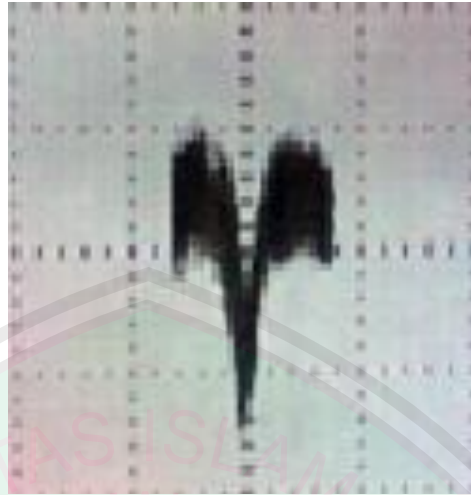
#### 3.5.1 Pembuatan Komposit Biofilter

1. Daun zaitun dikeringkan dengan variasi pengeringan: dijemur panas matahari, di oven dengan suhu 40°C dan 50°C kemudian ditumbuk hingga halus.
2. Serbuk zaitun diayak menggunakan ayakan 200 mesh, 120 mesh dan 80 mesh untuk masing-masing variasi pengeringan.
3. Serbuk zaitun ditimbang 0.4 g, 0.5 g, 0.6 g, 0.7 g untuk masing-masing variasi pengeringan dan variasi ayakan.

4. Serbuk zaitun yang telah dikeringkan dibawah panas matahari (masing-masing variasi massa serbuk zaitun dari berbagai variasi ayakan) dicampur dengan putih telur sebanyak 0.3 ml.
5. Dicitak dalam selang/pipa berdiameter 0.7 cm dan panjang 2 cm dari masing-masing komposit.
6. Dilakukan perlakuan yang sama dengan mengganti serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan di oven 40°C dan 50°C dari berbagai jenis variasi ayakan.
7. Komposit didiamkan hingga padat dan kering, kemudian dilepas dari cetakan dan di oven dengan suhu 105°C selama 20 menit.
8. Dilakukan perlakuan yang sama dengan mengganti putih telur menggunakan PEG (0.3 ml).

### **3.5.2 Perlakuan**

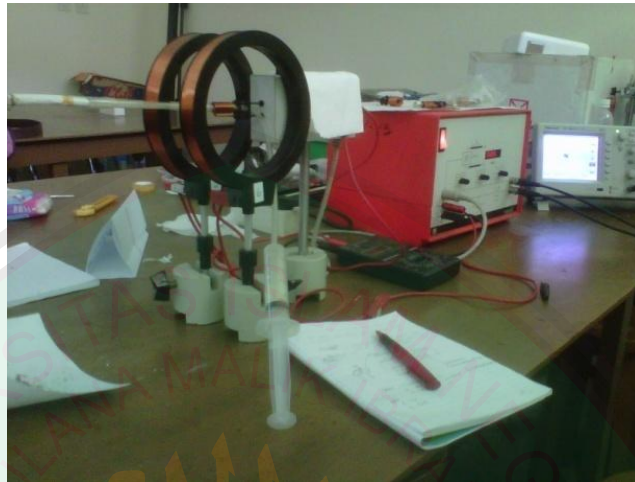
1. Persiapan alat ESR dan dilakukan kalibrasi alat dengan DPPH. Kalibrasi dilakukan dengan cara memasukkan DPPH ke dalam tabung ESR dan ditempatkan di tengah kumparan. Dimana jangkauan frekuensi ini bergantung pada jenis kumparan arus yang digunakan. Kemudian dilakukan pengaturan beda fase secara perlahan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



Gambar 3.2 Resonansi DPPH

2. Pemasangan biofilter dilakukan seperti kalibrasi DPPH, akan tetapi tabung DPPH diganti terlebih dahulu dengan komposit biofilter. Kemudian dipasang pada pipa 0.7 cm dengan panjang 3-5 cm. Satu sisi lainnya disambungkan pada filter rokok kretek (sebagai penahan rokok) dan di 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 dengan cara 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 3.3 Pengambilan dan Pengujian Radikal Bebas Asap Rokok dengan ESR (*Electron Spin Resonance*)

5. Biofilter yang telah di uji radikal bebasnya kemudian di uji sifat fisis (kerapatan dan porositas) menggunakan SEM (*Scanning electron Microscope*).



Gambar 3.4 SEM (*Scanning Electron Microscope*)

### 3.5.3 Pengambilan Data dan Pengukuran Sampel

Proses pengambilan data dilakukan dengan membakar rokok kretek dan diberikan biofilter yang 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.

### 3.5.4 Analisa Data

Analisa data dilakukan melalui perhitungan perolehan pengukuran rokok kretek yang telah ditambah dengan biofilter berbahan dasar serbuk daun zaitun.

Proses perhitungan ini menggunakan persamaan:

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

Keterangan:

$$\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \text{ Vs/Am}$$

$n$  = Jumlah lilitan kumparan

$r$  = Jari-jari kumparan

$I$  = Besar arus pada kumparan

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

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

Keterangan:

$\delta g$  = Deviasi  $g$

$f$  = Frekuensi

$g$  = Faktor Lande

$\mu_B$  = 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 komposit biofilter difoto dengan set peralatan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Data yang diperoleh dari SEM (*Scanning Electron Microscope*) berupa foto kerapatan dan porositas dari komposit biofilter pada masing-masing variasi. Pengujian kerapatan dan porositas pada biofilter juga dilakukan menggunakan perumusan:

$$\text{Kepatan } (\rho) = \frac{m \text{ (g)}}{v \text{ (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{mb - mk}{vb} \times \frac{1}{\rho \text{ (air)}} \times 100\%$$

Keterangan:

$\rho$  = kerapatan (g/cm<sup>3</sup>)

m = massa komposit (g)

v = volume komposit (cm<sup>3</sup>)

m<sub>b</sub> = massa basah (g)

m<sub>k</sub> = massa kering (g)

$\rho$  (air) = densitas air 1 (g/cm<sup>3</sup>)

Pada hasil data perhitungan kerapatan di tampilkan seperti dalam tabel 3.1:

Tabel 3.1 Kerapatan pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun

Biofilter	m (g)	v (cm <sup>3</sup> )	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )
0.4			
0.5			
0.6			
0.7			

Pada hasil data perhitungan porositas di tampilkan seperti dalam tabel 3.2:

Tabel 3.2 Porositas pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun

Biofilter	Massa Kering (g)	Massa Basah (g)	Volume (ml)	Porositas (%)
0.4				
0.5				
0.6				
0.7				

### 3.6 Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ditampilkan seperti tabel 3.3:

Tabel 3.3 Data Pengamatan Radikal Bebas Pada Biofilter

Jenis Mesh	Massa Daun Zaitun	Jenis Radikal Bebas						
200 Mesh	0.4							
	0.5							
	0.6							
	0.7							
120 Mesh	0.4							
	0.5							
	0.6							
	0.7							
80 Mesh	0.4							
	0.5							
	0.6							
	0.7							

### 3.7 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh melalui perhitungan B (medan magnet) sehingga didapatkan nilai faktor g dari asap rokok kretek yang telah terfilter dengan biofilter komposit dibandingkan dengan faktor g dari teori yang tanpa dilakukan pemfilteran agar diketahui jenis radikal bebas tersebut dan apakah radikal bebas pada rokok kretek mengalami pengurangan atau tidak. Sedangkan perolehan data dari perhitungan kerapian dan porositas komposit dari masing-masing variasi dianalisis dan dibahas faktor-faktor yang berpengaruh didalamnya.



## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Data Hasil Penelitian**

Pada penelitian ini biofilter dibuat dengan menggunakan serbuk daun zaitun. Pertama daun zaitun dikeringkan, pengeringannya dilakukan dengan cara dijemur panas matahari, dioven suhu 40°C dan 50°C. Setelah proses pengeringan daun zaitun diblender hingga halus dan diayak dengan variasi pengayakan 200 mesh, 120 mesh, dan 80 mesh untuk masing-masing variasi pengeringan. Serbuk daun zaitun kemudian ditimbang dengan neraca analitik untuk mendapatkan komposisi 0.4 gr, 0.5 gr, 0.6 gr, 0.7 gr untuk masing-masing variasi pengeringan dan variasi mesh dan dicampur dengan PEG atau putih telur sebanyak 0.3 gr, diaduk hingga homogen, selanjutnya dicetak dalam selang dengan diameter 0.7 cm. Sampel yang sudah cukup kering dikeluarkan dari cetakan dan dioven suhu 105°C selama 20 menit. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan kadar air yang masih tersisa.

Sampel kemudian diuji dengan ESR untuk mengetahui seberapa efektif dalam menangkap radikal bebas yang berasal dari asap rokok. Pengujian dilanjutkan dengan uji SEM untuk mengetahui morfologi permukaan biofilter. Setelah itu diadakan uji kerapatan dan uji porositas.

#### 4.1.1 Data Hasil Pengujian Radikal Bebas

Pengujian radikal bebas pada asap rokok menggunakan ESR (*Electron Spin Resonance*) Leybold Heracus. Hasil pengujian pada biofilter serbuk daun zaitun ditunjukkan pada tabel 4.2 - 4.7:

Tabel 4.1 Jenis Dugaan Radikal Bebas Asap Rokok Kretek

No.	Jenis Radikal Bebas Asap Rokok Kretek
1.	Hidroperoksida
2.	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
3.	C
4.	Peroxy
5.	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
6.	CuOx
7.	CuGeO <sub>3</sub>

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Radikal Bebas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG dengan Pengeringan Panas Matahari

Ukuran Mesh	Uji	Massa Serbuk Zaitun	Jenis Radikal Bebas						
			Hidroperoksida	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	C	Peroxy	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	CuOx	CuGeO <sub>3</sub>
200	I	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	II	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	III	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
120	I	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	II	0.4						√	
		0.5						√	

Ukuran Mesh	Uji	Massa Serbuk Zaitun	Jenis Radikal Bebas						
			Hidroperoksida	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	C	Peroxy	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	CuOx	CuGeO <sub>3</sub>
120	II	0.6						√	
		0.7						√	
	III	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
80	I	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	II	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	III	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	

Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun dan PEG dengan pengeringan matahari. Hasil pengujian menunjukkan biofilter mampu menyerap enam dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Radikal Bebas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur dengan Pengeringan Panas Matahari

Ukuran Mesh	Uji	Massa Serbuk Zaitun	Jenis Radikal Bebas						
			Hidroperoksida	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	C	Peroxy	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	CuOx	CuGeO <sub>3</sub>
200	I	0.4						√	√
		0.5						√	√
		0.6						√	
		0.7						√	
	II	0.4						√	√
		0.5						√	√
		0.6						√	
		0.7						√	

Ukuran Mesh	Uji	Massa Serbuk Zaitun	Jenis Radikal Bebas						
			Hidroperoksida	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	C	Peroxy	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	CuOx	CuGeO <sub>3</sub>
200	III	0.4						√	√
		0.5						√	√
		0.6						√	
		0.7						√	
120	I	0.4				√	√	√	
		0.5				√	√	√	
		0.6						√	√
		0.7					√	√	
	II	0.4				√	√	√	
		0.5					√	√	
		0.6				√	√	√	
		0.7				√	√	√	
	III	0.4				√	√	√	
		0.5					√	√	
		0.6					√	√	
		0.7					√	√	
80	I	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	II	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	III	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	

Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun dan putih telur dengan pengeringan matahari. Hasil pengujian menunjukkan biofilter yang dihasilkan dari serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 200 mesh mampu menyerap lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok, sedangkan biofilter yang dihasilkan dari serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 120 mesh mampu menyerap tiga dari tujuh jenis

dugaan radikal bebas asap rokok, dan biofilter yang dihasilkan dari serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 80 mesh mampu menyerap enam dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Radikal Bebas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG dengan Pengeringan Oven 40°C

Ukuran Mesh	Uji	Massa Serbuk Zaitun	Jenis Radikal Bebas						
			Hidroperoksida	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	C	Peroxy	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	CuOx	CuGeO <sub>3</sub>
200	I	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	II	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	III	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
120	I	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	II	0.4						√	
		0.5					√	√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	III	0.4					√	√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7					√	√	
80	I	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6					√	√	
		0.7					√	√	
	II	0.4						√	

Ukuran Mesh	Uji	Massa Serbuk Zaitun	Jenis Radikal Bebas						
			Hidroperoksida	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	C	Peroxy	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	CuOx	CuGeO <sub>3</sub>
80	II	0.5						√	
		0.6					√	√	
		0.7					√	√	
	III	0.4					√	√	
		0.5						√	
		0.6					√	√	
		0.7					√	√	

Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengujian radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun dan PEG dengan pengeringan oven suhu 40°C. Hasil pengujian menunjukkan biofilter yang dihasilkan dari serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 200 mesh mampu menyerap enam dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok, sedangkan biofilter yang dihasilkan dari serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 120 mesh dan 80 mesh mampu menyerap lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Radikal Bebas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur dengan Pengeringan Oven 40°C

Ukuran Mesh	Uji	Massa Serbuk Zaitun	Jenis Radikal Bebas						
			Hidroperoksida	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	C	Peroxy	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	CuOx	CuGeO <sub>3</sub>
200	I	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6					√	√	
		0.7					√	√	
	II	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	√
		0.7						√	
	III	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	

Ukuran Mesh	Uji	Massa Serbuk Zaitun	Jenis Radikal Bebas						
			Hidroperoksida	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	C	Peroxy	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	CuOx	CuGeO <sub>3</sub>
200	III	0.7						√	
120	I	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6					√	√	
		0.7						√	
	II	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6					√	√	
		0.7					√	√	
	III	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6					√	√	
		0.7						√	
80	I	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	II	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	III	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	

Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun dan putih telur dengan pengeringan oven suhu 40°C. Hasil pengujian menunjukkan biofilter yang dihasilkan dari serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 200 mesh mampu menyerap empat dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok, sedangkan biofilter yang dihasilkan dari serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 120 mesh mampu menyerap lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok, dan biofilter yang dihasilkan dari serbuk daun

zaitun yang diayak dengan ayakan 80 mesh mampu menyerap enam dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Radikal Bebas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG dengan Pengeringan Oven 50°C

Ukuran Mesh	Uji	Massa Serbuk Zaitun	Jenis Radikal Bebas						
			Hidroperoksida	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	C	Peroxy	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	CuOx	CuGeO <sub>3</sub>
200	I	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	II	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	III	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
120	I	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	II	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	III	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	
80	I	0.4					√	√	
		0.5					√	√	
		0.6						√	
		0.7						√	
	II	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6					√	√	

Ukuran Mesh	Uji	Massa Serbuk Zaitun	Jenis Radikal Bebas						
			Hidroperoksida	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	C	Peroxy	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	CuOx	CuGeO <sub>3</sub>
80	II	0.7						√	
	III	0.4						√	
		0.5						√	
		0.6						√	
		0.7						√	

Tabel 4.6 menunjukkan hasil pengujian radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun dan PEG dengan pengeringan oven suhu 50°C. Hasil pengujian menunjukkan biofilter yang dihasilkan dari serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 200 mesh dan 120 mesh mampu menyerap enam dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok, sedangkan biofilter yang dihasilkan dari serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 80 mesh mampu menyerap lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Radikal Bebas Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur dengan Pengeringan Oven 50°C

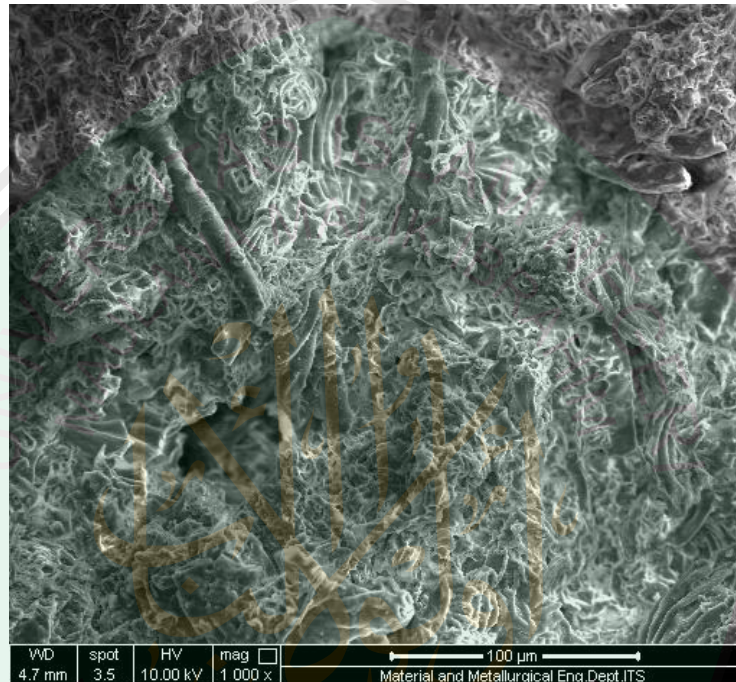
Ukuran Mesh	Uji	Massa Serbuk Zaitun	Jenis Radikal Bebas						
			Hidroperoksida	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	C	Peroxy	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	CuOx	CuGeO <sub>3</sub>
200	I	0.4					√	√	
		0.5					√	√	
		0.6					√	√	
		0.7					√	√	
	II	0.4					√	√	
		0.5					√	√	
		0.6					√	√	
		0.7					√	√	
	III	0.4					√	√	
		0.5					√	√	
		0.6					√	√	
		0.7					√	√	
120	I	0.4					√		

Ukuran Mesh	Uji	Massa Serbuk Zaitun	Jenis Radikal Bebas							
			Hidroperoksida	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	C	Peroxy	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	CuOx	CuGeO <sub>3</sub>	
120	I	0.5						√		
		0.6					√	√		
		0.7						√		
	II	0.4					√	√		
		0.5						√		
		0.6						√		
	III	0.7					√	√		
		0.4					√	√		
		0.5					√	√		
		0.6						√		
	80	I	0.7					√	√	
			0.4					√	√	
0.5							√	√		
0.6							√	√		
II		0.7					√	√		
		0.4					√	√		
		0.5					√	√		
		0.6					√	√		
III		0.7					√	√		
		0.4						√		
		0.5					√	√		
		0.6					√	√		

Tabel 4.7 menunjukkan hasil pengujian radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun dan putih telur dengan pengeringan oven suhu 50°C. Hasil pengujian menunjukkan biofilter mampu menyerap lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok.

#### 4.1.2 Data Hasil Karakterisasi Biofilter

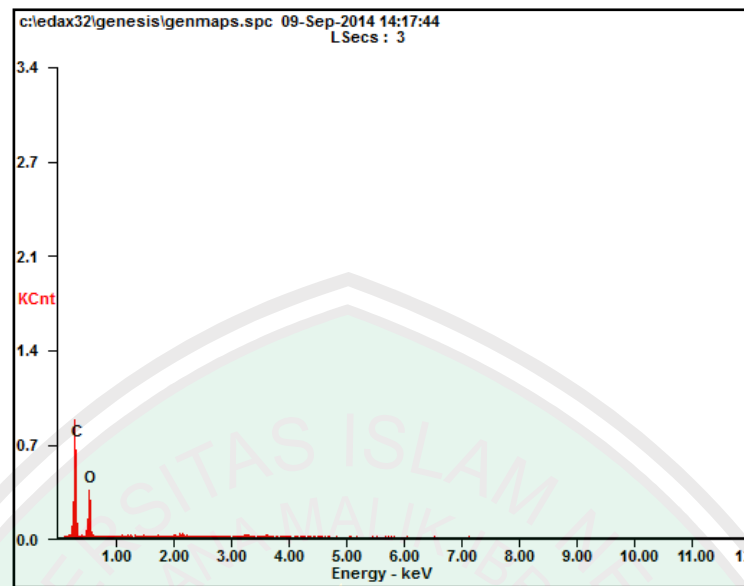
Hasil dari foto SEM dengan pembesaran 1000x biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan panas matahari, diayak dengan ayakan 200 mesh dengan massa 0.5 gr yang dicampur PEG ditunjukkan pada gambar 4.1:



Gambar 4.1 Hasil Foto SEM Biofilter Serbuk Daun Zaitun (Variasi Massa 0.5 gr) dan PEG yang Dikeringkan Panas Matahari dan Diayak dengan Ayakan 200 Mesh

Hasil uji SEM dengan pembesaran 1000x pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan panas matahari, diayak dengan ayakan 200 mesh dengan variasi massa 0.5 gr yang dicampur PEG memiliki rata-rata ukuran pori-pori sebesar  $4.085 \mu\text{m}$  (4085 nm).

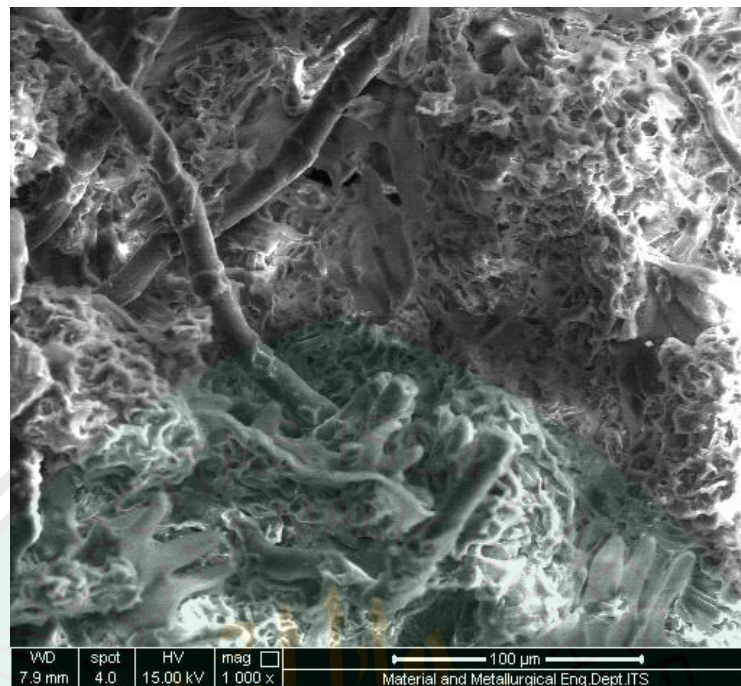
Hasil uji EDX untuk mengetahui komposisi unsur penyusun biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan panas matahari, diayak dengan ayakan 200 mesh dengan massa 0.5 gr yang dicampur PEG ditunjukkan pada gambar 4.2:



Gambar 4.2 Hasil Analisis EDAX pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun (Variasi Massa 0.5 gr) dan PEG yang Dikeringkan Panas Matahari dan Diayak dengan Ayakan 200 Mesh

Hasil karakterisasi *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX) pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan panas matahari, diayak dengan ayakan 200 mesh dengan variasi massa 0.5 gr yang dicampur PEG menunjukkan bahwa pada permukaan biofilter serbuk daun zaitun terdapat unsur-unsur logam dengan komposisi yang berbeda-beda, diantaranya karbon (C) dengan komposisi sebesar 56.52 (Wt%) dan oksigen (O) dengan komposisi sebesar 47.44 (Wt%).

