

**EFEKTIVITAS BIOFILTER BERBAHAN SABUT KELAPA
DENGAN PENAMBAHAN SERBUK BIJI KURMA DAN SERBUK
BIJI KOPI TERHADAP EMISI PARTIKEL ULTRAFINE DAN
RADIKAL BEBAS ASAP ROKOK**

SKRIPSI

Oleh:
FITRIA NUR CAHYANI
NIM. 13640002



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2017**

**EFEKTIVITAS BIOFILTER BERBAHAN SABUT KELAPA DENGAN
PENAMBAHAN SERBUK BIJI KURMA DAN SERBUK BIJI KOPI
TERHADAP EMISI PARTIKEL ULTRAFINE DAN 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:

**FITRIA NUR CAHYANI
NIM.13640002**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

EFEKTIVITAS BIOFILTER BERBAHAN SABUT KELAPA DENGAN
PENAMBAHAN SERBUK BIJI KURMA DAN SERBUK BIJI KOPI
TERHADAP EMISI PARTIKEL ULTRAFINE DAN RADIKAL BEBAS ASAP
ROKOK

SKRIPSI

Oleh:
FITRIA NUR CAHYANI
NIM. 13640002

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal : 4 Oktober 2017

Pembimbing I



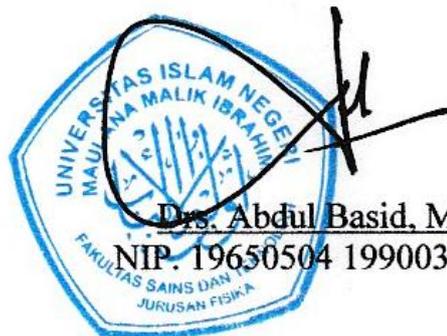
Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes
NIP. 19750808 199903 1 003

Pembimbing II



Umairatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

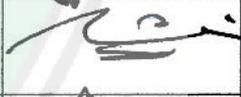
HALAMAN PENGESAHAN

EFEKTIVITAS BIOFILTER BERBAHAN SABUT KELAPA DENGAN PENAMBAHAN SERBUK BIJI KURMA DAN SERBUK BIJI KOPI TERHADAP EMISI PARTIKEL ULTRAFINE DAN RADIKAL BEBAS ASAP ROKOK

SKRIPSI

Oleh:
FITRIA NUR CAHYANI
NIM.13640002

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 23 Oktober 2017

Penguji Utama	: <u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Ketua Penguji	: <u>Khusnul Yakin, M.Si</u> NIDT. 19910103 20160801 1 073	
Sekretaris Penguji	: <u>Dr. H. AgusMulyono, S.Pd, M.Kes</u> NIP. 19750808 199903 1 003	
Anggota Penguji	: <u>Umayyatus Syarifah, M.A</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika


Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : FITRIA NUR CAHYANI
NIM : 13640002
Jurusan : FISIKA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian : Efektivitas Biofilter Berbahan Sabut Kelapa dengan Penambahan Serbuk Biji Kurma dan Serbuk Biji Kopi Terhadap Emisi Partikel *Ultrafine* dan Radikal Bebas Asap Rokok

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, Oktober 2017

Yang Membuat Pernyataan,



FITRIA NUR CAHYANI
NIM. 13640002

MOTTO

**Tak perlu sempurna untuk jadi yang terbaik karena Allah
subhaanahu wa ta'ala menciptakan sesuatu bukan tanpa
alasan**



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Allah Subhaanahu wa ta'ala telah memberikan saya kesempatan untuk dapat mempersembahkan buku sederhana ini untuk keluarga tercinta

Ibu Siti Barokah, Bapak Yasin, Mas Zainul Rachman, dan Mbak Desembri Maya Sinarti

Yang telah memberikan seluruh hasil peluh mereka untuk masa depan saya, ini adalah jerih payah kita bersama. Semoga langkah awal ini menghantarkansaya berperan serta membawa keluarga kita menjadi lebih baik. Aamiin.

Untuk para dosen, laboran serta semua pihak yang mendukung terbitnya skripsi ini, tak ada yang bisa saya ucapkan selain terima kasih Terakhir untuk teman-teman fisika angkatan 2013, teristimewa untuk Sulfi Hudaya Muchtar, Putri Sofiana Rosyada dan Dzawis Siyadah Hidayati yang telah menjadi teman sekaligus sahabat saya selama kuliah, terima kasih telah memberi warna dan mengajarkan saya nilai persahabatan selama 4 tahun terakhir.

Ini bukan akhir dari perjuangan, namun awal dari perjuangan. Semoga kelak kita bertemu kembali. I'm waiting you on the top.

KATA PENGANTAR

AssalamualaikumWr.Wb

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulullah, Nabi besar Muhammad SAW serta para keluarga, sahabat, dan pengikut-pengikutnya. Atas Ridho dan Kehendak Allah SWT, Penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **Efektivitas Biofilter Berbahan Sabut Kelapa dengan Penambahan Serbuk Biji Kurma dan Serbuk Biji Kopi Terhadap Pengurangan Emisi Partikel Ultrafine dan Radikal Bebas Asap Rokok** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains(S.Si) di Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullahhsanaljaza* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat dan inspirasinya sehingga dapat melancarkan dalam proses penulisan Skripsi.
4. Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Umayyatus Syarifah, M.A selaku Dosen Pembimbing Agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan Al-Quran serta Hadits.

6. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.
7. Kedua orang tua, Ibu Siti Barokah dan Bapak Yasin serta kedua saudara yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.
8. Teman-teman Fisika 2013 dan para sahabat terimakasih atas kebersamaan, persahabatan serta pengalaman selama ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat, tambahan ilmu dan dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca, *Aamiin Yaa Rabbal'Alamiin.*
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, Oktober 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
المُلخَص.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Rokok	7
2.1.1 Pengertian Rokok	7
2.1.2 Tembakau	8
2.1.3 Asap Rokok	10
2.1.4 Asap Rokok dan Kesehatan	14
2.2 Biofilter Rokok	15
2.3 Sabut Kelapa	18
2.4 Kurma	23
2.5 Kopi	27
2.6 Daun Waru	30
2.7 Partikel <i>Ultrafine</i>	32
2.8 Radikal Bebas dan Antioksidan	35
2.8.1 Radikal Bebas	35
2.8.2 Antioksidan	39
2.9 <i>Electron Spin Resonance</i>	41
2.10 <i>Scanning Electron Microscopy</i>	45
BAB III METODE PENELITIAN	49
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	49
3.2 Alat dan Bahan	49
3.3 Rancangan Penelitian	51
3.3.1 Diagram Alir Pembuatan Biofilter	51
3.3.2 Diagram Alir Perlakuan	52
3.3.3 Langkah Pembuatan Biofilter	53