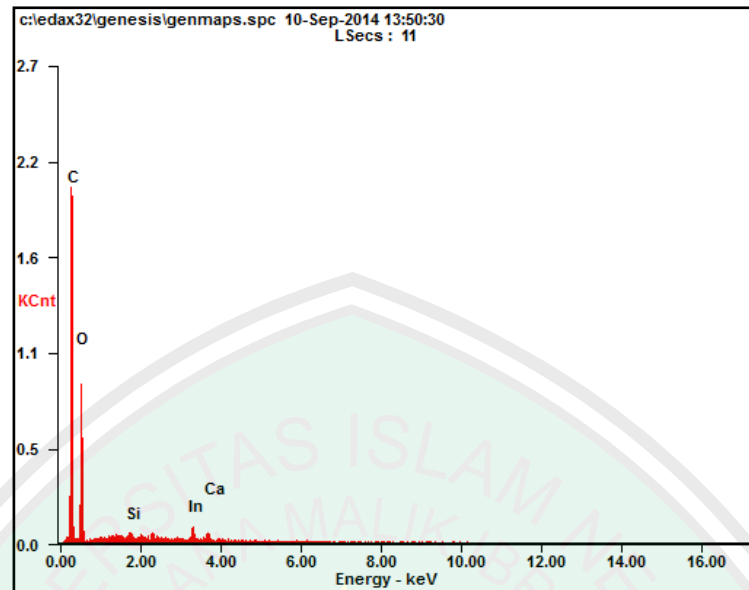
Hasil dari foto SEM dengan pembesaran 1000x biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan pengeringan oven suhu 50°C, diayak dengan ayakan 120 mesh dengan massa 0.6 gr yang dicampur putih telur ditunjukkan pada gambar 4.3:



Gambar 4.3 Hasil Foto SEM Biofilter Serbuk Daun Zaitun (Variasi Massa 0.6 gr) dan Putih Telur dengan Pengeringan Oven 50°C dan Diayak dengan Ayakan 120 Mesh

Hasil uji SEM dengan pembesaran 1000x pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan pengeringan oven suhu 50°C, diayak dengan ayakan 120 mesh dengan massa 0.6 gr yang dicampur putih telur memiliki rata-rata ukuran pori-pori sebesar 6.752  $\mu\text{m}$  (6752 nm).

Hasil uji EDX untuk mengetahui komposisi unsur penyusun biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan pengeringan oven suhu 50°C, diayak dengan ayakan 120 mesh dengan massa 0.6 gr yang dicampur putih telur ditunjukkan pada gambar 4.4:



Gambar 4.4 Hasil Analisis EDAX Biofilter Serbuk Daun Zaitun (Variasi Massa 0.6 gr) dan Putih Telur dengan Pengeringan Oven 50°C dan Diayak dengan Ayakan 120 Mesh

Hasil karakterisasi *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX) pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan pengeringan oven suhu 50°C, diayak dengan ayakan 120 mesh dengan massa 0.6 gr yang dicampur putih telur menunjukkan bahwa pada permukaan biofilter serbuk daun zaitun terdapat unsur-unsur logam dengan komposisi yang berbeda-beda, diantaranya karbon (C) dengan komposisi sebesar 48.72 (Wt%), oksigen (O) dengan komposisi sebesar 45.70 (Wt%), silikon (Si) dengan komposisi sebesar 00.41 (Wt%), indium (In) dengan komposisi sebesar 04.63 (Wt%), dan kalsium (Ca) dengan komposisi sebesar 00.54 (Wt%).

Biofilter yang telah di uji SEM kemudian dihitung nilai kerapatan dan porositasnya. Perhitungan nilai kerapatan dan porositas menggunakan persamaan 4.1 dan 4.2 :

$$\text{Kepatan } (\rho) = \frac{m \text{ (g)}}{v \text{ (cm}^3\text{)}} \quad (4.1)$$

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{m_b - m_k}{v_b} \times \frac{1}{\rho_{\text{(air)}}} \times 100\% \quad (4.2)$$

Keterangan:

$\rho$  = kerapatan ( $\text{g/cm}^3$ )

$m$  = massa komposit (g)

$v$  = volume komposit ( $\text{cm}^3$ )

$m_b$  = massa basah (g)

$m_k$  = massa kering (g)

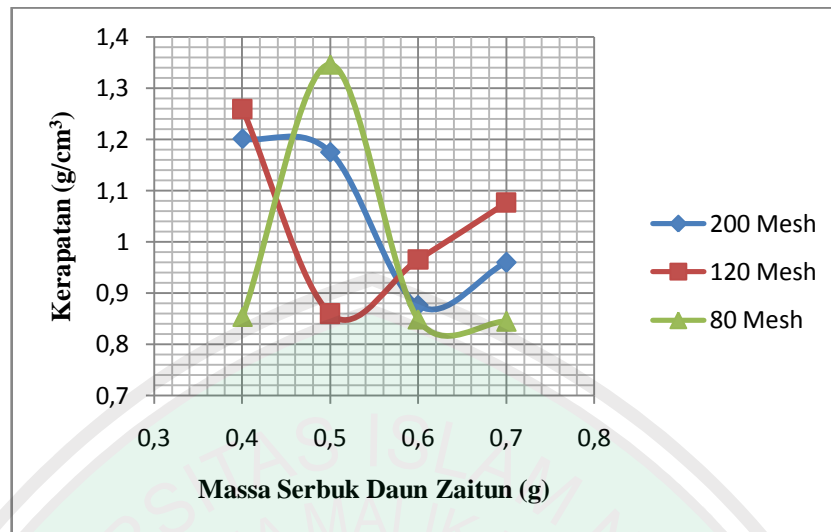
$\rho_{\text{(air)}}$  = densitas air 1 ( $\text{g/cm}^3$ )

Pada pengujian kerapatan diukur dengan cara mengukur massa dan volume dari biofilter dan kemudian di hitung nilai kerapatannya ( $\rho$ ). Berdasarkan data hasil perhitungan diperoleh data yang ditunjukkan pada tabel 4.8 – 4.13:

Tabel 4.8 Kerapatan pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG sebagai Matriks dengan Pengeringan Panas Matahari

Ukuran Mesh	Biofilter	m (g)	v ( $\text{cm}^3$ )	$\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )
200	0.4	0.74	0.62	1.201
	0.5	0.86	0.73	1.175
	0.6	0.54	0.62	0.876
	0.7	0.48	0.50	0.959
120	0.4	0.63	0.50	1.259
	0.5	0.43	0.50	0.859
	0.6	0.52	0.54	0.965
	0.7	0.58	0.54	1.076
80	0.4	0.6	0.70	0.853
	0.5	0.57	0.42	1.346
	0.6	0.49	0.58	0.848
	0.7	0.52	0.62	0.844

Dari tabel 4.8 di peroleh grafik hubungan antara variasi massa serbuk daun zaitun untuk masing-masing variasi ukuran mesh dan kerapatan biofilter di tunjukkan pada grafik 4.1:



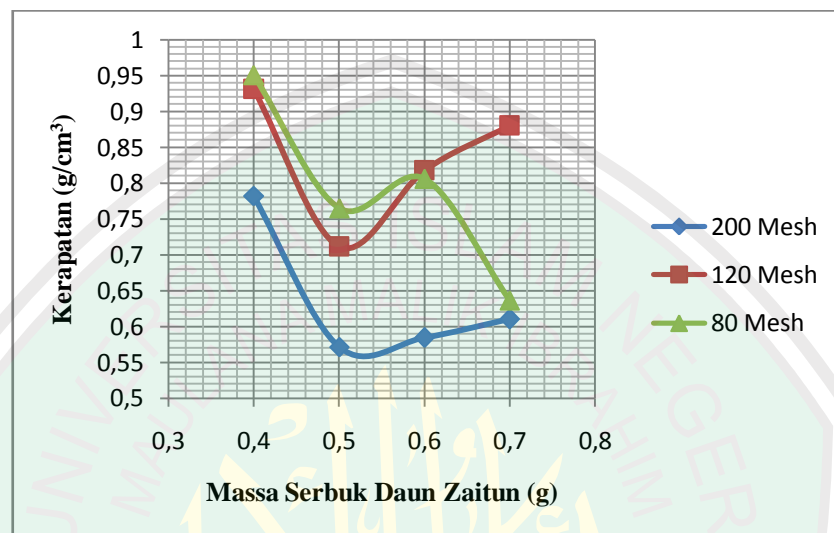
Grafik 4.1 Hubungan variasi massa serbuk daun zaitun dengan pengeringan panas matahari dan PEG untuk masing-masing variasi ukuran mesh dan kerapatan

Hasil uji kerapatan biofilter serbuk daun zaitun dengan pengeringan panas matahari dan PEG menunjukkan kerapatan tertinggi pada biofilter serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 80 mesh pada variasi massa 0.5 gr dengan nilai kerapatan sebesar  $1.346 \text{ g/cm}^3$ .

Tabel 4.9 Kerapatan pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur sebagai Matriks dengan Pengeringan Panas Matahari

Ukuran Mesh	Biofilter	m (g)	v (cm <sup>3</sup> )	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )
200	0.4	0.42	0.54	0.782
	0.5	0.44	0.77	0.571
	0.6	0.45	0.77	0.584
	0.7	0.47	0.77	0.610
120	0.4	0.5	0.54	0.931
	0.5	0.52	0.73	0.711
	0.6	0.63	0.77	0.818
	0.7	0.61	0.69	0.880
80	0.4	0.43	0.45	0.951
	0.5	0.53	0.69	0.765
	0.6	0.59	0.73	0.806
	0.7	0.49	0.77	0.636

Dari tabel 4.9 di peroleh grafik hubungan antara variasi massa serbuk daun zaitun untuk masing-masing variasi ukuran mesh dan kerapatan biofilter di tunjukkan pada grafik 4.2:



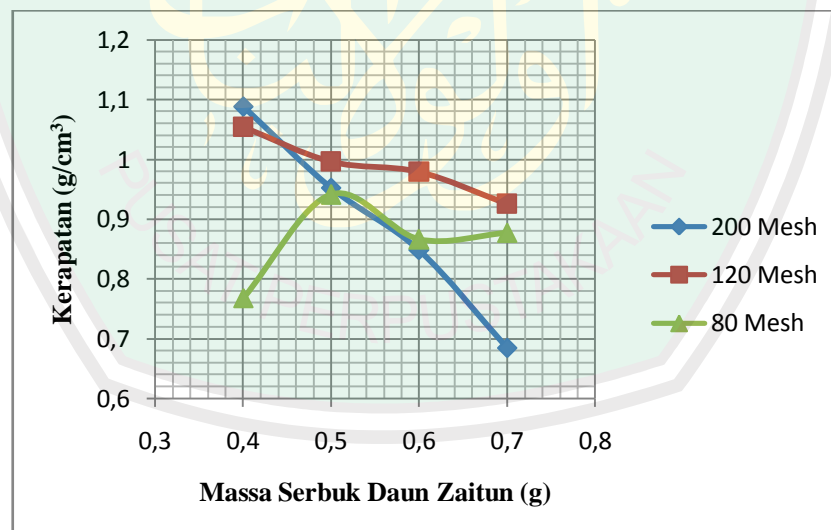
Grafik 4.2 Hubungan variasi massa serbuk daun zaitun dengan pengeringan panas matahari dan putih telur untuk masing-masing variasi ukuran mesh dan kerapatan

Hasil uji kerapatan biofilter serbuk daun zaitun dengan pengeringan panas matahari dan putih telur menunjukkan kerapatan tertinggi pada biofilter serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 80 mesh pada variasi massa 0.4 gr dengan nilai kerapatan sebesar  $0.951 \text{ g/cm}^3$ .

Tabel 4.10 Kerapatan pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 40°C

Ukuran Mesh	Biofilter	m (g)	v (cm <sup>3</sup> )	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )
200	0.4	0.67	0.62	1.088
	0.5	0.55	0.58	0.952
	0.6	0.49	0.58	0.848
	0.7	0.55	0.80	0.684
120	0.4	0.69	0.65	1.054
	0.5	0.46	0.46	0.996
	0.6	0.49	0.50	0.979
	0.7	0.57	0.62	0.925
80	0.4	0.54	0.70	0.768
	0.5	0.58	0.62	0.941
	0.6	0.50	0.58	0.866
	0.7	0.54	0.62	0.877

Dari tabel 4.10 di peroleh grafik hubungan antara variasi massa serbuk daun zaitun untuk masing-masing variasi ukuran mesh dan kerapatan biofilter di tunjukkan pada grafik 4.3:



Grafik 4.3 Hubungan variasi massa serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 40°C dan PEG untuk masing-masing variasi ukuran mesh dan kerapatan

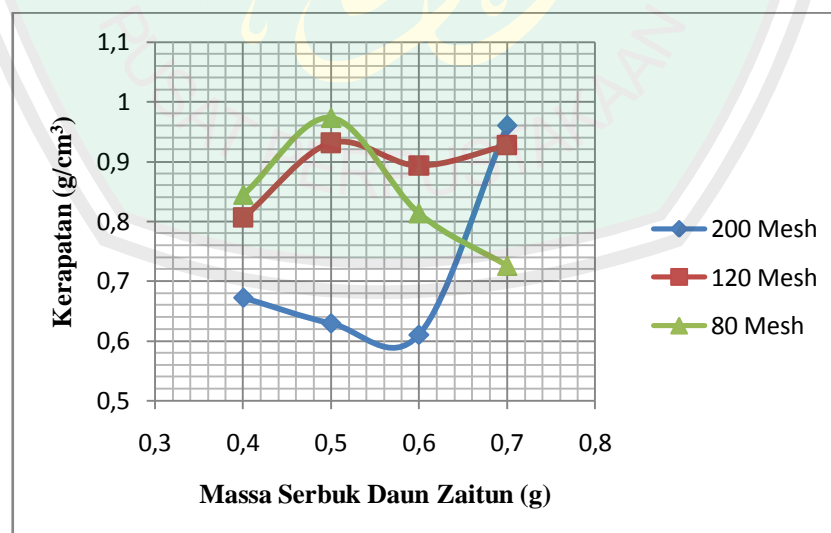
Hasil uji kerapatan biofilter serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 40°C dan PEG menunjukkan kerapatan tertinggi pada biofilter serbuk daun zaitun

yang diayak dengan ayakan 120 mesh pada variasi massa 0.4 gr dengan nilai kerapatan sebesar  $1.054 \text{ g/cm}^3$ .

Tabel 4.11 Kerapatan pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven  $40^\circ\text{C}$

Ukuran Mesh	Biofilter	m (g)	v ( $\text{cm}^3$ )	$\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )
200	0.4	0.44	0.65	0.672
	0.5	0.46	0.73	0.629
	0.6	0.47	0.77	0.610
	0.7	0.57	0.59	0.960
120	0.4	0.41	0.51	0.806
	0.5	0.50	0.54	0.931
	0.6	0.53	0.59	0.893
	0.7	0.55	0.59	0.927
80	0.4	0.43	0.51	0.845
	0.5	0.55	0.56	0.973
	0.6	0.46	0.56	0.814
	0.7	0.39	0.54	0.726

Dari tabel 4.11 di peroleh grafik hubungan antara variasi massa serbuk daun zaitun untuk masing-masing variasi ukuran mesh dan kerapatan biofilter di tunjukkan pada grafik 4.4:



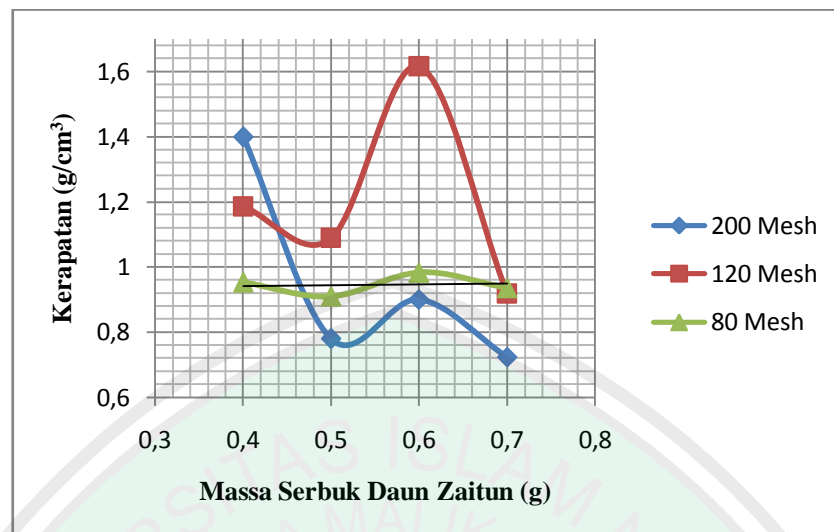
Grafik 4.4 Hubungan variasi massa serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven  $40^\circ\text{C}$  dan putih telur untuk masing-masing variasi ukuran mesh dan kerapatan

Hasil uji kerapatan biofilter serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 40°C dan putih telur menunjukkan kerapatan tertinggi pada biofilter serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 80 mesh pada variasi massa 0.5 gr dengan nilai kerapatan sebesar 0.973 g/cm<sup>3</sup>.

Tabel 4.12 Kerapatan pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 50°C

Ukuran Mesh	Biofilter	m (g)	v (cm <sup>3</sup> )	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )
200	0.4	0.70	0.50	1.398
	0.5	0.60	0.77	0.779
	0.6	0.52	0.58	0.900
	0.7	0.39	0.54	0.723
120	0.4	0.73	0.62	1.185
	0.5	0.67	0.62	1.088
	0.6	0.56	0.35	1.616
	0.7	0.53	0.58	0.918
80	0.4	0.66	0.69	0.952
	0.5	0.56	0.62	0.909
	0.6	0.53	0.54	0.983
	0.7	0.54	0.58	0.935

Dari tabel 4.12 di peroleh grafik hubungan antara variasi massa serbuk daun zaitun untuk masing-masing variasi ukuran mesh dan kerapatan biofilter di tunjukkan pada grafik 4.5:



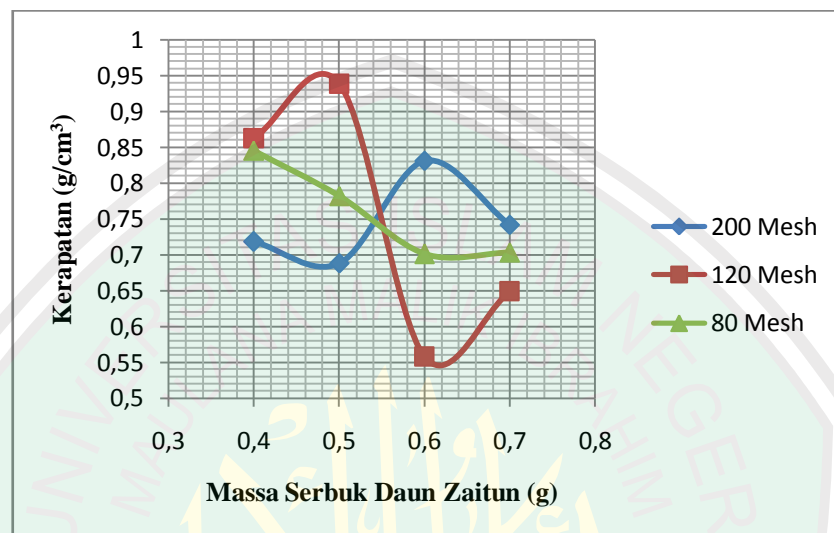
Grafik 4.5 Hubungan variasi massa serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 50°C dan PEG untuk masing-masing variasi ukuran mesh dan kerapatan

Hasil uji kerapatan biofilter serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 50°C dan PEG menunjukkan kerapatan tertinggi pada biofilter serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 120 mesh pada variasi massa 0.6 gr dengan nilai kerapatan sebesar 1.616 g/cm<sup>3</sup>.

Tabel 4.13 Kerapatan pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 50°C

Ukuran Mesh	Biofilter	m (g)	v (cm <sup>3</sup> )	ρ (g/cm <sup>3</sup> )
200	0.4	0.47	0.65	0.718
	0.5	0.53	0.77	0.688
	0.6	0.64	0.77	0.831
	0.7	0.60	0.81	0.742
120	0.4	0.39	0.45	0.862
	0.5	0.53	0.56	0.938
	0.6	0.43	0.77	0.558
	0.7	0.50	0.77	0.649
80	0.4	0.43	0.51	0.845
	0.5	0.42	0.54	0.782
	0.6	0.54	0.77	0.701
	0.7	0.46	0.65	0.703

Dari tabel 4.13 di peroleh grafik hubungan antara variasi massa serbuk daun zaitun untuk masing-masing variasi ukuran mesh dan kerapatan biofilter di tunjukkan pada grafik 4.6:



Grafik 4.6 Hubungan variasi massa serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 50°C dan putih telur untuk masing-masing variasi ukuran mesh dan kerapatan

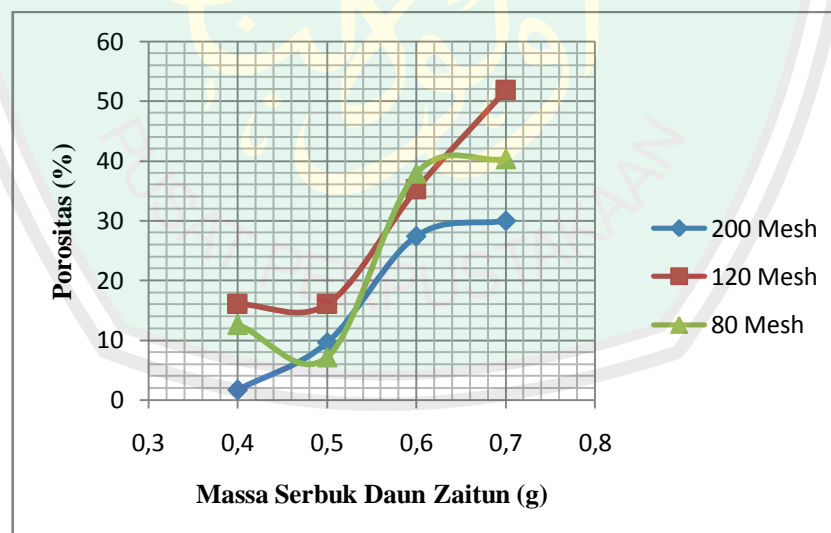
Hasil uji kerapatan biofilter serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 50°C dan putih telur menunjukkan kerapatan tertinggi pada biofilter serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 120 mesh pada variasi massa 0.5 gr dengan nilai kerapatan sebesar 0.938 g/cm<sup>3</sup>.

Pengujian dilanjutkan dengan menguji porositas biofilter. Biofilter yang akan di uji porositasnya terlebih dahulu diukur massa kering kemudian massa basah dan volume untuk selanjutnya di hitung nilai porositasnya. Berdasarkan data hasil perhitungan diperoleh data porositas (%) yang ditunjukkan pada tabel 4.14 – 4.19:

Tabel 4.14 Porositas pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG sebagai Matriks dengan Pengeringan Panas Matahari

Ukuran Mesh	Biofilter	Massa Kering (g)	Massa Basah (g)	Volume (ml)	Porositas (%)
200	0.4	0.74	0.75	0.62	1.61
	0.5	0.86	0.93	0.73	9.59
	0.6	0.54	0.71	0.62	27.42
	0.7	0.48	0.63	0.50	30.00
120	0.4	0.63	0.71	0.50	16.00
	0.5	0.43	0.51	0.50	16.00
	0.6	0.52	0.71	0.54	35.18
	0.7	0.58	0.86	0.54	51.85
80	0.4	0.60	0.51	0.70	12.56
	0.5	0.57	0.54	0.42	7.14
	0.6	0.49	0.71	0.58	37.93
	0.7	0.52	0.77	0.62	40.32

Dari tabel 4.14 di peroleh grafik hubungan antara variasi massa serbuk daun zaitun pada masing-masing variasi ukuran mesh dan porositas biofilter yang ditunjukkan pada grafik 4.7:



Grafik 4.7 Hubungan variasi massa serbuk daun zaitun dengan pengeringan panas matahari dan PEG pada masing-masing variasi ukuran mesh dan porositas

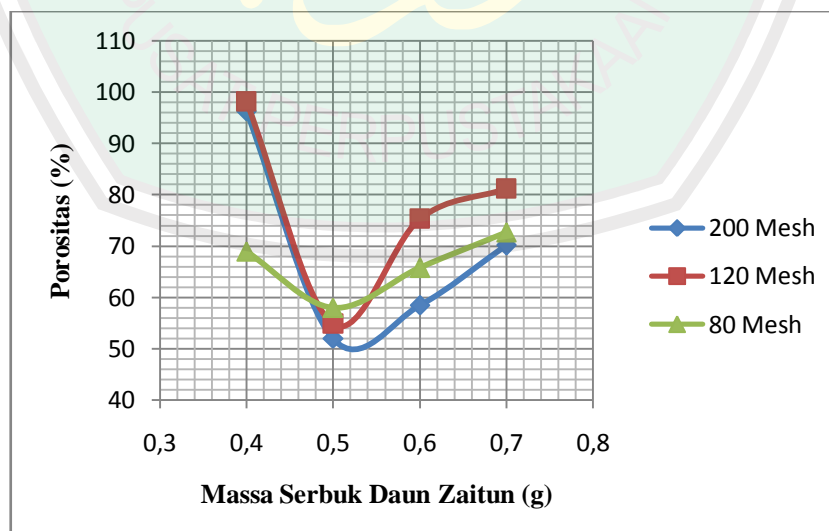
Hasil uji porositas biofilter serbuk daun zaitun dengan pengeringan panas matahari dan PEG menunjukkan porositas terendah pada biofilter serbuk daun

zaitun yang diayak dengan ayakan 200 mesh pada variasi massa 0.4 gr dengan nilai porositas sebesar 1.61 %.

Tabel 4.15 Porositas pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur sebagai Matriks dengan Pengeringan Panas Matahari

Ukuran Mesh	Biofilter	Massa Kering (g)	Massa Basah (g)	Volume (ml)	Porositas (%)
200	0.4	0.42	0.94	0.54	96.30
	0.5	0.44	0.84	0.77	51.95
	0.6	0.45	0.90	0.77	58.44
	0.7	0.47	1.01	0.77	70.13
120	0.4	0.50	1.03	0.54	98.15
	0.5	0.52	0.92	0.73	54.79
	0.6	0.63	1.21	0.77	75.32
	0.7	0.61	1.17	0.69	81.16
80	0.4	0.43	0.74	0.45	68.89
	0.5	0.53	0.93	0.69	57.97
	0.6	0.59	1.07	0.73	65.75
	0.7	0.49	1.05	0.77	72.72

Dari tabel 4.15 di peroleh grafik hubungan antara variasi massa serbuk daun zaitun pada masing-masing variasi ukuran mesh dan porositas biofilter yang ditunjukkan pada grafik 4.8:



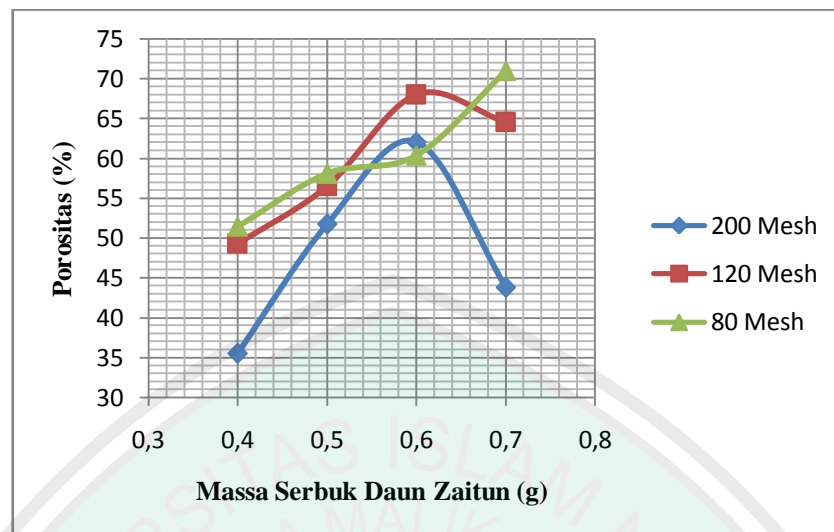
Grafik 4.8 Hubungan variasi massa serbuk daun zaitun dengan pengeringan panas matahari dan putih telur pada masing-masing variasi ukuran mesh dan porositas

Hasil uji porositas biofilter serbuk daun zaitun dengan pengeringan panas matahari dan putih telur menunjukkan porositas terendah pada biofilter serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 200 mesh pada variasi massa 0.5 gr dengan nilai porositas sebesar 51.95 %.

Tabel 4.16 Porositas pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 40°C

Ukuran Mesh	Biofilter	Massa Kering (g)	Massa Basah (g)	Volume (ml)	Porositas (%)
200	0.4	0.67	0.89	0.62	35.48
	0.5	0.55	0.85	0.58	51.72
	0.6	0.49	0.85	0.58	62.07
	0.7	0.55	0.90	0.80	43.75
120	0.4	0.69	1.01	0.65	49.23
	0.5	0.46	0.72	0.46	56.52
	0.6	0.49	0.83	0.50	68.00
	0.7	0.57	0.97	0.62	64.52
80	0.4	0.54	0.90	0.70	51.43
	0.5	0.58	0.94	0.62	58.06
	0.6	0.50	0.85	0.58	60.34
	0.7	0.54	0.98	0.62	70.97

Dari tabel 4.16 di peroleh grafik hubungan antara variasi massa serbuk daun zaitun pada masing-masing variasi ukuran mesh dan porositas biofilter yang ditunjukkan pada grafik 4.9:



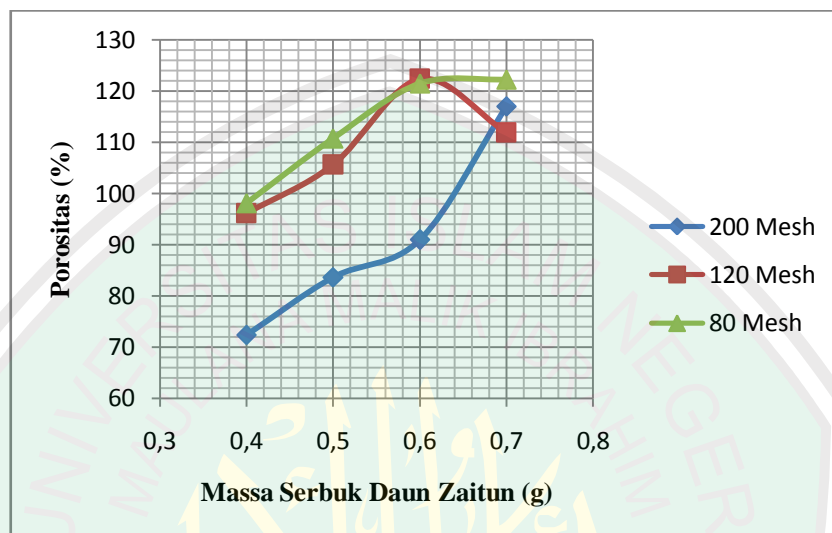
Grafik 4.9 Hubungan variasi massa serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 40°C dan PEG pada masing-masing variasi ukuran mesh dan porositas

Hasil uji porositas biofilter serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 40°C dan PEG menunjukkan porositas terendah pada biofilter serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 200 mesh pada variasi massa 0.4 gr dengan nilai porositas sebesar 35.48 %.

Tabel 4.17 Porositas pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 40°C

Ukuran Mesh	Biofilter	Massa Kering (g)	Massa Basah (g)	Volume (ml)	Porositas (%)
200	0.4	0.44	0.91	0.65	72.31
	0.5	0.46	1.07	0.73	83.56
	0.6	0.47	1.17	0.77	90.90
	0.7	0.57	1.26	0.59	116.95
120	0.4	0.41	0.90	0.51	96.08
	0.5	0.50	1.07	0.54	105.55
	0.6	0.53	1.25	0.59	122.33
	0.7	0.55	1.21	0.59	111.86
80	0.4	0.43	0.93	0.51	98.04
	0.5	0.55	1.17	0.56	110.71
	0.6	0.46	1.14	0.56	121.43
	0.7	0.39	1.05	0.54	122.22

Dari tabel 4.17 di peroleh grafik hubungan antara variasi massa serbuk daun zaitun pada masing-masing variasi ukuran mesh dan porositas biofilter yang ditunjukkan pada grafik 4.10:



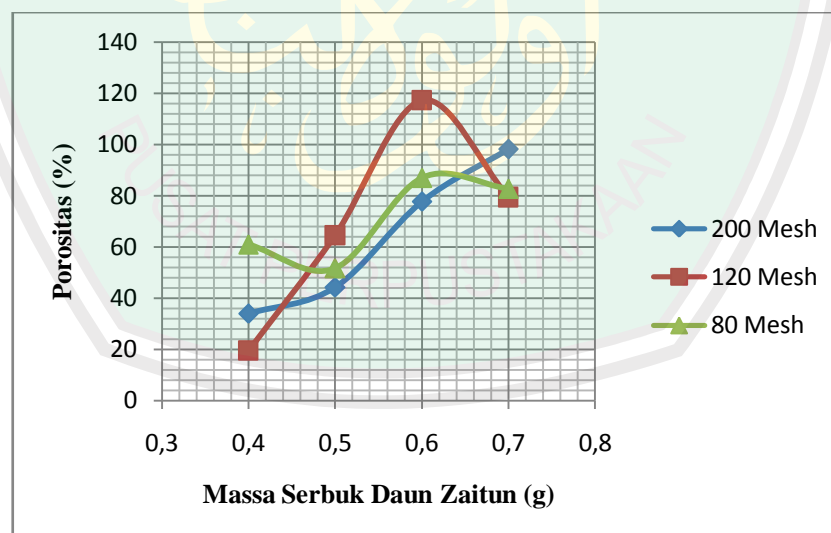
Grafik 4.10 Hubungan variasi massa serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 40°C dan putih telur pada masing-masing variasi ukuran mesh dan porositas

Hasil uji porositas biofilter serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 40°C dan putih telur menunjukkan porositas terendah pada biofilter serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 200 mesh pada variasi massa 0.4 gr dengan nilai porositas sebesar 72.31 %.

Tabel 4.18 Porositas pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan PEG sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 50°C

Ukuran Mesh	Biofilter	Massa Kering (g)	Massa Basah (g)	Volume (ml)	Porositas (%)
200	0.4	0.70	0.87	0.50	34.00
	0.5	0.60	0.94	0.77	44.15
	0.6	0.52	0.97	0.58	77.59
	0.7	0.39	0.92	0.54	98.15
120	0.4	0.73	0.61	0.62	19.35
	0.5	0.67	1.07	0.62	64.52
	0.6	0.56	0.97	0.35	117.14
	0.7	0.53	0.99	0.58	79.31
80	0.4	0.66	1.08	0.69	60.87
	0.5	0.56	0.88	0.62	51.61
	0.6	0.53	1.00	0.54	87.04
	0.7	0.54	1.02	0.58	82.76

Dari tabel 4.18 di peroleh grafik hubungan antara variasi massa serbuk daun zaitun pada masing-masing variasi ukuran mesh dan porositas biofilter yang ditunjukkan pada grafik 4.11:



Grafik 4.11 Hubungan variasi massa serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 50°C dan PEG pada masing-masing variasi ukuran mesh dan porositas

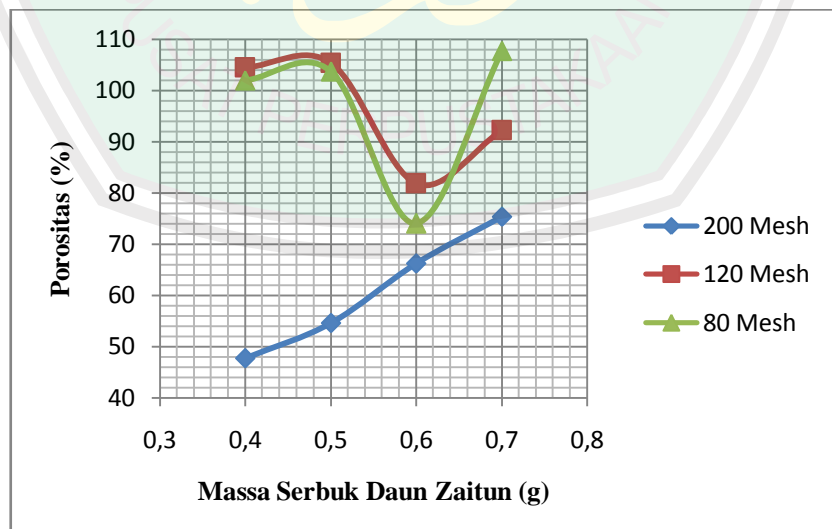
Hasil uji porositas biofilter serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 50°C dan PEG menunjukkan porositas terendah pada biofilter serbuk daun zaitun

yang diayak dengan ayakan 200 mesh pada variasi massa 0.4 gr dengan nilai porositas sebesar 34.00 %.

Tabel 4.19 Porositas pada Biofilter Serbuk Daun Zaitun dan Putih Telur sebagai Matriks dengan Pengeringan Oven 50°C

Ukuran Mesh	Biofilter	Massa Kering (g)	Massa Basah (g)	Volume (ml)	Porositas (%)
200	0.4	0.47	0.78	0.65	47.69
	0.5	0.53	0.95	0.77	54.54
	0.6	0.64	1.15	0.77	66.23
	0.7	0.60	1.21	0.81	75.31
120	0.4	0.39	0.86	0.45	104.44
	0.5	0.53	1.12	0.56	105.36
	0.6	0.43	1.06	0.77	81.81
	0.7	0.50	1.21	0.77	92.21
80	0.4	0.43	0.95	0.51	101.96
	0.5	0.42	0.98	0.54	103.70
	0.6	0.54	1.11	0.77	74.02
	0.7	0.46	1.16	0.65	107.69

Dari tabel 4.19 di peroleh grafik hubungan antara variasi massa serbuk daun zaitun pada masing-masing variasi ukuran mesh dan porositas biofilter yang ditunjukkan pada grafik 4.12:



Grafik 4.12 Hubungan variasi massa serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 50°C dan putih telur pada masing-masing variasi ukuran mesh dan porositas

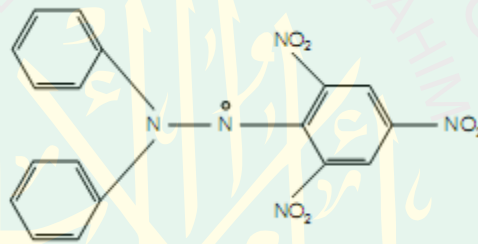
Hasil uji porositas biofilter serbuk daun zaitun dengan pengeringan oven 50°C dan putih telur menunjukkan porositas terendah pada biofilter serbuk daun zaitun yang diayak dengan ayakan 200 mesh pada variasi massa 0.4 gr dengan nilai porositas sebesar 47.69 %.

#### 4.2 Pembahasan

Pengujian radikal bebas dilakukan dengan alat ESR (*Electron Spin Resonance*) Leybold Heracus yang sudah dikalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi alat ESR dengan menggunakan *diphenylpicryl hidrazyl* (DPPH). Kalibrasi ini dimulai dengan meletakkan tabung yang berisi DPPH pada kumparan yang telah terpasang pada alat dasar ESR. Langkah berikutnya adalah memutar variabel resistor pada alat dasar ESR yang ditandai dengan frekuensi sampai terjadi implus resonansi magnetik. Tombol perubahan fase pada alat pengendali ESR diubah, sampai implus resonansi yang terbentuk berhimpit dan digeser sehingga diperoleh implus resonansi simetris yang terlihat pada layar osiloskop. Kalibrasi dilakukan dengan menghitung harga faktor g. Nilai faktor g diperoleh dari mengubah-ubah arus (I) dan diperoleh nilai frekuensi (f) saat terjadi resonansi simetris. Data hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan nilai faktor-g yang ada pada tabel 2.2. Pada penelitian ini diperoleh nilai frekuensi (f) sebesar 32.4 Hz dan nilai arus (I) sebesar 0.273 A. Hasil perhitungan menunjukkan nilai faktor-g dari DPPH sebesar 2.00389. Kemudian DPPH dibuka dan diganti dengan pipet yang telah dimodifikasi sedemikian rupa agar nantinya bisa menampung

asap rokok kretek yang telah dipasang biofilter yang terbuat dari serbuk daun zaitun untuk dideteksi jenis radikal bebasnya.

Penggunaan DPPH sebagai kalibrasi dikarenakan sampel DPPH merupakan sampel standart dimana struktur molekulnya memiliki satu elektron yang tak berikatan dalam molekul sehingga ini mendeteksi keadaan elektron bebas. DPPH adalah molekul organik, material paramagnetik dengan radikal stabil dan mempunyai satu elektron yang tak berikatan. Struktur molekul DPPH seperti terlihat pada gambar 4.5:



Gambar 4.5 Molekul DPPH  $(C_6H_5)_2N - NC_6H_2(NO_2)_3$

Pada pengujian radikal bebas asap rokok kretek menunjukkan adanya 7 (tujuh) dugaan jenis radikal bebas asap rokok yang mampu dideteksi oleh ESR *Leybold Heraeus*, yaitu Hidroperoksida,  $CO_2^-$ , C, Peroxy,  $O_2^-$ , CuOx, CuGeO<sub>3</sub>. Sedangkan rokok kretek yang sudah dipasang biofilter menunjukkan biofilter mampu menyerap beberapa jenis radikal bebas pada asap rokok kretek. Pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan panas matahari dengan PEG sebagai matriks dengan variasi massa maupun variasi ukuran mesh mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $CO_2^-$ , C, Peroxy,  $O_2^-$ , CuGeO<sub>3</sub>. Pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan panas matahari dengan putih telur sebagai matriks untuk serbuk daun zaitun yang di ayak dengan ayakan ukuran 200 mesh,

pada massa 0.4 g dan 0.5 g mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{O}_2^-$ , sedangkan pada massa 0.6 g dan 0.7 g mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{CuGeO}_3$ . Untuk serbuk daun zaitun yang di ayak dengan ayakan ukuran 120 mesh, pada massa 0.4 g, 0.5 g, 0.7 g mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C,  $\text{CuGeO}_3$ , dan pada massa 0.6 g mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C. Untuk serbuk daun zaitun yang di ayak dengan ayakan ukuran 80 mesh pada semua variasi massa mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{CuGeO}_3$ .

Biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven bersuhu  $40^\circ\text{C}$  dengan PEG sebagai matriks untuk serbuk daun zaitun yang di ayak dengan ayakan ukuran 200 mesh pada semua variasi massa mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{CuGeO}_3$ . Untuk serbuk daun zaitun yang di ayak 120 mesh pada semua variasi massa mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{CuGeO}_3$ . Untuk serbuk daun zaitun yang di ayak 80 mesh pada massa 0.4 g, 0.6 g, 0.7 g mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{CuGeO}_3$ , dan pada massa 0.5 g mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{CuGeO}_3$ . Sedangkan pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven bersuhu  $40^\circ\text{C}$  dengan putih telur sebagai matriks untuk serbuk daun zaitun yang di ayak dengan ayakan ukuran 200 mesh pada massa 0.4 g, 0.5 g mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{CuGeO}_3$ , pada massa 0.6 g mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C,

Peroxy, dan pada massa 0.7 g mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{CuGeO}_3$ . Untuk serbuk daun zaitun yang di ayak dengan ayakan ukuran 120 mesh pada massa 0.4 g, 0.5 g mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{CuGeO}_3$ , dan pada massa 0.6 g, 0.7 g mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{CuGeO}_3$ . Untuk serbuk daun zaitun yang di ayak dengan ayakan ukuran 80 mesh pada semua variasi massa mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{CuGeO}_3$ .

Biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven bersuhu  $50^\circ\text{C}$  dengan PEG sebagai matriks untuk serbuk daun zaitun yang di ayak dengan ayakan ukuran 200 mesh pada semua variasi massa mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{CuGeO}_3$ . Begitu juga dengan serbuk daun zaitun yang di ayak dengan ayakan ukuran 120 mesh pada semua variasi massa mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{CuGeO}_3$ . Untuk serbuk daun zaitun yang di ayak dengan ayakan ukuran 80 mesh pada massa 0.4 g, 0.5 g, 0.6 g mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{CuGeO}_3$ , dan pada massa 0.7 g mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{CuGeO}_3$ . Sedangkan pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven bersuhu  $50^\circ\text{C}$  dengan putih telur sebagai matriks untuk semua variasi massa maupun variasi meshnya mampu menyerap radikal bebas jenis Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{CuGeO}_3$ .

Berdasarkan uji ESR diketahui bahwa variasi pengeringan berpengaruh terhadap penangkapan radikal bebas asap rokok. Hasil uji menunjukkan biofilter dari serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan pengeringan panas matahari mampu menyerap lebih banyak dugaan radikal bebas asap rokok dibandingkan dengan biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan di oven suhu 40°C dan 50°C. Hal ini dikarenakan pemanasan pada daun zaitun dapat menyebabkan dinding sel pada daun zaitun menjadi rusak sehingga senyawa-senyawa dalam sel, termasuk senyawa antioksidannya dapat keluar dari sel. Oleh karena itu, semakin tinggi suhu pengeringannya, maka semakin banyak senyawa antioksidannya yang keluar, sehingga semakin sedikit pula kemampuannya untuk menyerap radikal bebas asap rokok.

Selain itu, variasi filler juga memberikan pengaruh terhadap penangkapan radikal bebas asap rokok, dimana serbuk daun zaitun (filler) yang dihasilkan dengan ayakan 200 mesh mampu menyerap lebih banyak dugaan radikal bebas asap rokok. Hal ini dikarenakan filler yang dihasilkan dengan ayakan 200 mesh memiliki ukuran filler sebesar 75  $\mu\text{m}$ , dibandingkan dengan filler yang dihasilkan dengan ayakan 120 mesh (125  $\mu\text{m}$ ) dan dengan ayakan 80 mesh (180  $\mu\text{m}$ ). Semakin kecil ukuran filler maka semakin banyak filler dalam biofilter dan semakin baik pula biofilter tersebut dalam menyerap dugaan radikal bebas asap rokok, karena semakin banyak kandungan antioksidan dalam biofilter tersebut.

Hasil foto SEM dengan perbesaran 1000x menunjukkan perbedaan penampakan pori-pori dari biofilter serbuk daun zaitun yang dikompositkan dengan PEG dan putih telur. Serbuk daun zaitun yang dikompositkan dengan PEG

memiliki penyebaran pori yang lebih sedikit dari pada serbuk daun zaitun yang dikompositkan dengan putih telur. Oleh karena itu serbuk daun zaitun yang dikompositkan dengan PEG mampu lebih banyak menyerap dugaan radikal bebas dari asap rokok kretek.

Pada biofilter serbuk daun zaitun dan PEG yang dikeringkan panas matahari dan di ayak dengan ayakan 200 mesh pada variasi massa 0.5 gr menunjukkan rata-rata ukuran pori-pori sebesar 4.085  $\mu\text{m}$  (4085 nm). Pada biofilter serbuk daun zaitun dan putih telur yang dikeringkan dengan di oven suhu 50°C dan di ayak dengan ayakan 120 mesh pada variasi massa 0.6 gr menunjukkan rata-rata ukuran pori-pori sebesar 6.752  $\mu\text{m}$  (6752 nm). Sedangkan jari-jari radikal bebas rata-rata memiliki ukuran nm (Callister, 2007), salah satu jari-jari radikal bebas yang teridentifikasi adalah jari-jari  $\text{O}_2^-$  yakni sebesar 0.141 nm (Effendy, 2010). Sehingga penyerapan radikal bebas pada asap rokok kretek tidak dipengaruhi oleh pori-pori biofilter, tetapi di pengaruhi oleh filler pada komposit biofilter karena dalam penelitian ini  $\text{O}_2^-$  berhasil diserap oleh biofilter.

Hasil karakterisasi *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX) pada biofilter serbuk daun zaitun dan PEG yang dikeringkan panas matahari dan di ayak dengan ayakan 200 mesh pada variasi massa 0.5 gr menunjukkan bahwa pada permukaan biofilter serbuk daun zaitun terdapat unsur-unsur logam dengan komposisi yang berbeda-beda, diantaranya unsur karbon (C) dengan komposisi sebesar 56.52 (Wt%) dan oksigen (O) dengan komposisi sebesar 47.44 (Wt%).

Sedangkan hasil karakterisasi *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX) pada biofilter serbuk daun zaitun dan putih telur yang dikeringkan dengan

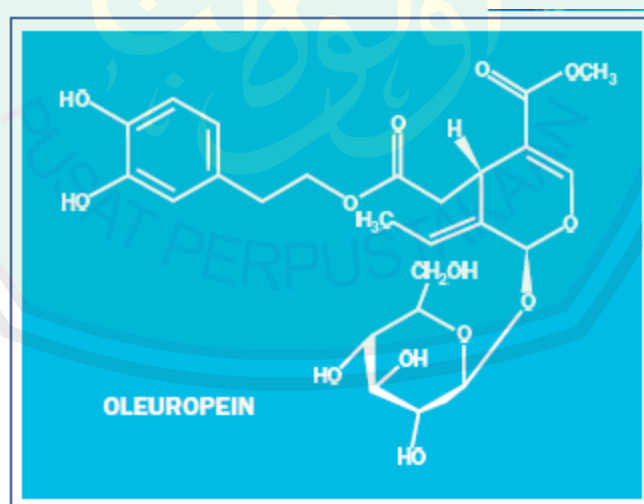
di oven suhu 50°C dan di ayak dengan ayakan 120 mesh pada variasi massa 0.6 gr menunjukkan bahwa pada permukaan biofilter serbuk daun zaitun terdapat unsur-unsur logam dengan komposisi yang berbeda-beda, diantaranya unsur karbon (C) dengan komposisi sebesar 48.72 (Wt%), oksigen (O) dengan komposisi sebesar 45.70 (Wt%), silikon (Si) dengan komposisi sebesar 00.41 (Wt%), indium (In) dengan komposisi sebesar 04.63 (Wt%) dan kalsium (Ca) dengan komposisi sebesar 00.54 (Wt%).

Hasil karakterisasi EDX menunjukkan bahwa unsur paling dominan berupa karbon (C) dan oksigen (O), adanya oksigen dan karbon dengan presentase yang cukup tinggi merupakan ciri khas dari bahan organik (Darminto, 2011). Selain kandungan unsur karbon (C) dan oksigen (O), pada biofilter serbuk daun zaitun dan putih telur yang dikeringkan dengan di oven suhu 50°C dan di ayak dengan ayakan 120 mesh pada variasi massa 0.6 gr juga mengandung unsur silikon (Si), indium (In) dan kalsium (Ca). Silikon (Si) merupakan unsur kedua terbanyak dalam kerak bumi (Yukamgo, 2007), adanya kandungan silikon (Si) merupakan akibat dari penyerapan Si dari dalam tanah oleh daun zaitun. Sedangkan kalsium (Ca) merupakan unsur yang terdapat dalam putih telur.

*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS atau EDX atau EDAX) adalah salah satu teknik analisis untuk menganalisis unsur atau karakteristik kimia dari spesimen. Pengujian EDX ini dilakukan untuk mengetahui komposisi yang terkandung pada permukaan spesimen. EDX dihasilkan dari Sinar X karakteristik, yaitu dengan menembakkan sinar X pada posisi yang ingin kita ketahui komposisinya. Maka setelah ditembakkan pada posisi yang diinginkan maka akan

muncul puncak-puncak tertentu yang mewakili suatu unsur yang terkandung. Dalam prakteknya, EDX yang paling sering digunakan untuk analisis unsur kualitatif, hanya untuk menentukan unsur-unsur yang hadir dan relatif berkelimpahan.

Daun zaitun sebagai filler mampu menyerap radikal bebas asap rokok kretek karena kandungan senyawa *oleuropeinnya*, yakni senyawa yang bersifat antibakteri, antifungal, antiviral, dan bermanfaat melawan berbagai macam infeksi internal. Senyawa *oleuropein* juga dapat meningkatkan produksi *thermogenin* yakni senyawa yang berfungsi membakar lemak dalam tubuh secara efektif. Senyawa *oleuropein* juga dapat membantu menurunkan tekanan darah. Senyawa ini bersifat antioksidan poten yang bisa menghambat oksidasi lipid dalam darah, serta mencegah penyakit kardiovaskular.



Gambar 4.6 Struktur Kimia Oleuropein (Alternative Medicine Review)

Daun zaitun memiliki aktivitas antioksidan karena senyawa *oleuropeinnya*, menurut Winarsi (2007) antioksidan merupakan senyawa pemberi elektron (elektron donor) atau reduktan. Senyawa antioksidan memiliki berat molekul

kecil, tetapi mampu menginaktivasi berkembangnya reaksi oksidasi dengan cara mencegah terbentuknya radikal. Antioksidan juga merupakan senyawa yang dapat menghambat reaksi oksidasi, dengan mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif. Suatu senyawa dapat dikatakan memiliki sifat antioksidatif bila senyawa tersebut mampu mendonasikan satu atau lebih elektron kepada senyawa prooksidan, kemudian mengubah senyawa oksidan menjadi senyawa yang lebih stabil. Ini berarti antioksidan menjadi radikal pada proses netralisasi molekul radikal bebas. Tetapi radikal antioksidan lebih tidak reaktif dari pada radikal bebas yang akan dinetralisasi. Radikal antioksidan ini memiliki mekanisme lain untuk menghentikan keradikalannya (Husnah, 2004).

Antioksidan ini mampu menghambat reaksi oksidasi, yakni jenis reaksi kimia yang melibatkan pengikatan oksigen dan pelepasan hydrogen, atau pelepasan elektron. Dilihat dari struktur kimianya, *oleuropein* memiliki aktifitas sebagai pemberi hydrogen (hydrogen-donating), karena memiliki 2 gugus OH.

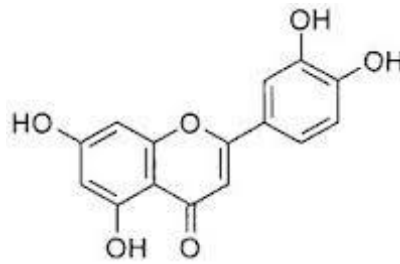
Pada penelitian ini juga ditemukan radikal yang berikatan dengan unsur logam seperti Cu. Hal ini terjadi karena proses pembakaran dan pemanasan maka terjadi pemutusan ikatan sehingga logam terdistribusi dalam asap rokok. Hasil penelitian pada asap rokok kretek dideteksi dugaan jenis radikal seperti Hidroperoksida,  $\text{CO}_2^-$ , C, Peroxy,  $\text{O}_2^-$ , dan ikatan logam CuOx dan CuGeO<sub>3</sub>. Namun dalam uji ESR selalu ditemukan radikal CuOx disetiap pengujian biofilter, hal ini dimungkinkan karena radikal CuOx tergolong radikal yang sifatnya relatif stabil sehingga radikal CuOx tidak perlu menyerang sel-sel yang ada disekitarnya untuk mendapatkan elektron untuk menstabilkan dirinya atau radikal CuOx

menolak donor elektron yang diberikan oleh antioksidan karena merasa keberadaannya sudah relatif stabil.

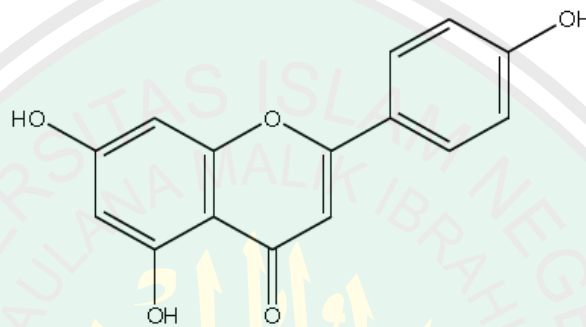
Cu sendiri merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Namun, unsur Cu hanya diperlukan dalam kadar yang sedikit dalam tubuh karena Cu bersifat logam esensial yaitu walaupun bersifat racun tapi masih dibutuhkan dalam tubuh (Kurniawan dan Fajri, 2011). Cu juga biasa digunakan oleh sel sebagai komponen enzim yang terlibat dalam produksi energi (*sitokrom oksidase*) dan perlindungan dari kerusakan akibat adanya radikal bebas (*superoksida dismutase*) (Putrika, dkk, 2014).

Daun zaitun juga mengandung senyawa antikanker seperti *apigenin* dan *luteolin*, dan *cinchonine* yang merupakan sumber antimalarial. Kandungan *asam oleanolic* dari daun zaitun mampu menghambat perkembangan kanker hati pada hewan uji coba laboratorium. Terapi daun zaitun dapat bereaksi baik terhadap kanker hati dan kanker payudara. *Asam oleat* mampu memotong ekspresi gen yang berkaitan dengan perkembangan kanker payudara. Hal ini membuktikan bahwa daun zaitun terbukti efektif mencegah kanker yang berhubungan dengan inflamasi seperti usus besar, liver, prostat, dan kanker lambung.

Salah satu kandungan yang terdapat dalam daun zaitun adalah senyawa *apigenin* dan *luteolin*, dimana senyawa ini merupakan senyawa golongan flavon. Flavon merupakan jenis flavonoid yang paling banyak ditemukan di dalam tumbuhan. Flavon banyak terdapat pada bagian daun dan bagian luar dari tanaman, hanya sedikit sekali yang ditemukan pada bagian tanaman yang berada dibawah permukaan tanah (Hertog *et al.*, 1992).



Gambar 4.7 Struktur Kimia Luteolin (Hertog *et al.*, 1992)



Gambar 4.8 Struktur Kimia Apigenin (Hertog *et al.*, 1992)

Struktur kimia *luteolin* dan *apigenin* menunjukkan bahwa keduanya juga memiliki aktifitas antioksidan seperti *oleuropein*. *Luteolin* memiliki aktifitas sebagai pemberi hydrogen (hydrogen-donating), karena memiliki 4 gugus OH. Dan *apigenin* memiliki aktifitas sebagai pemberi hydrogen (hydrogen-donating), karena memiliki 3 gugus OH.

*Luteolin* dan *apigenin* telah diketahui mampu memberikan efek yang baik bagi kesehatan manusia. Senyawa *luteolin* memiliki peran penting dalam tubuh sebagai antioksidan, penangkal radikal bebas, zat pencegah terhadap peradangan, promotor dalam metabolisme karbohidrat, dan sebagai pengatur sistem imun. Berdasarkan karakteristik-karakteristik tersebut, *luteolin* juga dipercaya berperan penting dalam pencegahan kanker. Beberapa penelitian telah menyatakan bahwa *luteolin* sebagai zat biokimia dapat secara drastis menurunkan gejala infeksi dan peradangan (Andarwulan dan Faradilla, 2012). Selain itu, *luteolin* juga mampu

menghambat oksidasi LDL dengan cara mengkelat ion tembaga, yang dapat menginduksi oksidasi dari LDL (Aviram dan Fuhrman, 2003). Sedangkan senyawa *apigenin* memiliki kemampuan antara lain sebagai zat anti peradangan, antibakteri, dan untuk mengatasi permasalahan lambung (Cadenas dan Packer, 2002).

Biofilter yang dibuat dengan variasi massa serbuk daun zaitun memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Penggunaan PEG atau putih telur sebagai matriks juga akan menghasilkan biofilter yang berbeda. 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. Putih telur sebagai pengganti PEG memiliki karakteristik lebih halus dan kuat jika dibandingkan dengan penggunaan PEG pada pembuatan biofilter ini, namun daya serap radikal bebasnya tidak sebaik pada penggunaan PEG sebagai matriks. Hal ini dikarenakan struktur putih telur dibentuk oleh serabut-serabut protein yang terjalin membentuk jala yang disebut *ovomucin*, sedangkan bagian yang cair diikat kuat di dalamnya menjadi bagian kental (Romanoff dan Romanoff, 1963).

Hasil pengujian kerapatan pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan panas matahari dengan PEG menunjukkan nilai kerapatan tertinggi pada massa 0.5 gr yang di ayak dengan ayakan 80 mesh yaitu 1.346 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan panas matahari dengan putih telur juga menunjukkan nilai kerapatan tertinggi

pada massa 0.4 gr yang di ayak dengan ayakan 80 mesh yaitu  $0.951 \text{ g/cm}^3$ . Pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan di oven suhu  $40^\circ\text{C}$  dengan PEG menunjukkan nilai kerapatan yang tinggi pada massa 0.4 gr yang di ayak dengan ayakan 200 mesh yaitu  $1.088 \text{ g/cm}^3$ , sedangkan pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan di oven suhu  $40^\circ\text{C}$  dengan putih telur juga menunjukkan nilai kerapatan tertinggi pada massa 0.5 gr yang di ayak dengan ayakan 80 mesh yaitu  $0.973 \text{ g/cm}^3$ . Pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan di oven suhu  $50^\circ\text{C}$  dengan PEG menunjukkan nilai kerapatan yang tinggi pada massa 0.6 gr yang di ayak dengan ayakan 120 mesh yaitu  $1.616 \text{ g/cm}^3$ , sedangkan pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan di oven suhu  $40^\circ\text{C}$  dengan putih telur juga menunjukkan nilai kerapatan tertinggi pada massa 0.5 gr yang di ayak dengan ayakan 120 mesh yaitu  $0.939 \text{ g/cm}^3$ .

Dilakukan juga uji porositas, hasil porositas pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan panas matahari dengan PEG menunjukkan nilai porositas terendah pada massa 0.4 gr yang di ayak dengan ayakan 200 mesh yaitu 1.61 %, sedangkan pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan panas matahari dengan putih telur juga menunjukkan nilai porositas terendah pada massa 0.5 gr yang di ayak dengan ayakan 200 mesh yaitu 51.95 %. Pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan di oven suhu  $40^\circ\text{C}$  dengan PEG menunjukkan nilai porositas terendah pada massa 0.4 gr yang di ayak dengan ayakan 200 mesh yaitu 35.48 %, sedangkan pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan di oven suhu  $40^\circ\text{C}$  dengan putih telur juga menunjukkan nilai porositas terendah pada massa 0.4 gr yang di ayak dengan ayakan 200 mesh

yaitu 72.31 %. Pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan di oven suhu 50°C dengan PEG menunjukkan nilai porositas terendah pada massa 0.4 gr yang di ayak dengan ayakan 200 mesh yaitu 34.00 %, sedangkan pada biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan di oven suhu 50°C dengan putih telur juga menunjukkan nilai porositas terendah pada massa 0.4 gr yang di ayak dengan ayakan 200 mesh yaitu 47.69 %.

Secara teori variasi pengeringan tidak memberikan pengaruh terhadap nilai kerapatan dan porositas. Ukuran filler lah yang berpengaruh terhadap nilai kerapatan dan porositas. Ukuran partikel memegang peranan penting dalam menentukan kualitas ikatan material komposit. Ukuran partikel yang besar (cenderung kasar) memiliki kepadatan yang besar namun luas permukaan kontak antar partikel menjadi kecil sehingga memungkinkan terjadinya banyak pori pada komposit. Semakin kecil ukuran partikel yang berikatan maka kualitas ikatannya semakin baik, karena semakin luas kontak permukaan antar partikel. Ukuran partikel juga berpengaruh pada distribusi partikel, semakin kecil partikel kemungkinan terdistribusi secara merata lebih besar. Distribusi ukuran partikel sangat menentukan kemampuan partikel dalam mengisi ruang kosong antar partikel untuk mencapai volume terpadat dan pada akhirnya akan menentukan besarnya porositas (Tarigan dkk, 2013). Namun dalam penelitian ini hasil uji kerapatan dan porositas tidak bisa dibandingkan karena biofilter dibuat dengan cara manual tidak menggunakan alat press, sehingga tekanan yang diberikan dalam proses pencetakan biofilter berbeda-beda.

### 4.3 Integrasi Islam

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 adalah suatu atom atau kelompok atom yang memiliki setidaknya satu elektron tidak berpasangan sehingga menjadi tidak stabil dan sangat reaktif. 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 (Ilmiah dan Rahmah, 2012).

Segala sesuatu di alam semesta diciptakan oleh Allah dalam keadaan berpasang-pasangan agar diperoleh kehidupan yang harmonis dalam kinerja alam yang dinamis dan sistematis. Konsep berpasang-pasangan juga memiliki tujuan supaya antara yang satu dengan yang lainnya dapat saling berbagi manfaat dan melengkapi kekurangan masing-masing. Komponen yang tidak bisa membangun koordinasi yang baik dengan komponen yang lain tidak akan dapat menutupi kelemahannya dan dapat menjadi tidak stabil. Komponen ini akan merusak kinerja sistem lingkungan dengan maksud untuk menempatkan dirinya dalam kestabilan. Hal ini dapat juga dianalogikan pada radikal bebas.