3.3.4 Langkah Perlakuan	54
3.4 Teknik Pengambilan Data	58
3.4.1 Teknik Pengambilan Data Radikal Bebas	58
3.4.2 Teknik Pengambilan Data Emisi Partikel <i>Ultrafine</i>	59
3.4.3 Teknik Pengambilan Data Porositas	59
3.5 Analisis Data	60
3.5.1 Analisis Data Uji Radikal Bebas (ESR)	60
3.5.2 Analisis Data Uji Partikel <i>Ultrafine</i>	62
3.5.3 Analisis Data Uji Porositas	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	65
4.1 Data Hasil Penelitian	65
4.1.1 Pembuatan Biofilter	65
4.1.2 Pengujian <i>Electron Spin Resonance</i> (ESR)	67
4.1.3 Pengujian Partikel <i>Ultrafine</i>	70
4.1.4 Pengujian <i>Scanning Ellectron Microscopy</i> (SEM EDX)	75
4.2 Pembahasan.....	78
4.3 Kurma dan Tumbuhan Lainnya dalam Perspektif Islam	87
BAB V PENUTUP	92
5.1 Kesimpulan	92
5.2 Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rokok	7
Gambar 2.2	Proses Pembentukan Asap Rokok	13
Gambar 2.3	Sabut Kelapa	18
Gambar 2.4	Struktur Kimia Selulosa	20
Gambar 2.5	Struktur Kimia Selulosa Asetat	22
Gambar 2.6	Kurma <i>Thoory</i>	23
Gambar 2.7	Rumus Molekul Vitamin E α -tokoferol	26
Gambar 2.8	Biji Kopi Kering	27
Gambar 2.9	Struktur Senyawa <i>Chlorogenic Acid</i>	29
Gambar 2.10	Daun Waru	30
Gambar 2.11	Sketsa Alat ESR	41
Gambar 2.12	<i>Scanning Electron Microscopy</i>	45
Gambar 3.1	Diagram Alir Pembuatan Biofilter	51
Gambar 3.2	Diagram Alir Perlakuan	52
Gambar 3.3	Uji Radikal Bebas Menggunakan Alat ESR	55
Gambar 3.4	Contoh Pengambilan Data Ukur Resonansi ESR	55
Gambar 3.5	Rangkaian Alat Uji Partikel <i>Ultrafine</i>	56
Gambar 3.6	<i>Scanning Electron Microscopy</i>	57
Gambar 4.1	Sketsa Pengujian Partikel <i>Ultrafine</i>	71
Gambar 4.2	Hubungan Jumlah Partikel <i>Ultrafine</i> dengan Variasi Komposisi Serbuk Biji	74
Gambar 4.3	Hubungan Variasi Komposisi Massa Serbuk Biji Terhadap Porositas Biofilter Sabut Kelapa	75
Gambar 4.4	Hasil SEM Pembesaran 1000x	76
Gambar 4.5	Hasil EDX Titik Pertama	77
Gambar 4.6	Hasil EDX Titik Kedua	77
Gambar 4.7	Hasil EDX Titik Ketiga	78
Gambar 4.8	Reaksi <i>Gallic Acid</i> dan <i>Peroxy</i>	81

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Radikal Bebas	58
Tabel 3.2 Data Emisi Partikel <i>Ultrafine</i>	59
Tabel 3.3 Data Porositas	60
Tabel 3.4 Nilai Faktor g	62
Tabel 4.1 Hasil Uji Radikal Bebas Biofilter Sabut Kelapa Biji Kopi.....	69
Tabel 4.2 Hasil Uji Radikal Bebas Biofilter Sabut Kelapa Biji Kurma.....	70
Tabel 4.3 Hasil Uji Partikel <i>Ultrafine</i> Biofilter Sabut Kelapa Biji Kopi.....	73
Tabel 4.4 Hasil Uji Partikel <i>Ultrafine</i> Biofilter Sabut Kelapa Biji Kurma.....	73
Tabel 4.5 Hasil Uji Porositas Biofilter	75



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Proses Pengambilan Data
- Lampiran 2 Data Hasil ESR
- Lampiran 3 Data Hasil Uji Partikel *Ultrafine*
- Lampiran 4 Data Hasil Uji SEM EDX
- Lampiran 5 Data Hasil Uji Porositas



ABSTRAK

Cahyani, Fitria Nur. 2017. **Efektifitas Biofilter Berbahan Sabut Kelapa dengan Penambahan Serbuk Biji Kurma dan Serbuk Biji Kopi Terhadap Emisi Partikel *Ultrafine* dan 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, Pembimbing II: Umayatus Syarifah, M.A

Kata kunci: Sabut Kelapa, Biofilter, Biji Kurma, Biji Kopi, Partikel *Ultrafine*, Radikal Bebas Asap Rokok

Asap rokok menjadi salah satu buangan buruk yang berbahaya bagi kesehatan namun rokok masih dipertahankan dikarenakan faktor ekonomi, sosial, dan budaya. Dalam mengurangi keluaran buruk rokok, maka perlu dilakukan penyaringan (filter) seperti yang sudah dilakukan produsen rokok dengan memanfaatkan selulosa asetat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas biofilter berbahan sabut kelapa sebagai sumber selulosa alami dengan penambahan komposisi serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi sebagai sumber antioksidan untuk mengurangi emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas asap rokok. Pembuatan biofilter dengan mencampurkan serbuk biji dengan sabut kelapa menggunakan daun waru (*Hibiscus tiliaceus*) sebagai matriks, kemudian dicetak di dalam sebuah selang. Matriks daun waru digunakan sebagai sumber antioksidan dan perekat alami. Variasi komposisi serbuk biji mulai dari 10% hingga 50% dan matriks yang diberikan sebanyak 0,5 ml. Pengujian radikal bebas menggunakan ESR, pengujian partikel *ultrafine* menggunakan kombinasi alat Anemomaster, Filter N95 dan *Electric Air Pump*. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa adanya pengaruh penambahan variasi komposisi bahan serbuk biji terhadap emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas asap rokok. Pada komposisi 40% serbuk biji kopi dan 60% sabut kelapa menjadi komposisi terbaik dalam mengurangi radikal bebas, sedangkan pada komposisi 50% serbuk biji kurma dan 50% sabut kelapa menjadi komposisi terbaik dalam mengurangi partikel *ultrafine*. Semakin ditambahkan komposisi serbuk biji, maka biofilter semakin efektif dalam mengurangi emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas asap rokok.

ABSTRACT

Cahyani, Fitria Nur. 2017. **Effectivity of Coco Peat Biofilter with Additions of Date Seed Powder and Coffee Seed Powder to Ultrafine Particle Emission and Free Radical of Cigarette Smoke**. Essay. Department of Physics. Science and Technology Faculty. State Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes, Supervisor II: Umaiatus Syarifah, M.A

Keywords: Coco Peat, Biofilter, Date Seed, Coffee Seed, Ultrafine Particle, Free Radicals of Cigarette Smoke

Cigarette smoke had become one of the bad diseases that were harmful for our health, but cigarette production is still maintained due to economic, social and cultural factor. In reducing bad emission of cigarette, it was therefore necessary to filter as the cigarette manufacturers have done by utilizing cellulose acetate as the basic materials. The purpose of this research was to determine the effectivity of coco peat biofilter as natural cellulose source with addition of date seed powder and coffee seed powder as antioxidant source to decrease ultrafine particle emission and free radical of cigarette smoke. Making biofilter is mixed coco peat with seed powder by using waru leaves (*Hibiscus tiliaceus*) as matrix, then formed with hose. Waru leaf are used as a source of antioxidant and natural adhesives. Free radical test using ESR tool, ultrafine particle test using Anemomaster, Filter N95 and Electric Air Pump combination tools. Variation of seed powder composition start from 10% up to 50% and given matrix as much 0,5 ml. The result of the research shows that any effect of the addition of seed powder to ultrafine particle emission and free radical cigarette smoke. The best variation composition of free radical test is 40% coffee powder and 60% coco peat, then the best variation composition of ultrafine particle test is 50% date powder and 50% coco peat. If the composition of seed powder is added, the ultrafine particle emission and free radical of cigarette smoke will decrease.

ملخص

جاحياني، فطريا نور. **فاعلية بيوفيلتار بمادة لحاء جوز الهند بزيادة بارود بذر تمرّة ويبّن لانبعاث جسيم متناهية الصغر والجدور الحرة في دخان السجائر. البحث الجامعي.** شعبة علم الفيزياء كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم مالانج الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: الدكتور الحاج أغوس موليونو، الماجستير

الكلمات الرئيسية: لحاء جوز الهند، بيوفيلتار، بذر تمرّة، برّ، جسيم متناهية، حرّة دخان السجائر.

دخان السجائر هو واحد من أسوأ الأمراض التي تضر بالصحة ولكن السجائر لا تزال قائمة بسبب العوامل الاقتصادية والاجتماعية والثقافية. في الناتج سيئة الحد من التدخين، فمن الضروري ترشيح (فلتر) كما حدث مصنعي السجائر للاستفادة من خلاصات السليلوز. وكان الغرض من هذه الدراسة هو تحديد مدى فعالية بيولوجي مصنوعة من قشر جوز الهند كمصدر من السليلوز الطبيعي مع إضافة بذور النخيل تكوين مسحوق والقهوة مسحوق الفول كمصدر لمضادات الأكسدة للحد من الانبعاثات من الجسيمات متناهية الصغر والجدور خالية من التدخين. جعل بيولوجي عن طريق خلط بذور مع مسحوق قشر جوز الهند باستخدام الكركديه نبات (الكركديه) في شكل مصفوفة، ثم طبعت في خرطوم. وتستخدم مصفوفة ورقة وارو كمصدر لمضادات الأكسدة والمواد اللاصقة الطبيعية. الاختلافات في تكوين مساحيق البذور تتراوح بين ١٠٪ إلى ٥٠٪ ومصفوفة تعطى بقدر ٥،٠ مل. اختبار الجدور الحرة باستخدام إسر، متناهية الصغر اختبار الجسيمات باستخدام مزيج من أدوات أنيماستر، تصفية N95 والمضخة الكهربائية الكهربائية. وأظهرت نتائج الاختبار أن تأثير إضافة الاختلاف في تكوين مسحوق البذور إلى انبعاث الجسيمات متناهية الصغر والجدور خالية من الدخان. على تكوين حبة البن مسحوق ٤٠٪ و ٦٠٪ كوكو يكون أفضل تكوين في الحد من الجدور الحرة، في حين أن تكوين مسحوق بذور النخيل ٥٠٪ و ٥٠٪ كوكو يكون أفضل تكوين في الحد من جزيئات متناهية الصغر. التركيبة المضافة من مسحوق البذور، والمرشح الحيوي هو أكثر فعالية في الحد من انبعاث الجسيمات متناهية الصغر والجدور خالية من الدخان.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rokok merupakan bahan yang mengandung nikotin dan tar dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya, dikenal sebagai bahan yang dapat menimbulkan kerugian pada faktor sosial, ekonomi serta kesehatan pada konsumen dan non konsumen pada usia dewasa, lansia dan muda (PP No 81, 1999). Keberadaan rokok semakin tersisihkan akibat pernyataan bahwa rokok atau merokok merupakan kegiatan yang tidak berguna dan membahayakan diri sendiri. Kandungan asap rokok yang terhisap maupun tidak, diketahui memiliki berbagai macam jenis senyawa yang besar diantaranya beracun bagi tubuh.

Keberadaan rokok masih tetap dipertahankan di tengah polemik faktor kesehatan. Hal ini menunjukkan adanya keraguan pemerintah untuk menghentikan produksi rokok. Keraguan tersebut muncul dikarenakan kegiatan perdagangan rokok di Indonesia berhasil menjadi salah satu tulang punggung stabilitas perekonomian negara. Selain itu, bahan utama pembuatan rokok, yaitu tembakau merupakan salah satu komoditi sektor perkebunan terbesar Negara Indonesia yang sebagian besar digunakan untuk bahan isian rokok. Produksi rokok juga berhasil membuka banyak lowongan pekerjaan khususnya bagi masyarakat dengan perekonomian menengah ke bawah. Oleh karena itu, pro-kontra asap rokok tidak bisa diselesaikan dari salah satu sudut pandang saja, namun harus dipandang secara komprehensif (Gretha Z & Sutiman BS, 2011).

Salah satu usaha untuk tetap mempertahankan eksistensi rokok dari polemik tersebut adalah dengan penambahan filter (penyaring) untuk mengurangi pengaruh buruk asap rokok. Filter yang digunakan kebanyakan produsen rokok merupakan bahan sintesis dari campuran monofilamen dan selulosa asetat. Bahan filter tersebut sudah mampu mengurangi 40-50 % kadar tar dan nikotin pada asap rokok jika dibandingkan dengan rokok non-filter (Borgerding dan Klus, 2005). Namun, akibat pembuatannya yang memanfaatkan bahan-bahan kimia, menjadikan filter rokok tidak mudah untuk diuraikan atau didaur ulang sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan. Selain itu, bahan utamanya yaitu selulosa asetat merupakan bahan yang memiliki peranan penting pada hampir semua industri, seperti industri rokok, industri tekstil, plastik dan sebagainya. Negara Indonesia merupakan negara berkembang dengan perdagangan rokok dan tekstil yang berpengaruh di dunia, namun kebutuhan akan bahan produksi seperti selulosa asetat masih dapat terpenuhi dengan cara mengimpor dari beberapa negara maju. Hal ini mengakibatkan kebutuhan akan selulosa asetat dalam negeri cukup besar dan memberatkan biaya APBN.