Firman Allah SWT:

وَمِنْ كُلِّ شَيْءٍ خَلَقْنَا زَوْجَيْنِ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ﴿٤٩﴾

*“Dan segala sesuatu kami ciptakan berpasang-pasangan supaya kamu mengingat kebesaran Allah.”*(QS adz-Dzaariyaat: 49)

Menurut Dr. Denham Harman (1988), Profesor Emeritus Biokimia dan Kedokteran Universitas Nebraska, kandidat senyawa yang mampu menangani radikal bebas disebut dengan antioksidan, yaitu senyawa yang kaya elektron dan mampu menangkap elektron serta tidak menjadi sumber radikal bebas yang lain (Ilmiah dan Rahmah, 2012). Antioksidan ini nantinya akan menstabilkan radikal bebas dengan cara melengkapi elektron yang ada pada radikal bebas sekaligus menghambat terjadinya reaksi berantai dari pembentukan radikal bebas. Allah menciptakan radikal bebas yang sifatnya merusak, namun Allah juga menciptakan antioksidan untuk dipasangkan dengan radikal bebas untuk meredam kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas.

Antioksidan bisa kita dapatkan dari makanan yang kita konsumsi, seperti sayur dan buah-buahan, terutama sayur dan buah yang berwarna cerah sebab semakin cerah warna sayur dan buah, maka mengindikasikan semakin banyak kadar antioksidan yang dikandung dalam sayur dan buah. Misalnya warna hijau pada kangkung dan bayam. Warna hijau mengindikasikan kandungan klorofil yang dapat meningkatkan kemampuan tubuh untuk menangkis radikal bebas. Begitu juga dengan daun zaitun, daun zaitun mengandung senyawa antioksidan yang dapat membantu menurunkan berbagai resiko penyakit kronis.

Al-Qur'an menjelaskan bahwa Allah SWT telah menjadikan alam semesta ini sebagai suatu sumber, bahwa segala macam yang ada di alam semesta bisa digunakan sebagai sumber dari pembuatan obat-obatan. Firman Allah SWT:

يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿١١﴾

*“Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, korma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan.”*(QS an-Nahl: 11)

Allah SWT mengisyaratkan bahwa al-Qur'an diturunkan sebagai penawar dan Rahmat bagi orang-orang yang mukmin. Allah SWT juga memberitahu umat-Nya bahwa setiap penyakit ada obatnya. Allah berfirman dalam surat Yunus ayat 57: *“Hai manusia, Sesungguhnya Telah datang kepadamu pelajaran dari Tuhanmu dan penyembuh bagi penyakit-penyakit (yang berada) dalam dada dan petunjuk serta rahmat bagi orang-orang yang beriman.”*(QS Yunus: 57). Dari ayat ini terbukti bahwa al-Qur'an merupakan sumber ilmu pengetahuan yang luar biasa. Setiap kali Allah menurunkan penyakit, Allah pasti menurunkan pula penyembuhnya. Hanya saja ada orang yang mengetahuinya dan ada yang tidak mengetahuinya.

Dalam penelitian ini daun zaitun digunakan sebagai bahan dalam pembuatan biofilter untuk menangkap radikal bebas dari asap rokok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biofilter yang berasal dari serbuk daun zaitun mampu menyerap beberapa dugaan radikal bebas asap rokok. Daun zaitun tidak hanya mengandung senyawa antioksidan namun juga mengandung senyawa

*apigenin* dan *luteolin*, dimana senyawa ini merupakan senyawa golongan flavon. Flavon merupakan jenis flavonoid yang paling banyak ditemukan di dalam tumbuhan. Flavon banyak terdapat pada bagian daun dan bagian luar dari tanaman, hanya sedikit sekali yang ditemukan pada bagian tanaman yang berada dibawah permukaan tanah (Hertog *et al.*, 1992).

Selain itu, daun zaitun sebagai filler mampu menyerap radikal bebas asap rokok kretek karena kandungan senyawa *oleuropeinnya*, yakni senyawa yang bersifat antibakteri, antifungal, antiviral, dan bermanfaat melawan berbagai macam infeksi internal. Senyawa *oleuropein* juga dapat meningkatkan produksi *thermogenin* yakni senyawa yang berfungsi membakar lemak dalam tubuh secara efektif. Senyawa *oleuropein* juga dapat membantu menurunkan tekanan darah. Senyawa ini bersifat antioksidan poten yang bisa menghambat oksidasi lipid dalam darah, serta mencegah penyakit kardiovaskular.

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati tanaman yang berpotensi untuk digunakan sebagai tanaman obat. Walaupun zaitun bukan tanaman asli Indonesia, namun zaitun bisa tumbuh dengan baik di daerah yang memiliki iklim tropis seperti Indonesia. Pohon zaitun adalah “... *pohon yang banyak berkahnya* ...” (QS an-Nur: 35), keberkahannya bisa datang dari akar, batang, daun maupun buahnya. Banyaknya manfaat yang bisa didapatkan dari pohon zaitun menjadikan pohon zaitu sebagai tanaman yang perlu dilestarikan oleh masyarakat Indonesia, khususnya umat Islam Indonesia. Selain itu, Islam mengajarkan bahwa pelestarian terhadap keanekaragaman jenis tumbuhan merupakan bentuk amaliah kebaikan dan ibadah di sisi Allah. Sebagai salah satu negara yang berpenduduk muslim

terbesar di dunia, sangat dianjurkan sekali bagi umat Islam Indonesia untuk menjadi penggerak utama dalam upaya pelestarian zaitun, dengan menanam pohon zaitun.



## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

1. Secara teori variasi pengeringan tidak memberikan pengaruh terhadap nilai kerapatan dan porositas.
2. Secara teori ukuran filler berpengaruh terhadap nilai kerapatan dan porositas. Ukuran partikel memegang peranan penting dalam menentukan kualitas ikatan material komposit. Ukuran partikel juga berpengaruh pada distribusi partikel. Distribusi ukuran partikel sangat menentukan kemampuan partikel dalam mengisi ruang kosong antar partikel untuk mencapai volume terpadat dan pada akhirnya akan menentukan besarnya porositas. Namun dalam penelitian ini hasil uji kerapatan dan porositas tidak bisa dibandingkan karena biofilter dibuat dengan cara manual tidak menggunakan alat press, sehingga tekanan yang diberikan dalam proses pencetakan biofilter berbeda-beda.
3. Variasi pengeringan memberikan pengaruh terhadap penyerapan radikal bebas, hasil penelitian daun zaitun yang dikeringkan dengan dijemur panas matahari mampu menyerap lebih banyak jenis dugaan radikal bebas asap rokok dibandingkan dengan pengeringan oven suhu 40°C dan 50°C. Hal ini dikarenakan pemanasan pada daun zaitun dapat menyebabkan dinding sel pada daun zaitun menjadi rusak sehingga senyawa-senyawa dalam sel, termasuk senyawa antioksidannya dapat keluar dari sel.

4. Variasi ukuran filler memberikan pengaruh terhadap penyerapan radikal bebas, filler yang didapat dengan menggunakan ayakan 200 mesh lebih mampu menyerap dugaan radikal bebas dibandingkan dengan filler yang didapat dengan menggunakan ayakan 120 mesh dan 80 mesh. Hal ini dikarenakan filler yang dihasilkan dengan ayakan 200 mesh memiliki ukuran filler yang lebih kecil. Semakin kecil ukuran filler maka semakin banyak filler dalam biofilter dan semakin baik dalam menyerap dugaan radikal bebas asap rokok, karena semakin banyak kandungan antioksidan dalam biofilter tersebut.

## 5.2 Saran

1. Ketepatan komposisi dan proses pengadukan yang tepat mempengaruhi homogen atau tidaknya suatu biofilter.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang penggunaan biofilter, guna mengetahui berapa kali biofilter dapat digunakan untuk menangkap radikal bebas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Mikrajuddin dan Khairurrijal. 2008. *Karakterisasi Nanomaterial*. Jurnal Nanosains & Nanoteknologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, ITB, Bandung
- Aini, Maslihatul. 2002. *Efek Ekstrak Meniran (Phyllanthus niruri) Terhadap Gambaran Stetosis Sel Hepar Tikus (Rattus norvegicus) Strain Wistar Yang Diinduksi Karbon Tetraklorida*. Skripsi. Malang: Fakultas Kedokteran. Universitas Brawijaya
- Al Fatah, Muhammad Hatta. 2011. *Mukjizat Pengobatan Herbal Dalam Al Qur'an*. Jakarta: Mirqat Publishing
- 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. *Tafsir Al Qurthubi*. Jakarta: Pustaka Azzam
- Andarwulan, Nuri dan RH Fitri Faradilla. 2012. *Senyawa Fenolik Pada Beberapa Sayuran Indigenous Dari Indonesia*. Bogor: South East Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFAST) Center, Institut Pertanian Bogor
- Arif, Sjamsul. 2007. *Radikal Bebas*. Surabaya: FK. UNAIR
- Armstrong, Sue. 1991. *Pengaruh Rokok Terhadap Kesehatan*. Jakarta: Arcan
- Atkins, P.W. 1997. *Kimia Fisika Jilid 2 Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga
- Aviram, M dan Fuhrman B. 2003. *Effect Of Flavonoid On The Oxidation Of Low-Density Lipoprotein And Atherosclerosis*. New York: Marcel Dekker, Inc
- 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
- Basith, Abdul. 2006. *Pola Makan Rasulullah: Makanan Sehat Berkualitas Menurut al-Qur'an dan as-Sunnah*. Jakarta: Almahira
- Belkic, Karen. 2004. *Molecular Imaging Through Magnetic Resonance for Clinical Oncology*. USA: CISP

- Cadenas E, dan Packer L. 2002. *Handbook Of Antioxidant*. 2nd Edition Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc, New York
- Callister, W. 2007. *An Introduction Materials Science and Engineering*. USA: John Wiley & Sons
- Christensen, L. 1994. *Experimental Methodology*. London: Allyn and Bacon, Inc
- Effendy. 2010. *Seri Buku Ikatan Kimia Dan Kimia Anorganik: Ikatan Ionik Dan Cacat-Cacat Pada Kristal Ionik Edisi 2*. Malang: Bayumedia Publishing, Anggota IKADI Jatim
- Fauziah, Fifit Fajriyah. 2012. *Pengaruh Pemberian Buah Manggis, Buah Sirsak dan Kunit Terhadap Kandungan Radikal Bebas Pada Daging Sapi Yang Diradiasi Dengan Sinar Gamma*. Jurnal. Jurusan Fisika, F. MIPA, Universitas Brawijaya, Malang
- Fowles, J., Bates, M.2000.*The Chemical Constituents in Cigarette and Cigarette Smoke:Priorities For Harm Reduction*.Epidemiology and Toxicology Group.ESR : Kenepuru Science Centre. Porirua. New Zealand
- Halliwell, B dan J.M.C. Guteridge. 1991. *Free Radical in Biology and Medicine*. Oxford: Clarendon Press
- Harliyansyah. 2001. *Mengunyah Halia Mengunyah Penyakit*. Jurnal Penelitian Malaysia: UKM Malaysia
- Hertog MGL, Hollman PCH, Venema DP. 1992. *Optimatization Of A Quantitative HPLC Determination Of Potentially Anticarcinogenic Flavonois In Vegetable And Fruits*. J. Agric. Food. Chem., 40:1591-1598
- <http://www.sehataja.com/dunia-obat/berbagai-manfaat-daun-zaitun/> diakses pada tanggal 11 Maret 2014
- Ilmiyah, N. F dan S. F. Rahmah. 2012. *Eksistensi Tembakau Menurut Perspektif Agama Dan Sains Dalam Polemik Rokok Di Indonesia*. Jurnal. Malang: Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya
- Indriyanti. 2005. *Peran Asam Lemak Bebas, Stress Oksidatif dan Keadaan Inflamasi Terhadap Kejadian Resistensi Insulin*. Forum diagnosticum Prodia
- Jaya, Muhammad. 2009. *Pembunuh Berbahaya Itu Bernama Rokok*. Yogyakarta: Riz'ma

- Kumalaningsih, Sri. 2006. *Antioksidan Alami-Penangkal Radikal Bebas: Sumber, Manfaat, Cara Penyediaan dan Pengolahan*. Surabaya: Trubus Agrisarana
- Langseth, L. 1995. *Oxidants, Antioxidants and Disease Prevention*. ILSI Europe, Belgium
- 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
- 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
- Muhammad, Syaikh bin Shalih Al-'Utsaimin. 2010. *Tafsir Juz 'Amma*. Solo: At-Tibyan
- Mukono. 2005. *Toksikologi Lingkungan*. Surabaya: Airlangga University Press
- Musthofiyah, Hidayatul. 2008. *Pengaruh Pemberian Buah Pepaya (Carica papaya) Terhadap Kadar Enzim Transaminase GOT-GPT dan Gambaran Histologi Hepar Mencit (Mus musculus) Yang Diinduksi Karbontetraklorida (CCl<sub>4</sub>)*. Skripsi. Malang: Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Malang
- Oliev. 2012. *Varietas Zaitun*. Jakarta: Gramedia
- Proctor PH, Reynold ES. *Free Radical and Disease in Man*. Physicol Chem Physmed. 16;1984:175-95
- Romanoff, A. L. and A. J. Romanoff. 1963. *The Avian Eggs*. New York: John Willey and sons, Inc
- Ronaldo,R dkk. 2006. *Bio – Filter Nikotin Asap Rokok Dari Kitin – Kitosan*. Laporan Penelitian. Bogor : FPIK IPB
- Sadikin, M. 2001. *Pelacakan Dampak Radikal Bebas Terhadap Makromolekul. Kumpulan Makalah Pelatihan: Radikal Bebas dan Antioksidan dalam Kesehatan*. Jakarta: Fakultas Kedokteran. Universitas Indonesia
- Sies, H. 1991. *Oxidative Stress: From Basic Research to Clinical Application*: 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. FMIPA UNY Yogyakarta
- Tayoub, Ghaleb, dkk. 2012. *Determination of Oleuropein in leaves and fruits of some Syrian olive varieties*. Journal. Department of Molecular Biology and Biotechnology, Atomic Energy Commission of Syria, Damascus
- Utomo, Amalia Ratnaputri, Rurini Retnowati dan Unggul P. Juswono. 2013. *Pengaruh Konsentrasi Minyak Kenanga (Cananga odorata) Terhadap Aktivitasnya Sebagai Antiradikal Bebas*. Jurnal Jurusan Kimia Universitas Brawijaya Malang
- Wardhan, W. A. 1999. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi; Yogyakarta
- Winarno, F. G., dan S. Koswara. 2002. *Telur: Komposisi, Penanganan dan Pengolahannya*. M-Brio Press, Bogor
- Winarsi, Hery. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas: Potensi dan Aplikasinya Dalam Kesehatan*. Yogyakarta: Kanisius
- Zahar, Gretha dan Sutiman Bambang Sumitro. 2011. *Divine Rokok Sehat*. Masyarakat Bangsa Produk Indonesia (MBPI)
- Zavos, P. M, dkk. 1998. *An Electron Microscope Study Of The Axonemal Ultrastructure In Human Spermatozoa from Male smokers And Nonsmokers*. Fertility and Sterility, 69, 430-432. Diakses tanggal 21 Juni 2014.



# LAMPIRAN

## LAMPIRAN I

Data dugaan jenis radikal bebas pada rokok filter

<b>f (Hz)</b>	<b>I (A)</b>	<b>B (T)</b>	<b>Faktor-g</b>	<b>Dugaan Jenis Radikal Bebas</b>
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 <sub>2</sub> <sup>-</sup>
32.2	0.272	0.001151	1.998847	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
32.3	0.272	0.001151	2.005054	C
32.4	0.273	0.00115514	2.0038946	Peroxy
32.5	0.273	0.00115514	2.0100795	Peroxy
32.6	0.273	0.00115514	2.0162644	Peroxy
32.7	0.273	0.00115514	2.0224492	Peroxy
32.8	0.273	0.00115514	2.0286341	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx
34.6	0.272	0.00115091	2.1478291	CuGeO <sub>3</sub>
34.7	0.272	0.00115091	2.1540367	CuGeO <sub>3</sub>
34.8	0.272	0.00115091	2.1602443	CuGeO <sub>3</sub>
34.9	0.272	0.00115091	2.1664519	CuGeO <sub>3</sub>

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan pemanasan matahari dan diayak dengan pengayakan 200 Mesh dengan PEG sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

<b>Massa Serbuk Zaitun (g)</b>	<b>f (Hz)</b>	<b>I (A)</b>	<b>B (T)</b>	<b>Faktor-g</b>	<b>Dugaan Jenis Radikal Bebas</b>	
0.4	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx	
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx	
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx	
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx	
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx	
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx	
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx	
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx	
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx	
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx	
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx	
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx	
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx	
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx	
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx	
	0.5	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
		33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
		33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
		33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
		33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
33.7		0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx	
33.8		0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx	
33.9		0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx	
34.0		0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx	
34.1		0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx	
0.6	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx	
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx	
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx	
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx	
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx	

	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
0.7	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan pemanasan matahari dan diayak dengan pengayakan 200 Mesh dengan putih telur sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

<b>Massa Serbuk Zaitun (g)</b>	<b>f (Hz)</b>	<b>I (A)</b>	<b>B (T)</b>	<b>Faktor-g</b>	<b>Dugaan Jenis Radikal Bebas</b>
0.4	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx

	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx
	34.6	0.272	0.00115091	2.1478291	CuGeO <sub>3</sub>
	34.7	0.272	0.00115091	2.1540367	CuGeO <sub>3</sub>
	34.8	0.272	0.00115091	2.1602443	CuGeO <sub>3</sub>
	34.9	0.272	0.00115091	2.1664519	CuGeO <sub>3</sub>
0.5	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx
	34.6	0.272	0.00115091	2.1478291	CuGeO <sub>3</sub>
	34.7	0.272	0.00115091	2.1540367	CuGeO <sub>3</sub>
	34.8	0.272	0.00115091	2.1602443	CuGeO <sub>3</sub>
0.6	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx

	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx
	34.6	0.272	0.00115091	2.1478291	CuOx
0.7	33.0	0.272	0.00115091	2,0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan pemanasan matahari dan diayak dengan pengayakan 120 Mesh dengan PEG sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

<b>Massa Serbuk Zaitun (g)</b>	<b>f (Hz)</b>	<b>I (A)</b>	<b>B (T)</b>	<b>Faktor-g</b>	<b>Dugaan Jenis Radikal Bebas</b>
0.4	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx

	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
0.5	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
0.6	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
0.7	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx

	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan pemanasan matahari dan diayak dengan pengayakan 120 Mesh dengan putih telur sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

Massa Serbuk Zaitun (g)	f (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor-g	Dugaan Jenis Radikal Bebas
0.4	32.5	0.273	0.00115514	2.0100795	Peroxy
	32.6	0.273	0.00115514	2.0162644	Peroxy
	32.7	0.273	0.00115514	2.0224492	Peroxy
	32.8	0.273	0.00115514	2.0286341	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx	
34.6	0.273	0.00115514	2.1399616	CuOx	
34.7	0.273	0.00115514	2.1461464	CuOx	
0.5	32.6	0.273	0.00115514	2.0162644	Peroxy
	32.7	0.273	0.00115514	2.0224492	Peroxy
	32.8	0.273	0.00115514	2.0286341	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>

	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx
	34.6	0.273	0.00115514	2.1399616	CuOx
	34.7	0.273	0.00115514	2.1461464	CuOx
0.6	32.5	0.273	0.00115514	2.0100795	Peroxy
	32.6	0.273	0.00115514	2.0162644	Peroxy
	32.7	0.273	0.00115514	2.0224492	Peroxy
	32.8	0.273	0.00115514	2.0286341	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx

	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx
	34.6	0.273	0.00115514	2.1399616	CuOx
	34.7	0.273	0.00115514	2.1461464	CuOx
	34.8	0.273	0.00115514	2.1523313	CuGeO <sub>3</sub>
0.7	32.5	0.273	0.00115514	2.0100795	Peroxy
	32.6	0.273	0.00115514	2.0162644	Peroxy
	32.7	0.273	0.00115514	2.0224492	Peroxy
	32.8	0.273	0.00115514	2.0286341	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx
	34.6	0.273	0.00115514	2.1399616	CuOx
	34.7	0.273	0.00115514	2.1461464	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan pemanasan matahari dan diayak dengan pengayakan 80 Mesh dengan PEG sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

Massa Serbuk Zaitun (g)	f (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor-g	Dugaan Jenis Radikal Bebas
0.4	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx

	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
0.5	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
0.6	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx

	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
0.7	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dengan pemanasan matahari dan diayak dengan pengayakan 80 Mesh dengan putih telur sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

<b>Massa Serbuk Zaitun (g)</b>	<b>f (Hz)</b>	<b>I (A)</b>	<b>B (T)</b>	<b>Faktor-g</b>	<b>Dugaan Jenis Radikal Bebas</b>
0.4	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx

0.5	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx
0.6	33.0	0.272	0.00115091	2,0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx
0.7	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx

	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven dengan suhu 40°C dan diayak dengan pengayakan 200 Mesh dengan PEG sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

<b>Massa Serbuk Zaitun (g)</b>	<b>f (Hz)</b>	<b>I (A)</b>	<b>B (T)</b>	<b>Faktor-g</b>	<b>Dugaan Jenis Radikal Bebas</b>
0.4	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
0.5	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx

	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
0.6	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
0.7	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven dengan suhu 40°C dan diayak dengan pengayakan 200 Mesh dengan putih telur sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

<b>Massa Serbuk Zaitun (g)</b>	<b>f (Hz)</b>	<b>I (A)</b>	<b>B (T)</b>	<b>Faktor-g</b>	<b>Dugaan Jenis Radikal Bebas</b>
0.4	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx
	34.6	0.272	0.00115091	2.1478291	CuOx
	0.5	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999
33.0		0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
33.1		0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
33.2		0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
33.3		0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
33.4		0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
33.5		0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
33.6		0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
33.7		0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
33.8		0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
33.9		0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
34.0		0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
34.1		0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx	
34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx	