Upaya peneliti dalam negeri saat ini salah satunya adalah untuk menemukan solusi sistem filtrasi asap rokok yang mudah diaplikasikan, ramah lingkungan dan yang pasti ekonomis. Sistem tersebut biasa disebut dengan biofilter, dimana bahan-bahannya berasal dari tumbuh-tumbuhan alami dan meminimalisir penggunaan bahan kimia di dalamnya. Biofilter dibuat dan diaplikasikan pada rokok untuk dapat menangkap pengaruh buruk asap rokok seperti kandungan nikotin, tar, radikal bebas dan berbagai senyawa kimia berbahaya lainnya. Proses

pembuatannya yang mudah serta bahan-bahannya yang mudah diperoleh membuat biofilter menjadi salah satu solusi terbaru dalam teknologi filtrasi yang ramah lingkungan, aplikatif serta efisien.

Penelitian Sutiman tahun 2007 tentang peluruhan radikal bebas pada asap rokok, berhasil menemukan *divine cigarette* yaitu filter rokok yang mampu mengubah keluaran asap berbahaya rokok menjadi lebih bersih dan tidak reaktif bagi konsumen maupun non-konsumen. *Devine cigarette* mengandung senyawa aktif yang dapat menangkap atau menyaring kandungan Hg pada asap keluaran rokok sehingga membuat asap rokok menjadi lebih bersih (Sutiman, 2011).

Penelitian Ferdian Fasliah pada tahun 2013 tentang filter rokok berbahan dasar sabut kelapa yang mengandung selulosa alami sebagai pengganti peran selulosa asetat. Dalam penelitiannya dihasilkan bahwa faktor emisi partikel *ultrafine* menjadi lebih rendah apabila densitas filter sabut kelapa semakin ditambahkan. Beberapa penelitian menyatakan bahwa polimer alam dengan susunan rantai gula tersebut dapat ditemukan di berbagai jenis tanaman dengan kadar yang berbeda-beda. Salah satunya ada pada sabut kelapa yang mengandung 43,44 % selulosa alami. Polimer alam dengan rantai panjang ini tersusun dari jenis rantai gula (Amelia, 2009).

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Bilkis Rizqiyah (2013) yang melakukan penelitian tentang biofilter berbahan biji kurma. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa perbedaan cara pengeringan biji mempengaruhi efektivitas biofilter dalam mengurangi radikal bebas. Hasil pengeringan dengan cara penyangraian menjadi yang terbaik. Biji kurma digunakan sebagai bahan

isian biofilter karena adanya kandungan antioksidan di dalam biji kurma sehingga diharapkan dapat menangkal radikal bebas asap rokok.

Peneliti ingin melanjutkan penelitian sebelumnya, yaitu menggunakan biji kurma dan biji kopi yang mempunyai kemungkinan untuk dijadikan bahan dasar biofilter. Untuk menambah performa biofilter, peneliti juga menambahkan sabut kelapa sebagai bahan campuran kedua bahan, dengan hipotesa biofilter dapat mengurangi partikel *ultrafine* dan radikal bebas yang dihasilkan asap pembakaran rokok

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 SWT) bagi kaum yang memikirkan.” (Q.S. an-Nahl (16): 11)

Surat an-Nahl (16): 11 merupakan salah satu firman Allah SWT yang menerangkan bahwa, Allah SWT menumbuhkan bagi para penduduk bumi tanam-tanaman seperti zaitun, kurma, anggur dan segala macam jenis buah-buahan yang penciptaannya pasti bermanfaat bagi manusia dan penduduk bumi lainnya. Salah satu manfaatnya adalah buah-buahan seperti kurma dapat digunakan sebagai bahan biofilter untuk membantu meminimalisir keluaran buruk asap rokok karena kandungan antioksidan di dalamnya. Terdapat juga sabut kelapa yang dimanfaatkan sebagai bahan bioabsorben, serta kopi yang merupakan sumber antioksidan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana efektifitas filter berbahan sabut kelapa dengan penambahan serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi dalam pengurangan jumlah emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas yang ditimbulkan asap rokok?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi pada filter sabut kelapa yang efektif dalam mengurangi jumlah emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas yang ditimbulkan asap rokok?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui efektifitas filter berbahan sabut kelapa dengan penambahan serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi dalam pengurangan jumlah emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas yang ditimbulkan asap rokok.
2. Mengetahui pengaruh variasi komposisi serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi pada filter sabut kelapa yang efektif dalam mengurangi emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas yang ditimbulkan asap rokok.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Diharapkan dapat mengurangi limbah sabut kelapa dan biji kurma yang terbang sia-sia.
2. Biofilter alami tanpa campuran bahan kimia dapat membantu konsumen dan non-konsumen rokok agar terhindar dari pengaruh negatif asap rokok, serta bahannya yang alami membuat biofilter ini ramah lingkungan.
3. Informasi yang berkaitan dengan pembuatan biofilter sabut kelapa dengan campuran serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi dapat dijadikan referensi

untuk proses pembuatan filter alami tanpa melalui tahap kimiawi sehingga tidak mencemari lingkungan dan lebih terjamin kesehatannya.

1.5 Batasan Masalah

1. Komposit biofilter akan dibuat menjadi dua komposisi, yang pertama merupakan campuran sabut kelapa dengan serbuk biji kurma dan yang kedua merupakan campuran sabut kelapa dengan serbuk biji kopi.
2. Komposisi biofilter sabut kelapa dan serbuk biji kurma sama dengan komposisi biofilter sabut kelapa dan serbuk biji kopi yaitu 0,2 gram dengan variasi perbandingan; (sabut kelapa:serbuk biji): (9:1); (8:2); (7:3); (6:4); (5:5).
3. Ukuran ayakan untuk sabut kelapa adalah 30 mesh, untuk serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi adalah 250 mesh.
4. Matriks yang digunakan adalah air perasan daun waru dengan komposisi tetap yaitu sebanyak 0,5 ml.
5. Kedua jenis biofilter yang akan diuji akan digunakan untuk menangkap partikel *ultrafine* dan radikal bebas dari asap rokok dan tidak meneliti efek emisi partikel *ultrafine* dan radikal asap rokok terhadap biofilter.
6. Asap rokok yang akan digunakan sebagai bahan uji adalah asap *mainstream* hasil emisi pangkal batang rokok yang akan dilewatkan menuju biofilter rokok terlebih dahulu dan kemudian akan diuji emisi yang keluar atau lolos dari biofilter.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rokok

2.1.1 Pengertian Rokok



Gambar 2.1 Rokok
(<https://id.wikipedia.org/wiki/Rokok>)

Rokok kretek menjadi salah satu hasil karya warisan nenek moyang Indonesia dan menjadi salah satu tradisi murni bangsa. Bercocok tanam tembakau dan merokok merupakan identitas bangsa yang tidak akan mudah untuk diubah begitu saja. Perdagangan rokok sudah menjadi salah satu tulang punggung perekonomian negara dan menjadi penyumbang devisa terbesar nomor 2 setelah tekstil. Seiring banyaknya penelitian yang dilakukan oleh para ahli, muncul keraguan dan pro-kontra rokok di masyarakat. Peneliti dan masyarakat sudah lama mengetahui bahwa rokok dan asap rokok merupakan produk yang mampu menyebabkan berbagai macam penyakit degeneratif. Beberapa penelitian menyatakan bahwa mengkonsumsi rokok menyebabkan gangguan kesehatan baik secara fisiologis maupun genetik. Akan tetapi, diantara komponen-komponen tersebut masih ada komponen-komponen tidak berbahaya bagi kesehatan (Albert et al, 1994).