	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx
	34.6	0.272	0.00115091	2.1478291	CuOx
0.6	32.5	0.272	0.00115091	2.0174695	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.6	0.272	0.00115091	2.0236771	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.7	0.272	0.00115091	2.0298847	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.8	0.272	0.00115091	2.0360923	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx
	34.6	0.272	0.00115091	2.1478291	CuOx
	34.7	0.272	0.00115091	2.15403666	CuGeO <sub>3</sub>
0.7	32.8	0.272	0.00115091	2.0360923	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.272	0.00115091	2,0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx

	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx
	34.6	0.272	0.00115091	2.1478291	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven dengan suhu 40°C dan diayak dengan pengayakan 120 Mesh dengan PEG sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

Massa Serbuk Zaitun (g)	f (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor-g	Dugaan Jenis Radikal Bebas
0.4	32.8	0.272	0.00115091	2.0360923	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
0.5	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1353138	CuOx
	32.8	0.272	0.00115091	2.0360923	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx

	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
0.6	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
0.7	32.8	0.272	0.00115091	2.0360923	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven dengan suhu 40°C dan diayak dengan pengayakan 120 Mesh dengan putih telur sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

<b>Massa Serbuk Zaitun (g)</b>	<b>f (Hz)</b>	<b>I (A)</b>	<b>B (T)</b>	<b>Faktor-g</b>	<b>Dugaan Jenis Radikal Bebas</b>
0.4	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx
	0.5	34.6	0.273	0.00115514	2.1399616
33.0		0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
33.1		0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
33.2		0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
33.3		0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
33.4		0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
33.5		0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
33.6		0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
33.7		0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
33.8		0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
33.9		0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
34.0		0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
34.1		0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
34.2		0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
34.3		0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
34.4		0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
34.5		0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx

	34.6	0.273	0.00115514	2.1399616	CuOx
0.6	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx
	34.6	0.273	0.00115514	2.1399616	CuOx
0.7	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx
	34.6	0.273	0.00115514	2.1399616	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven dengan suhu 40°C dan diayak dengan pengayakan 80 Mesh dengan PEG sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

Massa Serbuk Zaitun (g)	f (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor-g	Dugaan Jenis Radikal Bebas
0.4	32.8	0.272	0.00115091	2.0360923	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
0.5	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
0.6	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	32.8	0.272	0.00115091	2.0360923	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx

	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
0.7	32.8	0.272	0.00115091	2.0360923	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven dengan suhu 40°C dan diayak dengan pengayakan 80 Mesh dengan putih telur sebagai matriks menggunakan kumpanan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

<b>Massa Serbuk Zaitun (g)</b>	<b>f (Hz)</b>	<b>I (A)</b>	<b>B (T)</b>	<b>Faktor-g</b>	<b>Dugaan Jenis Radikal Bebas</b>
0.4	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx
34.6	0.272	0.00115091	2.1478290	CuOx	
0.5	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx

	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx
	34.6	0.272	0.00115091	2.1478290	CuOx
0.6	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx
0.7	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	34.4	0.272	0.00115091	2.1354139	CuOx
	34.5	0.272	0.00115091	2.1416215	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven dengan suhu 50°C dan diayak dengan pengayakan 200 Mesh dengan PEG sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

<b>Massa Serbuk Zaitun (g)</b>	<b>f (Hz)</b>	<b>I (A)</b>	<b>B (T)</b>	<b>Faktor-g</b>	<b>Dugaan Jenis Radikal Bebas</b>
0.4	32.9	0.271	0.00114668	2.04983606	CuOx
	33.0	0.271	0.00114668	2.05606656	CuOx
	33.1	0.271	0.00114668	2.06229707	CuOx
	33.2	0.271	0.00114668	2.06852757	CuOx
	33.3	0.271	0.00114668	2.07475808	CuOx
	33.4	0.271	0.00114668	2.08098858	CuOx
	33.5	0.271	0.00114668	2.08721909	CuOx
	33.6	0.271	0.00114668	2.09344959	CuOx
	33.7	0.271	0.00114668	2.09968009	CuOx
	33.8	0.271	0.00114668	2.10591060	CuOx
	33.9	0.271	0.00114668	2.11214110	CuOx
	34.0	0.271	0.00114668	2.1183716	CuOx
	34.1	0.271	0.00114668	2.12460212	CuOx
	34.2	0.271	0.00114668	2.1308326	CuOx
34.3	0.271	0.00114668	2.13706312	CuOx	
0.5	33.0	0.271	0.00114668	2.05606656	CuOx
	33.1	0.271	0.00114668	2.06229707	CuOx
	33.2	0.271	0.00114668	2.06852757	CuOx
	33.3	0.271	0.00114668	2.07475808	CuOx
	33.4	0.271	0.00114668	2.08098858	CuOx
	33.5	0.271	0.00114668	2.08721909	CuOx
	33.6	0.271	0.00114668	2.09344959	CuOx
	33.7	0.271	0.00114668	2.09968009	CuOx
	33.8	0.271	0.00114668	2.10591060	CuOx
	33.9	0.271	0.00114668	2.11214110	CuOx
	34.0	0.271	0.00114668	2.1183716	CuOx
	34.1	0.271	0.00114668	2.12460212	CuOx
	34.2	0.271	0.00114668	2.1308326	CuOx
	34.3	0.271	0.00114668	2.13706312	CuOx
0.6	33.0	0.271	0.00114668	2.05606656	CuOx
	33.1	0.271	0.00114668	2.06229707	CuOx
	33.2	0.271	0.00114668	2.06852757	CuOx
	33.3	0.271	0.00114668	2.07475808	CuOx

	33.4	0.271	0.00114668	2.08098858	CuOx
	33.5	0.271	0.00114668	2.08721909	CuOx
	33.6	0.271	0.00114668	2.09344959	CuOx
	33.7	0.271	0.00114668	2.09968009	CuOx
	33.8	0.271	0.00114668	2.10591060	CuOx
	33.9	0.271	0.00114668	2.11214110	CuOx
	34.0	0.271	0.00114668	2.1183716	CuOx
	34.1	0.271	0.00114668	2.12460212	CuOx
	34.2	0.271	0.00114668	2.1308326	CuOx
	34.3	0.271	0.00114668	2.13706312	CuOx
0.7	32.9	0.271	0.00114668	2.04983606	CuOx
	33.0	0.271	0.00114668	2.05606656	CuOx
	33.1	0.271	0.00114668	2.06229707	CuOx
	33.2	0.271	0.00114668	2.06852757	CuOx
	33.3	0.271	0.00114668	2.07475808	CuOx
	33.4	0.271	0.00114668	2.08098858	CuOx
	33.5	0.271	0.00114668	2.08721909	CuOx
	33.6	0.271	0.00114668	2.09344959	CuOx
	33.7	0.271	0.00114668	2.09968009	CuOx
	33.8	0.271	0.00114668	2.10591060	CuOx
	33.9	0.271	0.00114668	2.11214110	CuOx
	34.0	0.271	0.00114668	2.1183716	CuOx
	34.1	0.271	0.00114668	2.12460212	CuOx
	34.2	0.271	0.00114668	2.1308326	CuOx
	34.3	0.271	0.00114668	2.13706312	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven dengan suhu 50°C dan diayak dengan pengayakan 200 Mesh dengan putih telur sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

<b>Massa Serbuk Zaitun (g)</b>	<b>f (Hz)</b>	<b>I (A)</b>	<b>B (T)</b>	<b>Faktor-g</b>	<b>Dugaan Jenis Radikal Bebas</b>
0.4	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx

	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx
	34.6	0.273	0.00115514	2.1399616	CuOx
0.5	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx
	34.6	0.273	0.00115514	2.1399616	CuOx
0.6	32.8	0.273	0.00115514	2.0286341	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx

	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx
	34.6	0.273	0.00115514	2.1399616	CuOx
0.7	32.7	0.273	0.00115514	2.0224492	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.8	0.273	0.00115514	2.0286341	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx
	34.6	0.273	0.00115514	2.1399616	CuOx
	34.7	0.273	0.00115514	2.1461464	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven dengan suhu 50°C dan diayak dengan pengayakan 120 Mesh dengan PEG sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

<b>Massa Serbuk Zaitun (g)</b>	<b>f (Hz)</b>	<b>I (A)</b>	<b>B (T)</b>	<b>Faktor-g</b>	<b>Dugaan Jenis Radikal Bebas</b>
0.4	32.8	0.271	0.00114668	2.04360555	CuOx
	32.9	0.271	0.00114668	2.04983606	CuOx
	33.0	0.271	0.00114668	2.05606656	CuOx
	33.1	0.271	0.00114668	2.06229707	CuOx
	33.2	0.271	0.00114668	2.06852757	CuOx
	33.3	0.271	0.00114668	2.07475808	CuOx
	33.4	0.271	0.00114668	2.08098858	CuOx
	33.5	0.271	0.00114668	2.08721909	CuOx
	33.6	0.271	0.00114668	2.09344959	CuOx
	33.7	0.271	0.00114668	2.09968009	CuOx
	33.8	0.271	0.00114668	2.10591060	CuOx
	33.9	0.271	0.00114668	2.11214110	CuOx
	34.0	0.271	0.00114668	2.1183716	CuOx
	34.1	0.271	0.00114668	2.12460212	CuOx
	34.2	0.271	0.00114668	2.1308326	CuOx
	34.3	0.271	0.00114668	2.13706312	CuOx
0.5	32.8	0.271	0.00114668	2.04360555	CuOx
	32.9	0.271	0.00114668	2.04983606	CuOx
	33.0	0.271	0.00114668	2.05606656	CuOx
	33.1	0.271	0.00114668	2.06229707	CuOx
	33.2	0.271	0.00114668	2.06852757	CuOx
	33.3	0.271	0.00114668	2.07475808	CuOx
	33.4	0.271	0.00114668	2.08098858	CuOx
	33.5	0.271	0.00114668	2.08721909	CuOx
	33.6	0.271	0.00114668	2.09344959	CuOx
	33.7	0.271	0.00114668	2.09968009	CuOx
	33.8	0.271	0.00114668	2.10591060	CuOx
	33.9	0.271	0.00114668	2.11214110	CuOx
	34.0	0.271	0.00114668	2.1183716	CuOx
	34.1	0.271	0.00114668	2.12460212	CuOx
	34.2	0.271	0.00114668	2.1308326	CuOx
	34.3	0.271	0.00114668	2.13706312	CuOx

	34.4	0.271	0.00114668	2.14329363	CuOx
0.6	32.9	0.271	0.00114668	2.04983606	CuOx
	33.0	0.271	0.00114668	2.05606656	CuOx
	33.1	0.271	0.00114668	2.06229707	CuOx
	33.2	0.271	0.00114668	2.06852757	CuOx
	33.3	0.271	0.00114668	2.07475808	CuOx
	33.4	0.271	0.00114668	2.08098858	CuOx
	33.5	0.271	0.00114668	2.08721909	CuOx
	33.6	0.271	0.00114668	2.09344959	CuOx
	33.7	0.271	0.00114668	2.09968009	CuOx
	33.8	0.271	0.00114668	2.10591060	CuOx
	33.9	0.271	0.00114668	2.11214110	CuOx
	34.0	0.271	0.00114668	2.1183716	CuOx
	34.1	0.271	0.00114668	2.12460212	CuOx
	34.2	0.271	0.00114668	2.1308326	CuOx
	34.3	0.271	0.00114668	2.13706312	CuOx
	34.4	0.271	0.00114668	2.14329363	CuOx
0.7	32.8	0.271	0.00114668	2.04360555	CuOx
	32.9	0.271	0.00114668	2.04983606	CuOx
	33.0	0.271	0.00114668	2.05606656	CuOx
	33.1	0.271	0.00114668	2.06229707	CuOx
	33.2	0.271	0.00114668	2.06852757	CuOx
	33.3	0.271	0.00114668	2.07475808	CuOx
	33.4	0.271	0.00114668	2.08098858	CuOx
	33.5	0.271	0.00114668	2.08721909	CuOx
	33.6	0.271	0.00114668	2.09344959	CuOx
	33.7	0.271	0.00114668	2.09968009	CuOx
	33.8	0.271	0.00114668	2.10591060	CuOx
	33.9	0.271	0.00114668	2.11214110	CuOx
	34.0	0.271	0.00114668	2.1183716	CuOx
	34.1	0.271	0.00114668	2.12460212	CuOx
	34.2	0.271	0.00114668	2.1308326	CuOx
	34.3	0.271	0.00114668	2.13706312	CuOx
	34.4	0.271	0.00114668	2.14329363	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven dengan suhu 50°C dan diayak dengan pengayakan 120 Mesh dengan putih telur sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

<b>Massa Serbuk Zaitun (g)</b>	<b>f (Hz)</b>	<b>I (A)</b>	<b>B (T)</b>	<b>Faktor-g</b>	<b>Dugaan Jenis Radikal Bebas</b>
0.4	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	0.5	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918
32.9		0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
33.0		0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
33.1		0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
33.2		0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
33.3		0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
33.4		0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
33.5		0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
33.6		0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
33.7		0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
33.8		0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
33.9		0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
34.0		0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
34.1		0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
34.2		0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
34.3		0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx	
34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx	

0.6	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
0.7	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven dengan suhu 50°C dan diayak dengan pengayakan 80 Mesh dengan PEG sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

Massa Serbuk Zaitun (g)	f (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor-g	Dugaan Jenis Radikal Bebas
0.4	32.8	0.272	0.00115091	2.0360923	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
0.5	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
	32.8	0.272	0.00115091	2.0360923	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx	
34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx	
0.6	32.8	0.272	0.00115091	2.0360923	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>

	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx
0.7	32.9	0.272	0.00115091	2.0422999	CuOx
	33.0	0.272	0.00115091	2.0485075	CuOx
	33.1	0.272	0.00115091	2.0547151	CuOx
	33.2	0.272	0.00115091	2.0609227	CuOx
	33.3	0.272	0.00115091	2.0671303	CuOx
	33.4	0.272	0.00115091	2.0733379	CuOx
	33.5	0.272	0.00115091	2.0795455	CuOx
	33.6	0.272	0.00115091	2.0857531	CuOx
	33.7	0.272	0.00115091	2.0919607	CuOx
	33.8	0.272	0.00115091	2.0981683	CuOx
	33.9	0.272	0.00115091	2.1043759	CuOx
	34.0	0.272	0.00115091	2.1105835	CuOx
	34.1	0.272	0.00115091	2.1167911	CuOx
	34.2	0.272	0.00115091	2.1229987	CuOx
	34.3	0.272	0.00115091	2.1292063	CuOx

Data dugaan jenis radikal bebas biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan dalam oven dengan suhu 50°C dan diayak dengan pengayakan 80 Mesh dengan putih telur sebagai matriks menggunakan kumparan dengan rentang frekuensi 10.5 Hz – 36.8 Hz

Massa Serbuk Zaitun (g)	f (Hz)	I (A)	B (T)	Faktor-g	Dugaan Jenis Radikal Bebas
0.4	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx

	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx
0.5	32.7	0.273	0.00115514	2.0224492	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.8	0.273	0.00115514	2.0286341	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx
	34.6	0.273	0.00115514	2.1399615	CuOx
0.6	32.7	0.273	0.00115514	2.0224492	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.8	0.273	0.00115514	2.0286341	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx

	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx
	34.6	0.273	0.00115514	2.1399615	CuOx
0.7	32.7	0.273	0.00115514	2.0224492	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.8	0.273	0.00115514	2.0286341	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	32.9	0.273	0.00115514	2.0348189	O <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	33.0	0.273	0.00115514	2.0410038	CuOx
	33.1	0.273	0.00115514	2.0471887	CuOx
	33.2	0.273	0.00115514	2.0533735	CuOx
	33.3	0.273	0.00115514	2.0595584	CuOx
	33.4	0.273	0.00115514	2.0657432	CuOx
	33.5	0.273	0.00115514	2.0719281	CuOx
	33.6	0.273	0.00115514	2.078113	CuOx
	33.7	0.273	0.00115514	2.0842978	CuOx
	33.8	0.273	0.00115514	2.0904827	CuOx
	33.9	0.273	0.00115514	2.0966675	CuOx
	34.0	0.273	0.00115514	2.1028524	CuOx
	34.1	0.273	0.00115514	2.1090373	CuOx
	34.2	0.273	0.00115514	2.1152221	CuOx
	34.3	0.273	0.00115514	2.121407	CuOx
	34.4	0.273	0.00115514	2.1275918	CuOx
	34.5	0.273	0.00115514	2.1337767	CuOx

## LAMPIRAN II

Beberapa nilai jari-jari atom

No	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	Pd	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

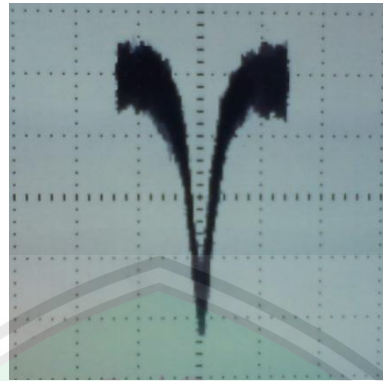
82	Pb	Lead	180	154	202	147
83	Bi	Bismuth	160	143	-	146
84	Po	Polonium	190	135	-	-
85	At	Astatine	-	-	-	-
86	Rn	Radon	-	120	-	145
87	Fr	Francium	-	-	-	-
88	Ra	Radium	215	-	-	-
89	Ac	Actinium	195	-	-	-
90	Th	Thorium	180	-	-	-
91	Pa	Protactinium	180	-	-	-
92	U	Uranium	175	-	186	-
93	Np	Neptunium	175	-	-	-
94	Pu	Plutonium	175	-	-	-
95	Am	Americium	175	-	-	-
96	Cm	Curium	-	-	-	-
97	Bk	Berkelium	-	-	-	-
98	Cf	Californium	-	-	-	-
99	Es	Einsteinium	-	-	-	-
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

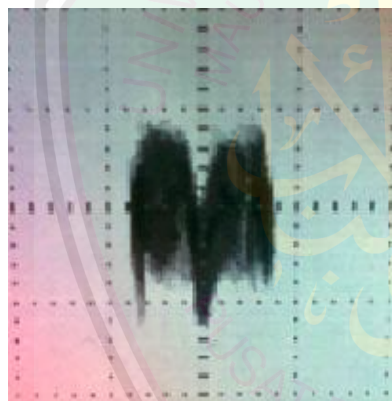
LAMPIRAN III

Gambar Resonansi (*Electron Spin Resonance*) ESR

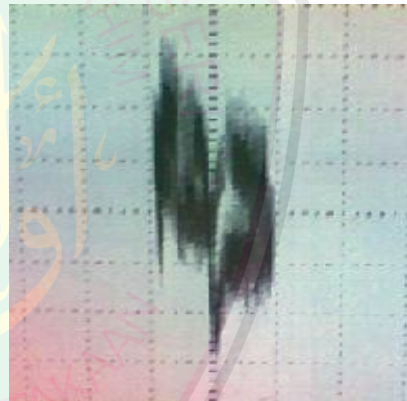


Gambar resonansi DPPH

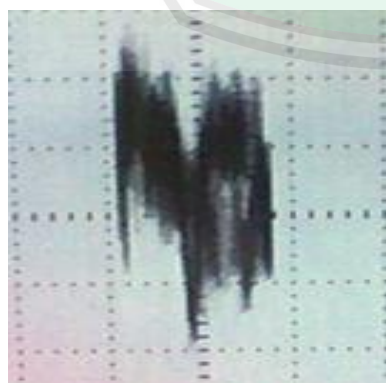
Gambar resonansi rokok kretek non-filter



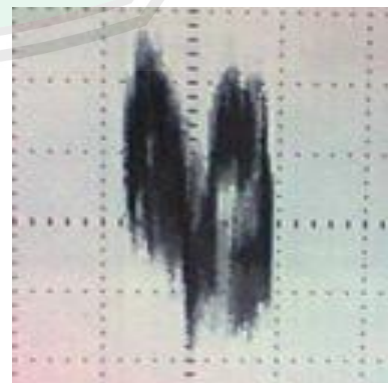
Hidriperoksida



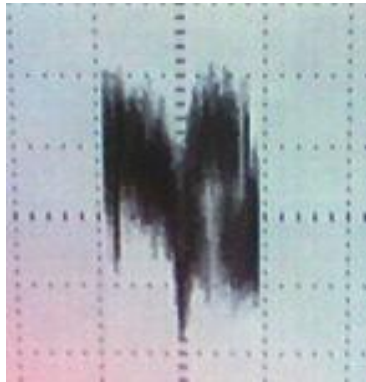
CuOx



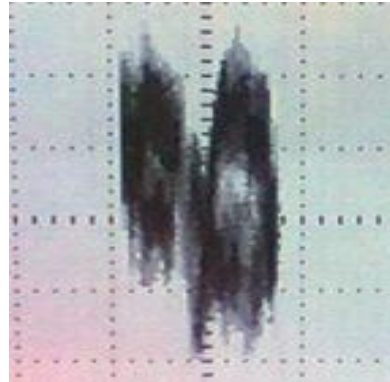
CuGeO<sub>3</sub>



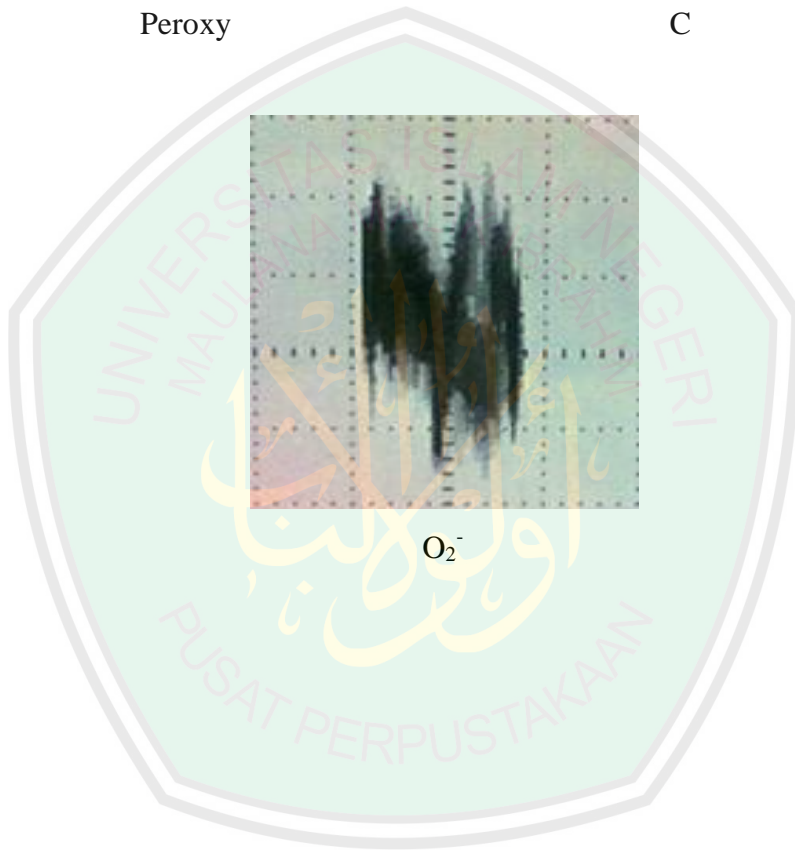
CO<sub>2</sub><sup>-</sup>



Peroxy



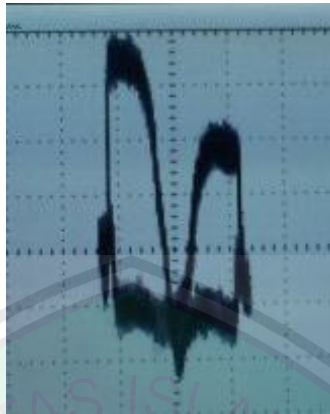
C



$O_2^-$

Gambar resonansi rokok dengan biofilter

Daun zaitun yang dikeringkan panas matahari dengan PEG sebagai matrik

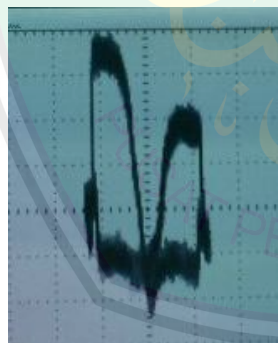


CuOx

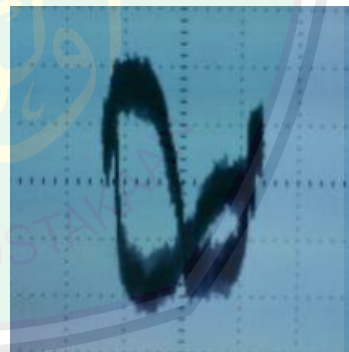
Daun zaitun yang dikeringkan panas matahari dengan putih telur sebagai matrik