Rokok adalah campuran dari tembakau yang dibungkus kertas berbentuk silinder. Produksi emisi dari pembakaran rokok merupakan gabungan dari proses pirolisis dan proses destilasi (Fisher, 1999). Proses destilasi merupakan proses yang terjadi pertama kali di bagian ujung rokok, proses destilasi dipengaruhi langsung oleh udara luar dengan suhu lebih dari 800 °C. Sebaliknya, proses pirolisis berlangsung di tengah batang rokok, dimana proses pembakaran tanpa adanya peran oksigen dengan suhu kurang dari 800 °C. Proses pirolisis inilah yang merupakan proses pemecahan senyawa-senyawa kimia rokok menjadi lebih dari 5000 senyawa kimia yang beberapa diantaranya beracun. Jika senyawa tersebut memasuki tubuh, maka dengan mudah senyawa-senyawa kimia tersebut berdifusi ke dalam darah dan menyebar ke seluruh jaringan tubuh (Norman, 1977).

2.1.2 Tembakau

Bahan utama pembuatan rokok adalah tembakau (*Nicotiana tobacum*). Kebanyakan hasil perkebunan tembakau di Indonesia digunakan sebagai bahan rokok, dimana asap dari pembakaran tembakau menjadi media pemuas kenikmatan bagi konsumen. Dari 2500 komponen yang sudah teridentifikasi, ada beberapa komponen yang dapat mempengaruhi mutu produksi rokok. Rokok dengan mutu tembakau yang baik memiliki tembakau yang beraroma harum, rasa isap yang ringan serta menyegarkan. Zat-zat yang berpengaruh pada mutu tembakau diantaranya (Hiroe eta al., 1975; Tso, 1999):

1. Persenyawaan nitrogen (nikotin, protein)

Nikotin (β -pyridil- α -methylpyrrolidine) merupakan senyawa organik spesifik yang terkandung dalam daun tembakau. Apabila dihisap, senyawa ini akan menimbulkan rangsangan psikologis dan membuat perokok menjadi ketagihan. Kandungan nikotin dalam tembakau mempengaruhi kualitas isap dalam asap rokok. Semakin tinggi kadar nikotin, maka rasa isapnya akan semakin berat. Protein membuat rasa isap sangat pedas dan menggigit, sehingga selama produksi (*curing*) senyawa ini akan dirombak menjadi senyawa lain seperti amida dan asam amino.

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

Pati, pektin, dan selulosa merupakan senyawa bertenaga tinggi yang merugikan aroma dan rasa isap, sehingga selama produksi akan dirombak menjadi senyawa gula. Gula mempunyai peranan penting dalam meringankan rasa isap rokok, tetapi apabila berlebihan akan menyebabkan rasa panas dan iritasi pada kerongkongan serta menyebabkan tembakau mudah menyerap lengas (air) sehingga lembab. Dalam asap, keseimbangan gula dan nikotin akan menentukan kenikmatan merokok.

3. Resin dan minyak atsiri

Bau harum dalam asap rokok ditimbulkan dari kandungan resin dan minyak atsiri yang terkandung dalam bulu-bulu dan getah daun tembakau.

4. Asam organik

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

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

Apabila daun tembakau masih terdapat klorofil, maka dalam pijarannya akan menimbulkan bau *apek*, sedangkan apabila daun tembakau terdapat santofil dan karoten tidak akan merubah aroma dan rasa isap.

2.1.3 Asap Rokok

Asap utama (*mainstream smoke*) dan asap samping (*sidestream smoke*) merupakan penyusun asap rokok. *Mainstream smoke* merupakan asap rokok yang dihirup langsung oleh perokok, sedangkan *sidestream smoke* adalah asap rokok yang tersebar ke udara bebas (Tandra, 2003). Konsentrasi emisi pada *sidestream smoke* lebih tinggi dibanding *mainstream smoke*, karena tidak melalui proses penyaringan filter rokok. Proses pembakaran tembakau pada rokok terjadi dengan temperatur rendah sehingga tidak terbakar secara sempurna. Hal inilah yang menyebabkan keluarnya senyawa-senyawa kimia (Amelia, 2009). Asap rokok mengandung berbagai macam bahan kimia berbentuk partikel yang tersusun dari senyawa aromatik serta partikel yang mempunyai gugus radikal bebas sehingga mudah bereaksi dengan sel tubuh.

Komponen yang terbentuk dari pembakaran asap rokok terdiri dari fase gas dan fase partikel. Pada fase gas beberapa komponen yang diketahui diantaranya adalah amonia (NH_3), karbon monoksida (CO), CO_2 , NO, NO_2 , hidrogen sianida (HCN), *volatile aldeheide (ethanol, formaldehyde, acrolene, crotonldehyde)*, *benzene vapour, acetone, vinyl chloride, unsaturated hydrocarbons (butadien, isoprene)*, dan fase partikel seperti tar, *nicotine, metals (Cd, Ni, Fe, Sn, chromium, arsenic)*, *phenols, hydrogenic carsinogenic (benzopyrene, benzantharance,*

chrysene) yang semuanya mampu bereaksi secara kimiawi dengan sel dan mengganggu sistem organ dalam tubuh manusia (Lolivianda, 2013). Perkiraan komposisi kimia pada asap *mainstream* yang dihasilkan oleh asap rokok terdiri dari nitrogen 58%, oksigen 12%, karbon dioksida 13%, karbon monoksida 3,5%, hidrogen dan argon 0,5%, air 1%, senyawa organik yang mudah menguap 5% dan fase partikulat 8% (Norman, 1977).

Komponen-komponen kimia yang terdapat dalam asap rokok terbukti membentuk partikulasi antara 1 sampai 10.000 nanometer (nm). Partikel-partikel ini terbentuk dari gabungan senyawa-senyawa organik dalam asap. Senyawa-senyawa tersebut memiliki potensi gaya magnetik dan elektromagnetik, dengan demikian komponen-komponen kimia khususnya yang bersifat aromatik di ujung batang rokok yang bersuhu 400-600 °C dapat membentuk partikel (polimer). Pembentukan polimer gabungan secara teoritis akan membentuk sifat gabungan yang berbeda dengan sifat masing-masing komponen (Albert et al., 1994).

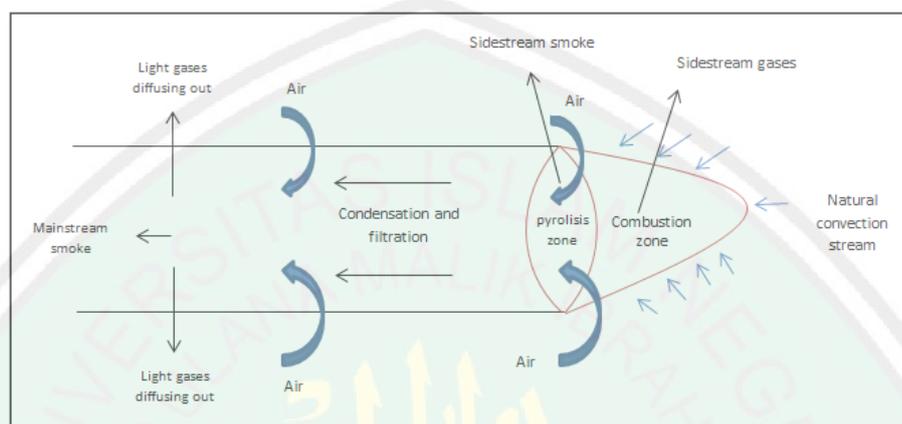
Beberapa kandungan asap rokok yang mampu mengganggu kesehatan rokok dan menimbulkan penyakit degeneratif diantaranya adalah hidrogen sianida, karbon monoksida, nitrogen oksida, amoniak, sulfur oksida toluen dan lain-lain (James, 2007). Aerosol heterogen dihasilkan dari proses pembakaran tidak sempurna tembakau pada rokok yang terdiri dari gas, volatil dan partikel, 95% komponen berada pada fase gas. Sekali hirupan mengandung 1017 molekular *Reactive Oxygen Species* (ROS). ROS diproduksi secara endogen melalui pengaktifan sel-sel inflamasi, seperti neutrofil dan makrofag. *Stress* oksidatif yang

disebabkan oleh asap rokok akan menginduksi terjadinya respon inflamasi yang menyebabkan destruksi septum alveolar paru (Kumalaningsih, 2006).

Oksigen dalam rokok mempunyai jumlah yang cukup untuk menimbulkan kerusakan saluran pernafasan karena oksidan dalam rokok dapat menghabiskan antioksidan intraseluler dalam sel paru (*invivo*) sehingga dapat mempengaruhi jumlah tekanan oksidan dalam paru-paru. Tiap hisapan rokok memiliki bahan oksidan (radikal bebas) dalam jumlah yang besar, meliputi aldehida, *epoxida*, *peroxida* dan oksidan lain yang mungkin cukup berumur panjang dan bertahan hingga menyebabkan kerusakan alveoli, bahan lain seperti nitrit oksida, radikal peroksil dan radikal lain juga mengandung karbon yang mampu mempengaruhi ikatan oksigen dalam darah (Arief, 2007).

Asap rokok merupakan kombinasi proses destilasi dan proses pirolisis. Proses destilasi terjadi pada saat pembakaran terjadi di ujung rokok yang berkontak langsung dengan udara luar dan mempunyai temperatur tinggi sekitar lebih dari 800 °C, sedangkan proses pirolisis merupakan proses pemanasan tanpa adanya oksigen dengan suhu kurang dari 800 °C sehingga menimbulkan reaksi pemecahan struktur kimia bahan rokok menjadi ribuan senyawa baru yang sebagian bersifat beracun bagi tubuh dan mampu berdifusi pada darah. Pirolisis diartikan sebagai proses perubahan mendadak susunan kimia dan fase fisis yang merupakan proses *irreversible* (tidak bersiklus). Pada pembakaran rokok terdapat dua zona yaitu zona pembakaran dimana oksigen akan bereaksi dengan tembakau yang terkarbonisasi dan akan menghasilkan beberapa senyawa sederhana seperti

karbon monoksida, karbon dioksida dan hidrogen. Kemudian zona pirolisis dan destilasi, zona yang menghasilkan 5000 senyawa kimia (Lolivianda, 2013).



Gambar 2.2 Proses Pembentukan Asap Rokok (Lolivianda, 2013)

Pembakaran rokok terjadi pada temperatur sekitar 800 °C. Pada proses pembakaran tersebut akan terjadi proses dimana sofat aurum (Au) pada nikotin-gold dalam bentuk uap cair akan menyatu atau tercemar oleh Hg* (uap partikel). unsur merkuri (Hg*) sebelumnya sudah mencemari bahan tembakau pada rokok, sehingga pada saat pembakaran mampu membuat kandungan elemen aurum pada nikotin-gold terselubungi oleh radikal bebas merkuri (Hg*). Hg* merupakan racun bagi tubuh manusia, tembakau sebagai bahan utama rokok yang tercemari oleh Hg* tergolong tembakau yang tercemar. Namun, saat ini kebanyakan bahan utama rokok dan kretek adalah tembakau bermerkuri, sehingga kandungan Hg* dan beberapa logam berat di dalamnya harus dihilangkan agar asap pembakaran rokok menjadi lebih aman (Sutiman dan Gretha, 2011).

Benzopirena merupakan produk dari pembakaran tidak sempurna. Beberapa kegiatan manusia yang merupakan sumber produksi emisi benzopirena antara lain

pembakaran kendaraan bermotor, pembakaran kayu domestik, pembakaran batubara dan pembakaran tembakau (jumlah kecil). Dalam rokok, benzopirena dan iutidin berasal dari tar tembakau (Mugianton, 2010). Hidrokarbon aromatik pirosiklik bersumber pada saat pemrosesan tembakau, elemen radioaktif yang diabsorpsi dari udara dan tanah, logam-logam berat yang diperoleh dari tanah dan udara yang tercemar. Meskipun jumlahnya sedikit dalam sebatang rokok, apabila benzopirena dikonsumsi dalam jumlah banyak dan dalam jangka panjang akan menimbulkan penyakit degeneratif seperti tumor ganas atau kanker (Lolivianda, 2013).

2.1.4 Asap Rokok dan Kesehatan

Kebiasaan merokok dapat menimbulkan banyak sekali gangguan kesehatan baik secara langsung maupun tidak langsung (Tandra, 2003). Dewasa ini, semakin banyak penelitian dan laporan tentang pengaruh buruk merokok semisal mengakibatkan impotensi, menurunkan daya tahan tubuh, mudah mengidap penyakit virus hepatitis, kanker saluran cerna, dan lain-lain (Mashuri, 2003). Negara Indonesia merupakan negara peringkat 5 sebagai konsumen rokok terbesar di dunia (Tandra, 2003). Dampak yang ditimbulkan akibat kebiasaan merokok dapat menyebabkan perubahan struktur dan fungsi saluran pernafasan dan jaringan paru-paru. Pada saluran napas besar, sel mukosa membesar (*hyperthropy*) dan kelenjar mukus bertambah banyak (*hyperplasia*) sehingga terjadi penyempitan saluran napas (Irawan, 2009).