Variasi massa serbuk daun zaitun yang diayak 200 mesh

Massa serbuk daun zaitun 0.4 g

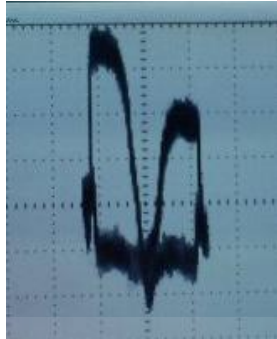


CuOx

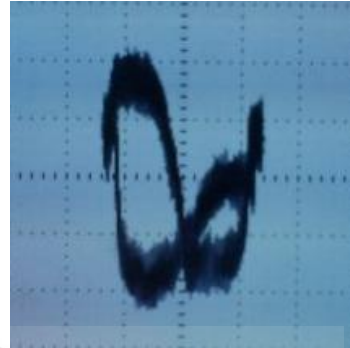


CuGeO<sub>3</sub>

Massa serbuk daun zaitun 0.5 g

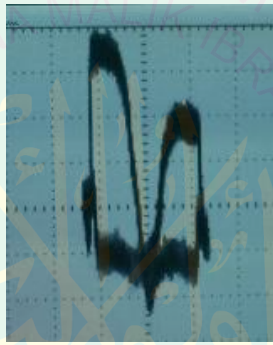


CuOx



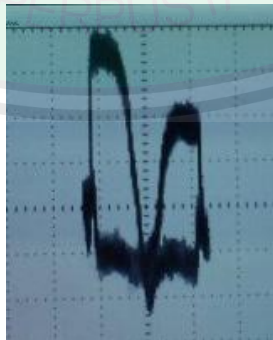
CuGeO<sub>3</sub>

Massa serbuk daun zaitun 0.6 g



CuOx

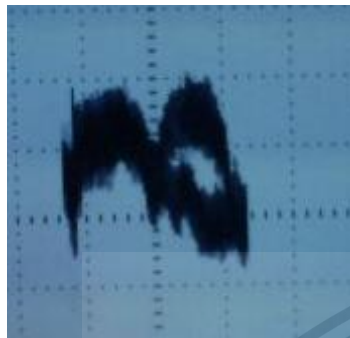
Massa serbuk daun zaitun 0.7 g



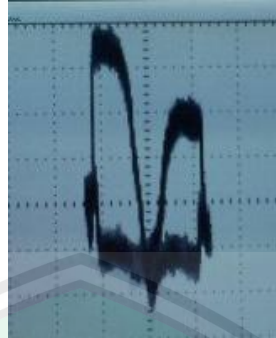
CuOx

Variasi massa serbuk daun zaitun yang diayak 120 mesh

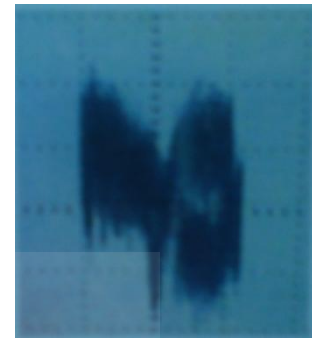
Massa serbuk daun zaitun 0.4 g



$O_2^-$

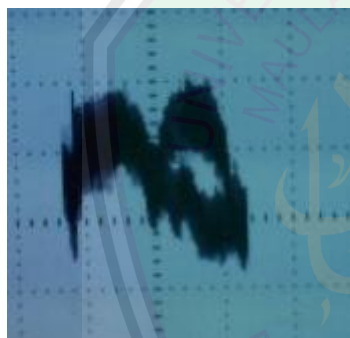


$CuO_x$

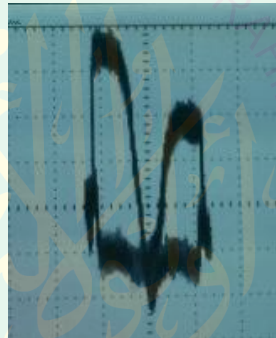


Peroxy

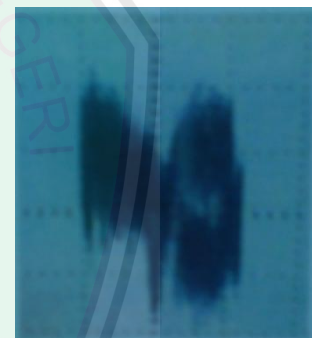
Massa serbuk daun zaitun 0.5 g



$O_2^-$

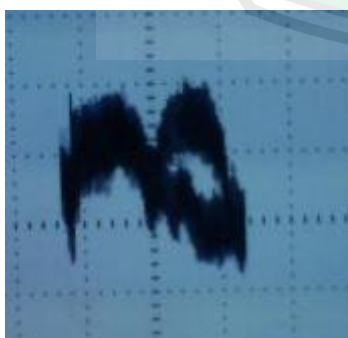


$CuO_x$

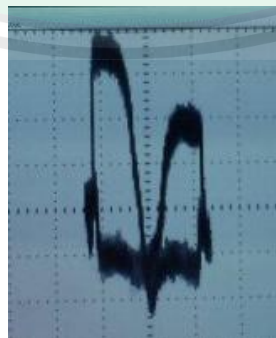


Peroxy

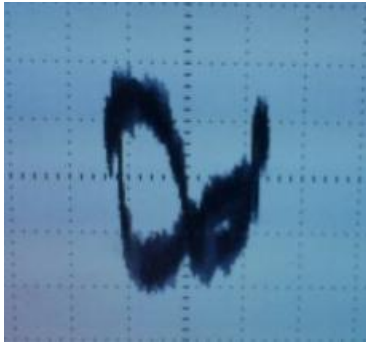
Massa serbuk daun zaitun 0.6 g



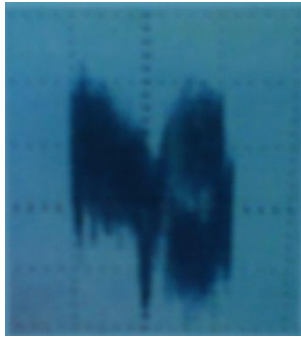
$O_2^-$



$CuO_x$

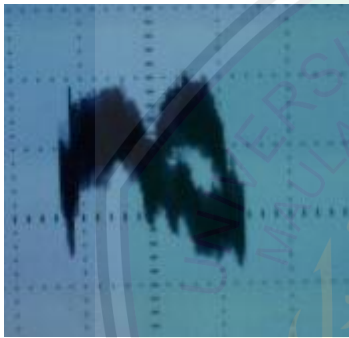


CuGeO<sub>3</sub>

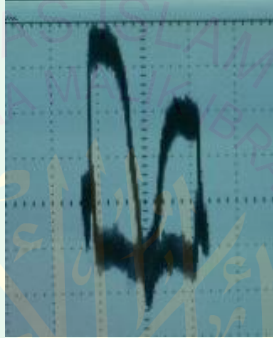


Peroxy

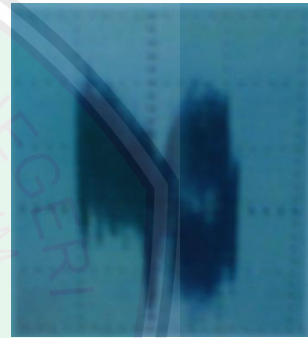
Massa serbuk daun zaitun 0.7 g



O<sub>2</sub><sup>-</sup>

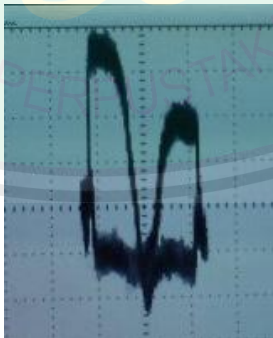


CuOx



Peroxy

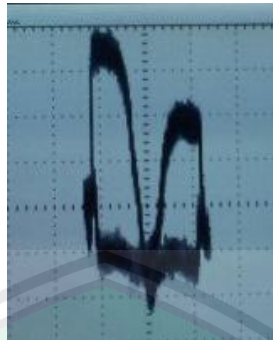
Massa serbuk daun zaitun yang diayak 80 mesh



CuOx

Daun zaitun yang dikeringkan dalam oven suhu 40°C dengan PEG sebagai matrik

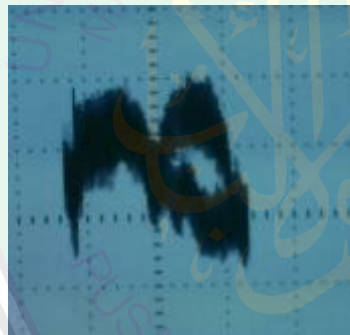
Serbuk daun zaitun yang diayak 200 mesh



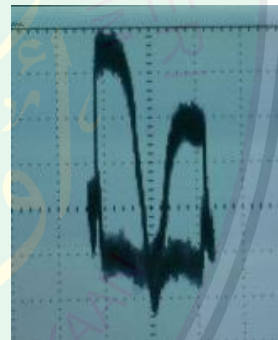
CuOx

Variasi massa serbuk daun zaitun yang diayak 120 mesh

Massa serbuk daun zaitun 0.4 g

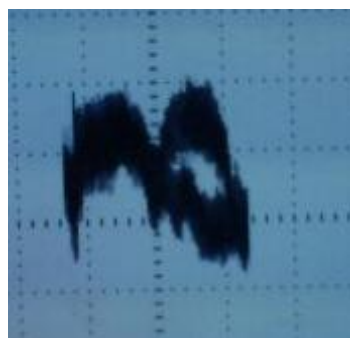


O<sub>2</sub><sup>-</sup>

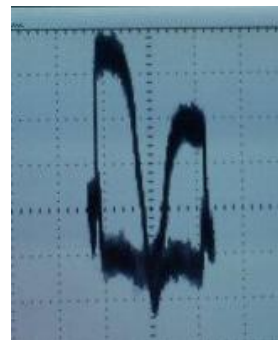


CuOx

Massa serbuk daun zaitun 0.5 g

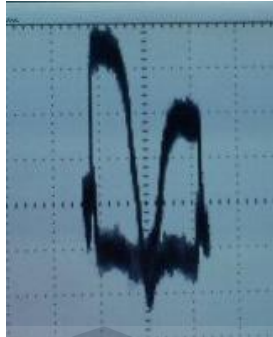


O<sub>2</sub><sup>-</sup>



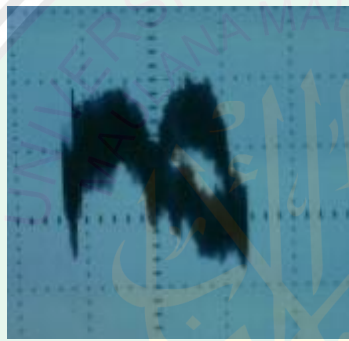
CuOx

Massa serbuk daun zaitun 0.6 g

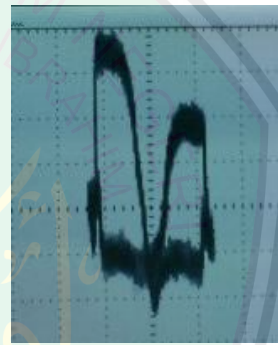


CuOx

Massa serbuk daun zaitun 0.7 g



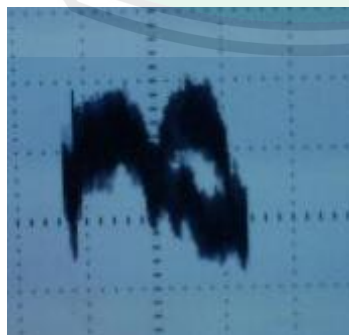
O<sub>2</sub><sup>-</sup>



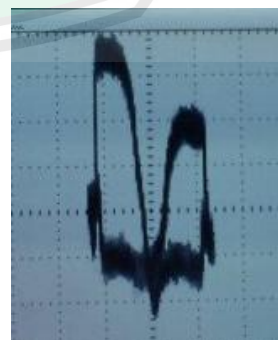
CuOx

Variasi massa serbuk daun zaitun yang diayak 80 mesh

Massa serbuk daun zaitun 0.4 g

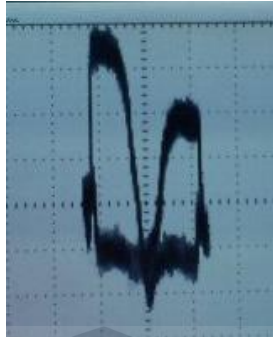


O<sub>2</sub><sup>-</sup>



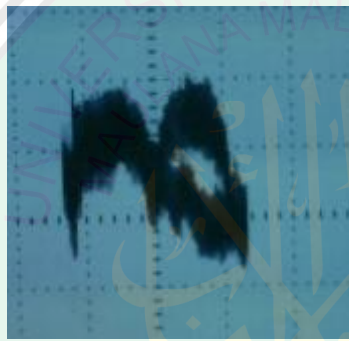
CuOx

Massa serbuk daun zaitun 0.5 g

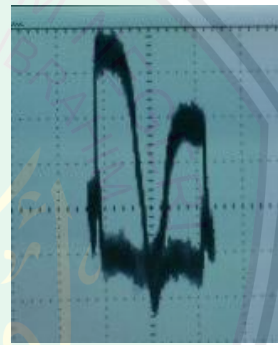


CuOx

Massa serbuk daun zaitun 0.6 g

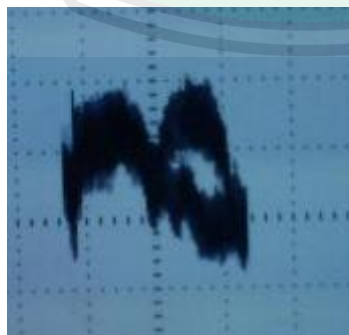


O<sub>2</sub><sup>-</sup>

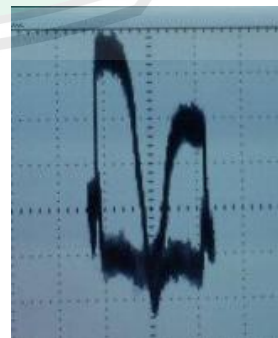


CuOx

Massa serbuk daun zaitun 0.7 g



O<sub>2</sub><sup>-</sup>

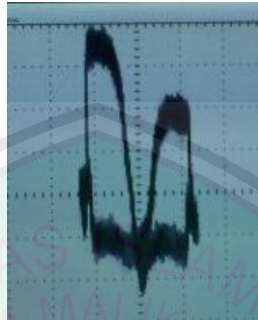


CuOx

Daun zaitun yang dikeringkan dalam oven suhu 40°C dengan putih telur sebagai matrik

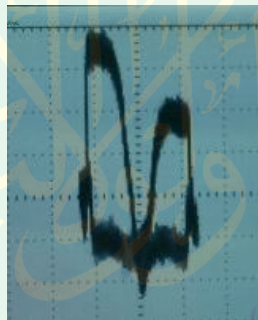
Variasi massa serbuk daun zaitun yang diayak 200 mesh

Massa serbuk daun zaitun 0.4 g



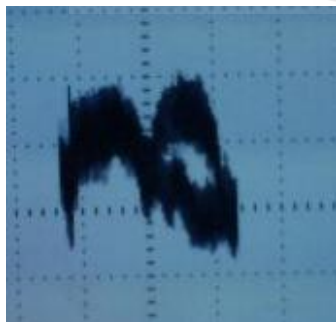
CuOx

Massa serbuk daun zaitun 0.5 g

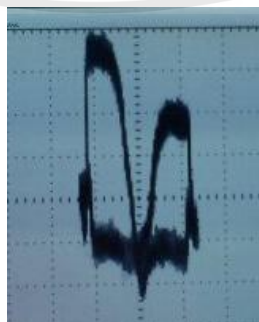


CuOx

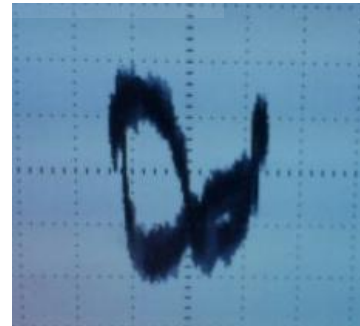
Massa serbuk daun zaitun 0.6 g



O<sub>2</sub><sup>-</sup>



CuOx

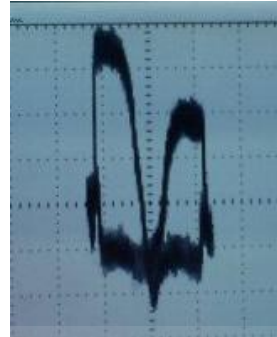


CuGeO<sub>3</sub>

Massa serbuk daun zaitun 0.7 g



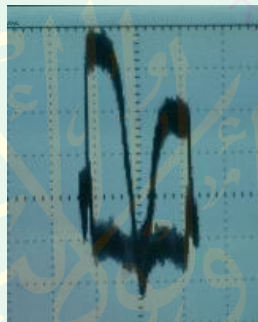
O<sub>2</sub><sup>-</sup>



CuOx

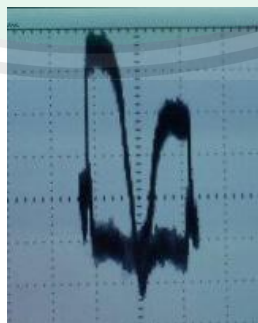
Variasi massa serbuk daun zaitun yang diayak 120 mesh

Massa serbuk daun zaitun 0.4 g



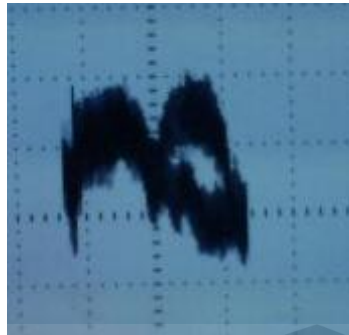
CuOx

Massa serbuk daun zaitun 0.5 g

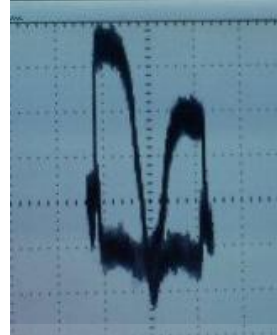


CuOx

Massa serbuk daun zaitun 0.6 g

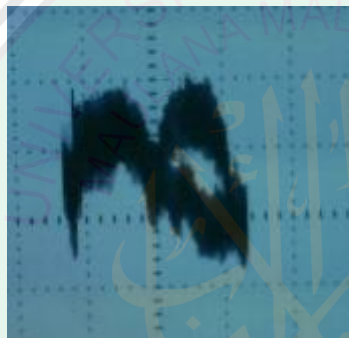


$O_2^-$

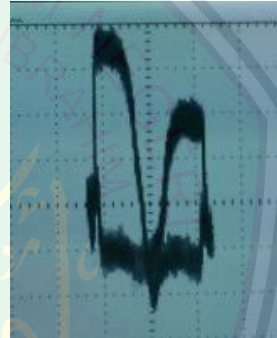


$CuOx$

Massa serbuk daun zaitun 0.7 g

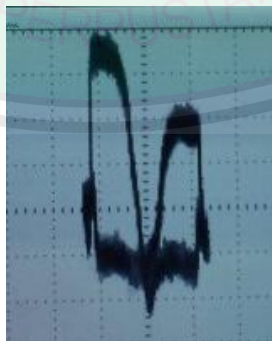


$O_2^-$



$CuOx$

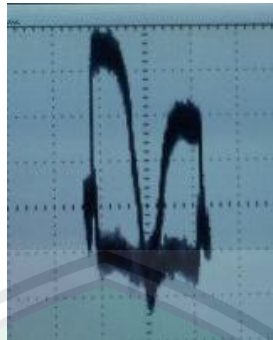
Serbuk daun zaitun yang diayak 80 mesh



$CuOx$

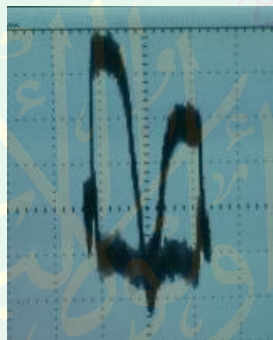
Daun zaitun yang dikeringkan dalam oven suhu 50°C dengan PEG sebagai matrik