Asap rokok dapat meningkatkan jumlah sel radang dan kerusakan alveoli, yang akan mengakibatkan berubahnya struktur dan fungsi saluran

pernafasan dan jaringan paru-paru dengan segala macam gejala klinisnya. Hal ini menjadi unsur utama terjadinya Penyakit Paru Obstruksi Menahun (PPOM) termasuk emfisema paru-paru, bronkitis kronis, asma. Penurunan fungsi paru akan mulai terlihat pada lama pernapasan yang terjadi pada 2 tahun dan seterusnya akibat debu dan kebiasaan merokok (Irawan, 2009).

Stress oksidatif merupakan salah satu dampak buruk dari radikal bebas asap rokok. *Stress* oksidatif dapat terjadi akibat menurunnya jumlah oksigen dan nutrisi, sehingga menimbulkan proses iskemik dan merusak mikrovaskular. Keadaan ini disebut dengan *reperfusion injury*. Hal ini dapat memicu terjadinya kerusakan jaringan (Sasaki and John, 2007 dalam Setiawati, 2014). *Stress* oksidatif adalah keadaan dimana jumlah molekul radikal bebas melebihi kapasitas dalam tubuh sehingga tubuh tidak mampu menetralsirkannya, hal ini diakibatkan dari intensitas oksidasi sel-sel tubuh yang normal menjadi tinggi (radikal bebas dari metabolisme tubuh) atau karena masuknya radikal bebas dari luar tubuh ke dalam tubuh yang melebihi kapasitas sehingga menimbulkan kerusakan yang banyak mulai dari tingkat sel, jaringan, hingga organ tubuh (Sies, 1991).

2.2 Biofilter Rokok

Biofilter merupakan komponen peredaran ulang tertutup yang digunakan sebagai penyaring bahan-bahan beracun atau bahan-bahan yang tidak diperlukan dalam sebuah proses. Dalam pemakaiannya, biofilter mempunyai kelebihan diantaranya pemakaiannya yang tidak membutuhkan energi yang banyak, mudah diaplikasikan (efisien) serta pemakaiannya tidak menggunakan alat-alat yang rumit sehingga aman dan ekonomis. Membran biofilter pada rokok berfungsi

untuk menangkap keluaran dari asap rokok yang kurang menguntungkan bagi tubuh, seperti radikal bebas. Radikal bebas merupakan keluaran buruk yang perlu disaring karena apabila memasuki tubuh konsumen ataupun non-konsumen dapat memicu berbagai macam penyakit degeneratif (Itsna, 2013).

Filter rokok secara khusus didesain untuk menyerap asap dan akumulasi partikulat asap rokok. Filter juga mencegah masuknya tembakau ke dalam tubuh perokok dan melindungi bagian mulut yang terpapar tembakau dan asap selama merokok. Secara umum filter terdiri dari beberapa komponen, diantaranya adalah sumbat, dimana filter rokok mampu menyaring unsur logam yang terkandung dalam asap rokok dengan prosentase 0,7-54% sedangkan pada rokok kretek jumlah unsur logam yang terbawa oleh puntung 0,2-36% (Mulyaningsih, 2009).

Filter rokok pada umumnya terbuat dari beberapa bahan kimia seperti monofilamen dan selulosa asetat, dari campuran tersebut mampu mengurangi kadar tar dan nikotin hingga 40-50% dibandingkan dengan rokok non-filter. Filter rokok dengan berbagai macam bahan tambahan serta teknik pembuatannya telah dilakukan untuk dapat membuat filter rokok yang lebih efisien dalam menyaring keluaran buruk asap rokok. Seperti filter dua lapis dari karbon yang merupakan filter kebanyakan digunakan saat ini. Filter karbon lebih efisien dalam mengurangi kadar tar dan nikotin daripada filter selulosa asetat (CA). Filter selulosa asetat tidak dapat menghalau atau menyaring aldehid yang memiliki berat molekul yang rendah (seperti formal *dehid*, *acetatdehid*, *acrolein*, dan *acetone*). Tingkat aktivasi biologis juga komposisi kimia dari asap rokok merupakan faktor yang penting dalam karakterisasi sifat filter (Sheila, 2011). Kemudian ada filter

rokok yang terbuat dari serat CDA (*Cellulose Diacetate*). Namun filter dengan serat CDA tidak efektif untuk menyingkirkan senyawa beracun pada asap *mainstream* rokok. Untuk meningkatkan efisiensi penyingkiran, beberapa zat aditif ditambahkan seperti karbon aktif, zeolit, atau bahkan karbon *nanotube*, dimana zat aditif tersebut mampu menyerap dan mengurangi zat-zat beracun pada asap *mainstream* (Tian, 2007 dalam Sa'diyah, 2016).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Bilqis pada tahun 2014 menjelaskan bahwa membran komposit dapat mencegah radikal bebas pada asap rokok dengan perbandingan komposisi serbuk biji kurma 0,7 dengan PEG 0,3 ml. Teknik biofiltrasi merupakan salah satu alternatif yang tepat untuk dikembangkan dalam upaya penyisihan polutan gas. Teknik ini memanfaatkan kemampuan aktifitas mikroba mendegradasi mengeliminasi senyawa polutan (Mashuri, 2003). Biofilter komposit merupakan campuran dari beberapa bahan yang berasal dari alam dan diolah menjadi material komposit yang bertujuan untuk menyerap dan menghilangkan partikel radikal bebas yang terdapat di lingkungan.

Hasil Penelitian Gretha dan Sutiman (2011) tentang *Divine Kretek* menyimpulkan bahwa rokok yang berpotensi sebagai penyebab kanker juga mempunyai potensi sebagai obat setelah menggunakan filter khusus (filter dengan tambahan *scavenger*). Peran aktif *scavenger* pada *divine kretek* mentransformasi asap rokok yang mengandung materi berbahaya dan radikal bebas menjadi tidak berbahaya bagi kesehatan. Pembakaran rokok dari bahan tembakau tercemar oleh radikal bebas dengan unsur merkuri (Hg). Rokok harus dibersihkan dari Hg* dengan teknik *scavenger* agar kembali ke posisi semula

yaitu tembakau yang tidak tercemar merkuri, sehingga kandungan nikotin-gold pada rokok dapat bermanfaat bagi tubuh. *Scavenger* mampu mengendalikan radikal bebas dan mengubah asap rokok yang menggumpal atau berukuran besar menjadi ukuran yang kecil. Ketika asap tersebut masuk ke dalam sistem pencernaan partikel Hg* yang berukuran sangat kecil (nano) mampu keluar dari jaringan tubuh dan pori-pori tanpa mengakibatkan iritasi.