Serbuk daun zaitun yang diayak 200 mesh



CuOx

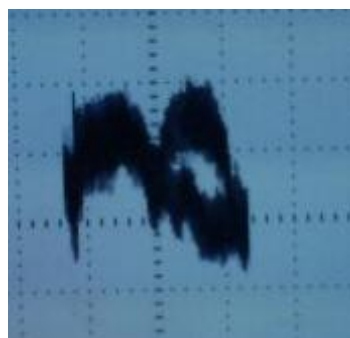
Serbuk daun zaitun yang diayak 120 mesh



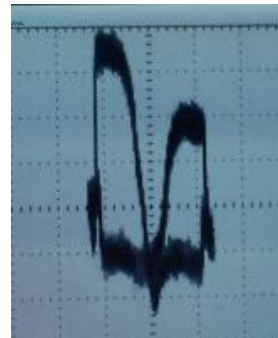
CuOx

Variasi massa serbuk daun zaitun yang diayak 80 mesh

Massa serbuk daun zaitun 0.4 g

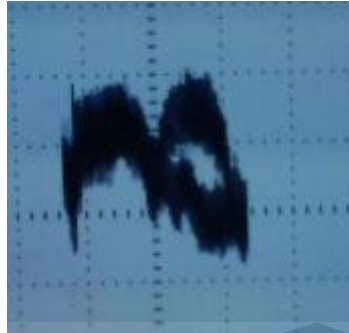


O<sub>2</sub><sup>-</sup>

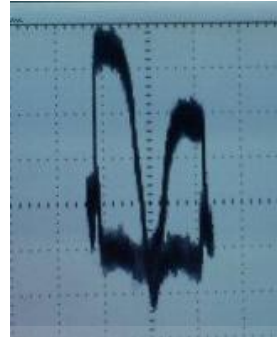


CuOx

Massa serbuk daun zaitun 0.5 g

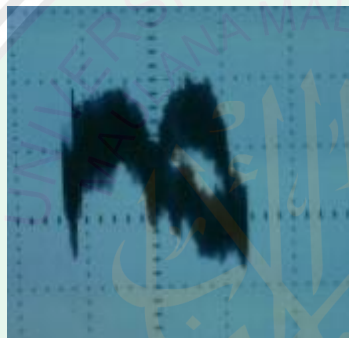


O<sub>2</sub><sup>-</sup>

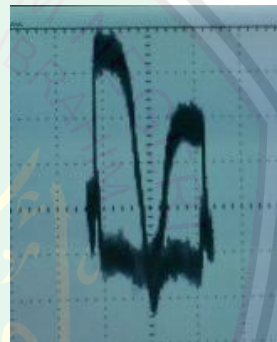


CuOx

Massa serbuk daun zaitun 0.6 g

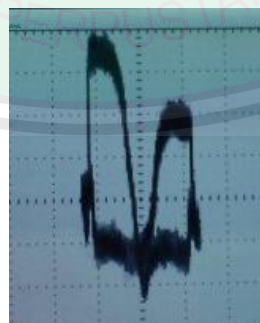


O<sub>2</sub><sup>-</sup>



CuOx

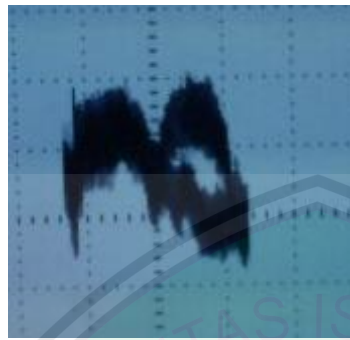
Massa serbuk daun zaitun 0.7 g



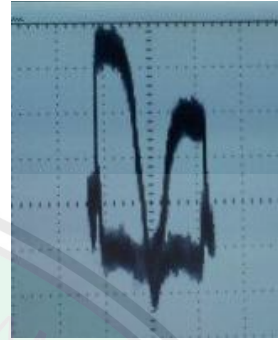
CuOx

Daun zaitun yang dikeringkan dalam oven suhu 50°C dengan putih telur sebagai matrik

Serbuk daun zaitun yang diayak 200 mesh

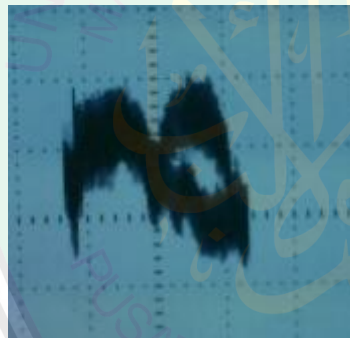


O<sub>2</sub><sup>-</sup>

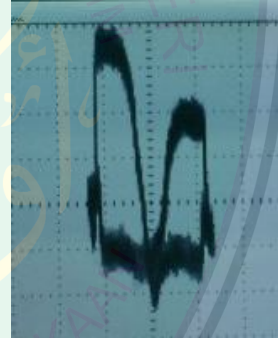


CuO<sub>x</sub>

Serbuk daun zaitun yang diayak 120 mesh

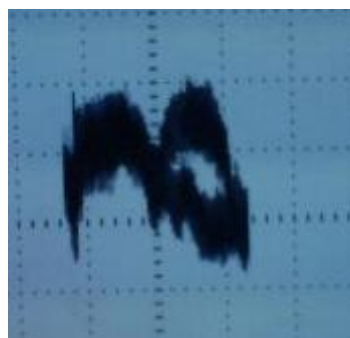


O<sub>2</sub><sup>-</sup>

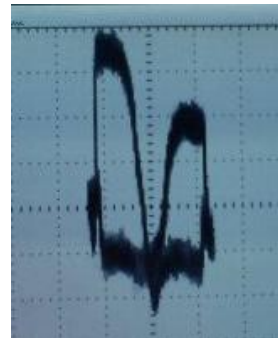


CuO<sub>x</sub>

Serbuk daun zaitun yang diayak 80 mesh



O<sub>2</sub><sup>-</sup>

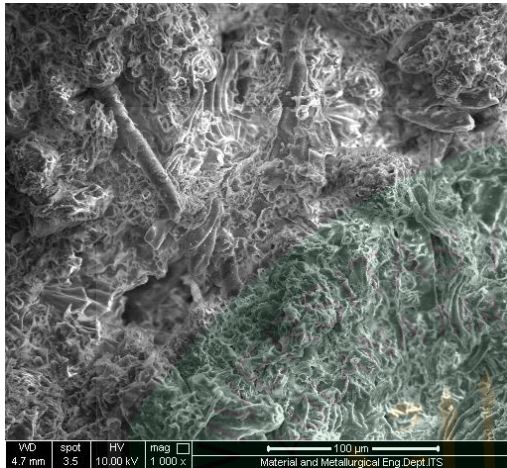


CuO<sub>x</sub>

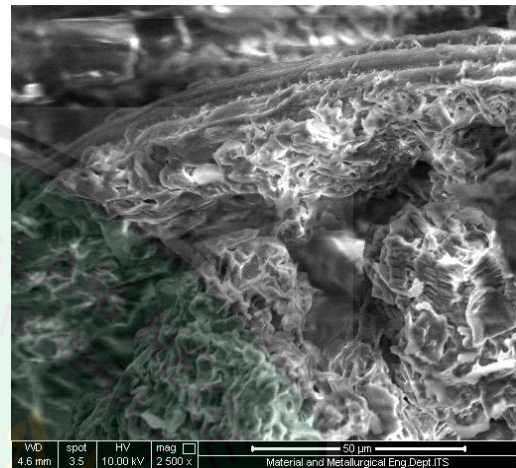
## LAMPIRAN IV

### Gambar SEM

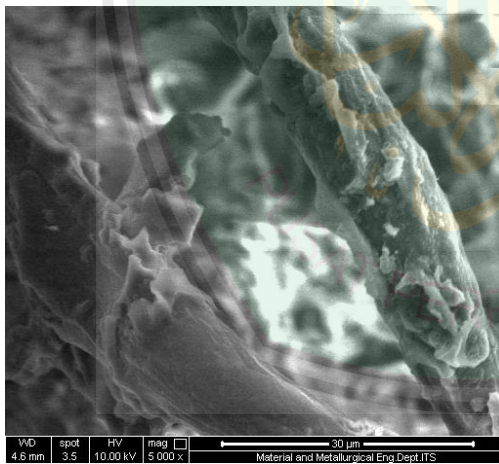
Biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan panas matahari yang di ayak dengan ayakan 200 mesh pada variasi massa 0.5 gr dengan PEG sebagai matriks



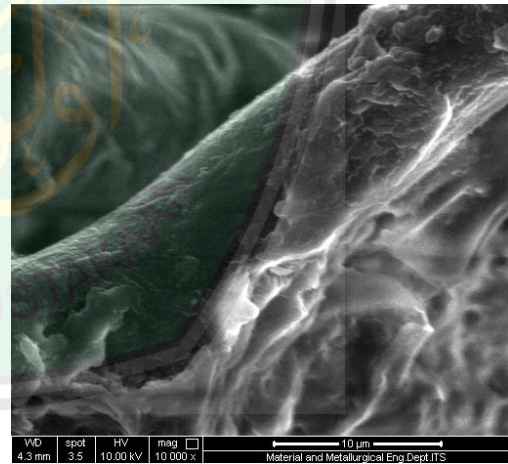
Perbesaran 1000x



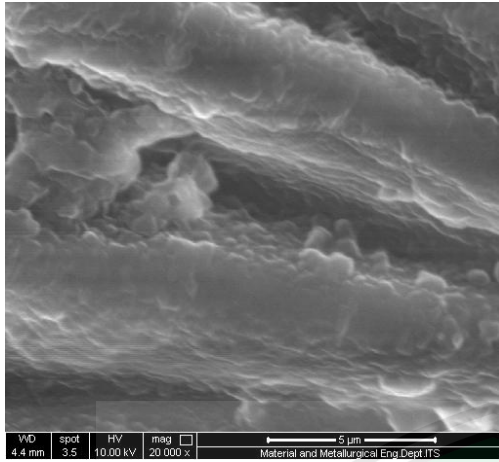
Perbesaraan 2500x



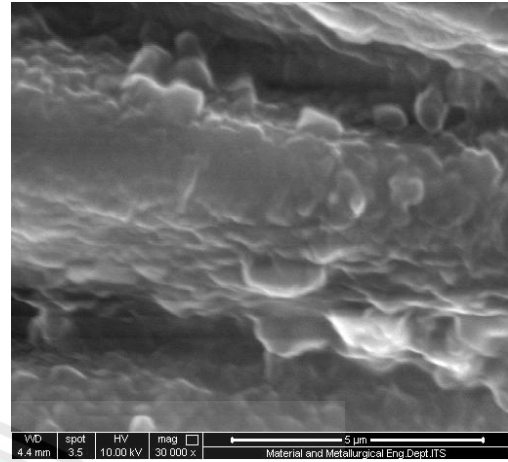
Perbesaran 5000x



Perbesaran 10000x

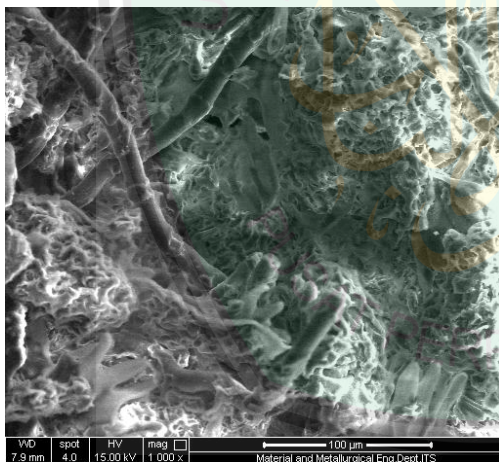


Perbesaran 20000x

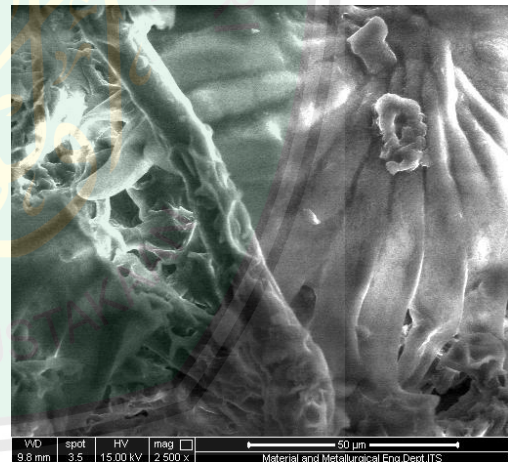


Perbesaran 30000x

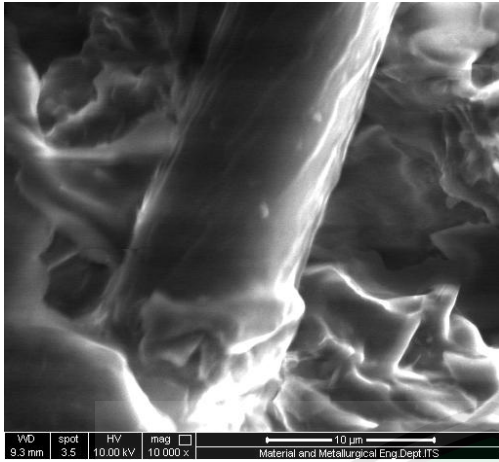
Biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan oven suhu 50°C yang di ayak dengan ayakan 120 mesh pada variasi massa 0.6 gr dengan putih telur sebagai matriks



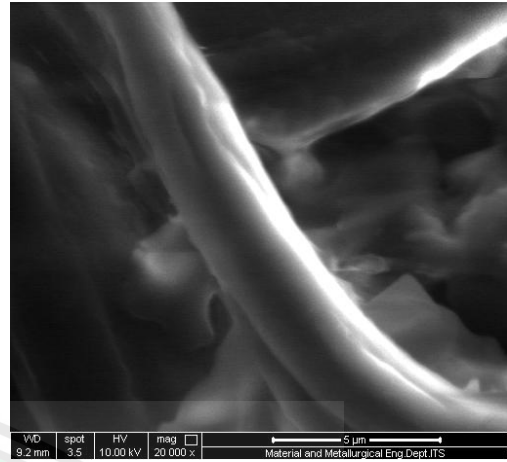
Perbesaran 1000x



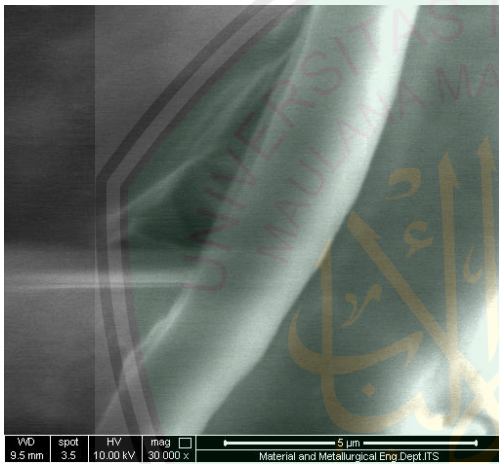
Perbesaran 2500x



Perbesaran 10000x



Perbesaran 20000x

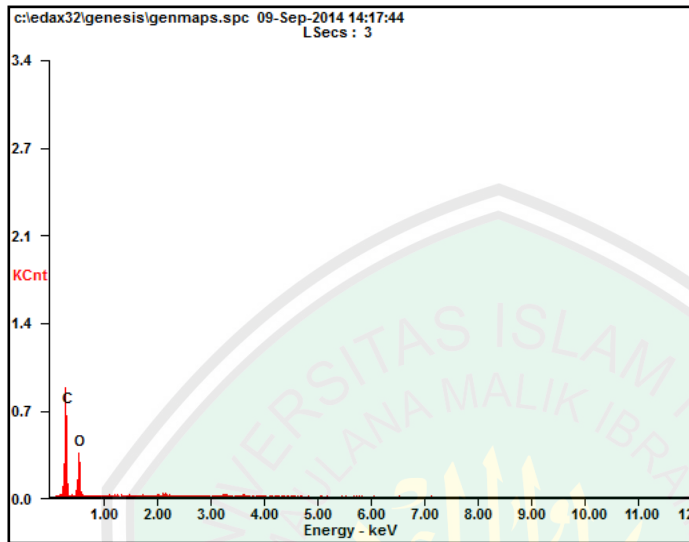


Perbesaran 30000x

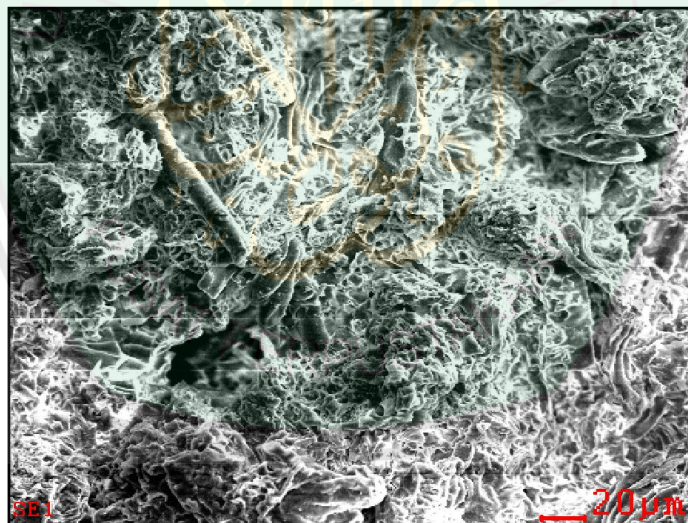


## Hasil EDX

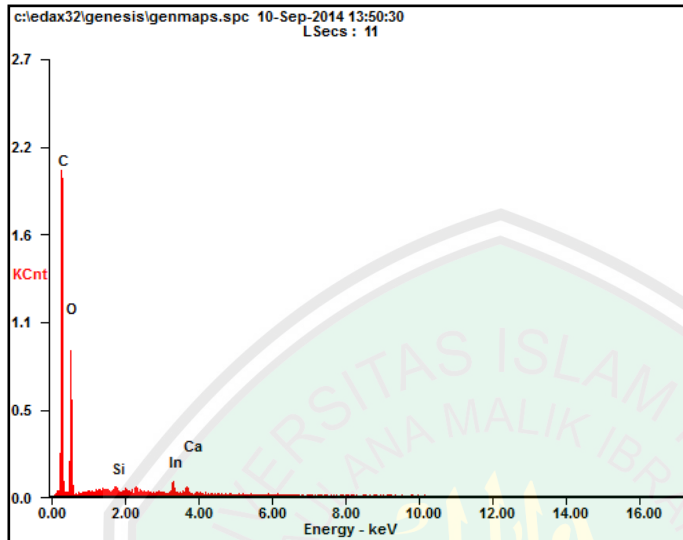
Biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan panas matahari yang di ayak dengan ayakan 200 mesh pada variasi massa 0.5 gr



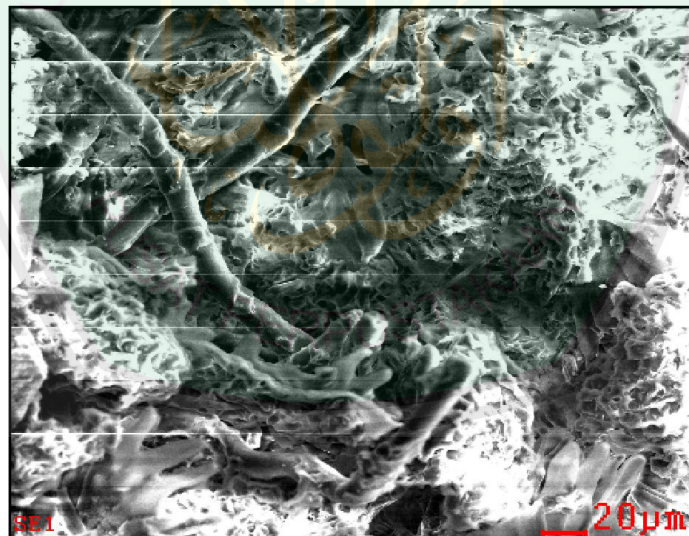
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	52.56	59.61
<i>OK</i>	47.44	40.39
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



Biofilter serbuk daun zaitun yang dikeringkan oven suhu 50°C di ayak dengan ayakan 120 mesh pada variasi massa 0.6 gr dengan putih telur sebagai matriks



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	48.72	58.10
<i>OK</i>	45.70	40.92
<i>SiK</i>	00.41	00.21
<i>InL</i>	04.63	00.58
<i>CaK</i>	00.54	00.19
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



LAMPIRAN V

Dokumentasi Penelitian



Daun Zaitun Segar



Proses penghalusan dengan diblender



Pengayakan dengan 200 Mesh



Serbuk daun zaitun



Alat



Selang (Cetakan)



Pengambilan PEG dengan pipet ukur



Putih Telur



Pencampuran Bahan



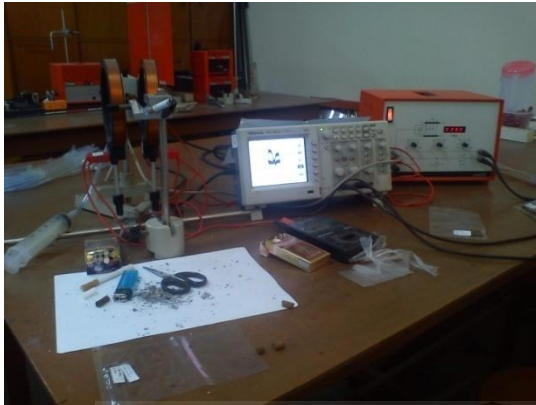
Sampel



Persiapan sampel untuk di oven



Proses pengovenan sampel



Proses pengambilan data ESR



1 set SEM