2.3 Sabut Kelapa



Gambar 2.3 Sabut Kelapa
(<http://www.trubus-online.co.id/teknik-olah-sabut-kelapa/>)

Sabut kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm dan merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Sabut kelapa terdiri dari kulit ari, serat dan sekam (*dust*). Namun, pemanfaatan yang paling optimal digunakan hanya bagian seratnya sebagai bahan perlengkapan rumah tangga (Faslah, 2013).

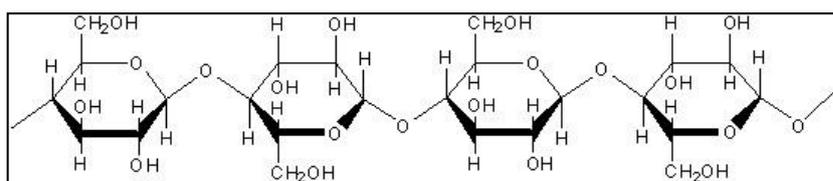
Menurut *United Coconut Association of the Philipines* (UCAP), dari satu buah kelapa dapat diperoleh rata-rata 0,4 kg sabut. Sabut kelapa merupakan bahan yang kaya dengan unsur kalium. Selain itu, ia juga memiliki pori-pori yang

memudahkan terjadinya pertukaran udara, dan masuknya sinar matahari. Sabut kelapa juga terkandung unsur-unsur hara dari alam yang sangat dibutuhkan tanaman, berupa kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Sebagaimana diketahui, serbuk sabut kelapa memiliki kandungan *trichoderma molds*, sejenis enzim dari jamur yang dapat mengurangi penyakit dalam tanah, menjaga tanah tetap gembur, subur dan memudahkan akar baru tumbuh dengan cepat dan lebat. Selain itu, unsur kalium ini akan mengokohkan akar sehingga tidak mudah rebah. Dan masih banyak lagi fungsi yang lain. Sabut kelapa atau dalam perdagangan internasional disebut *coco peat*, hasil samping dari usaha pengolahan serat sabut kelapa (*coco fiber*), tidak hanya efektif mempercepat kinerja pertumbuhan tanaman. Lebih dari itu, fungsi lainnya ternyata juga menghemat penggunaan pupuk pada tanaman hingga 50 persen, memperbaiki aerasi pada tanah pertanian, dan memiliki kemampuan menyimpan air 6 kali lipat dari volumenya (Faslah, 2013).

Sabut kelapa adalah salah satu biomassa yang mudah didapatkan dan merupakan hasil sampingan pertanian. Komposisi sabut kelapa sekitar 35% dari berat keseluruhan buah kelapa. Sabut kelapa terdiri dari serat (*fiber*) dan gabus (*pitch*) yang menghubungkan satu serat dengan serat yang lain. Sabut kelapa terdiri dari 75% serat dan 25% gabus. Potensi penggunaan serat sabut kelapa sebagai biosorben untuk menghilangkan logam berat dari perairan cukup tinggi karena serat sabut kelapa mengandung lignin (35-45%) dan selulosa (23-43%) (Faslah, 2013). Serat sabut kelapa sangat berpotensi sebagai biosorben karena mengandung selulosa yang di dalam struktur molekulnya mengandung gugus

karboksil serta lignin yang mengandung *phenolat acid* yang ikut ambil bagian dalam pengikatan logam. Selulosa dan lignin adalah biopolimer yang berhubungan dengan proses pemisahan logam-logam berat (Pine, dkk, 1988). Selain itu alasan sabut kelapa dapat berpotensi sebagai bioabsorben dan bioakumulator logam berat adalah karena mempunyai persentase material dinding sel sebagai sumber pengikatan logam yang tinggi (Pinandari, 2011).

Selulosa merupakan komponen yang mendominasi karbohidrat yang berasal dari tumbuh-tumbuhan hampir mencapai 50% karena selulosa merupakan unsur struktural dan merupakan komponen utama dari dinding sel tumbuhan. Selulosa merupakan serat-serat panjang yang bersama dengan hemiselulosa, pektin dan protein membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tumbuhan. Jumlah selulosa di alam sangat melimpah sebagai sisa tanaman atau dalam bentuk sisa pertanian seperti jerami padi, kulit jagung, serabut kelapa, gandum dan lain-lain. Secara kimia, selulosa merupakan senyawa polisakarida yang mempunyai berat molekul yang cukup besar. Strukturnya yang teratur merupakan struktur polimer yang linear terdiri atas unit pengulangan β -D-Glukopiranos, serta terdapat pula struktur kristalin dan amorf. Struktur kimia selulosa terdiri dari unsur C, O dan H yang membentuk rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$, dengan ikatan molekulnya berupa ikatan hidrogen yang sangat erat (Sofah, 2010).

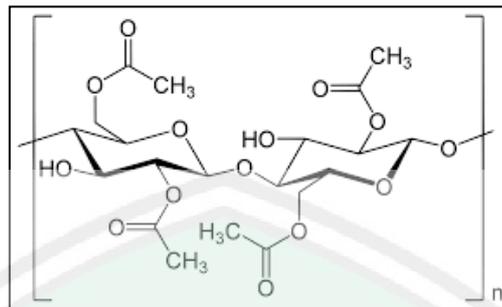


Gambar 2.4 Struktur Kimia Selulosa

(<http://organiksmakma3a09.blogspot.co.id/2013/03/selulosa.html?m=1>)

Permukaan selulosa terdapat gugus $-OH$ yang menyebabkan permukaan selulosa menjadi hidrofilik. Struktur rantai selulosa distabilkan oleh ikatan hidrogen yang kuat disepanjang rantai. Di dalam selulosa alami dari tanaman, rantai selulosa diikat bersama-sama membentuk mikrofibril dengan diameter 2-20 nm dengan panjang 100-40000 nm yang sebagian berupa daerah yang sangat terkristal (*highly crystalline*) dan diselingi daerah amorf yang kurang teratur dimana setiap rantai selulosa diikat bersama-sama dengan ikatan hidrogen. Beberapa mikrofibril membentuk fibril yang akhirnya akan menjadi serat selulosa. Dalam pembentukannya tanaman membuat selulosa dari glukosa yang merupakan bentuk paling sederhana dari karbohidrat yang dapat ditemukan di tanaman. Glukosa terbentuk pada saat proses fotosintesis yang kemudian digunakan tanaman sebagai energi dan sisanya yang banyak disimpan sebagai pati. Selulosa dibuat dengan cara menghubungkan setiap unit sederhana dari banyaknya glukosa untuk menciptakan efek simpang siur rantai panjang sehingga membentuk molekul panjang yang digunakan untuk membangun dinding sel tanaman. Selulosa memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan tidak larut dalam kebanyakan pelarut, hal ini berkaitan dengan struktur serat dan kuatnya ikatan hidrogen (Sofah, 2010).

Perbedaan antara selulosa dan selulosa asetat adalah apabila selulosa merupakan produk alam tanpa campuran apapun yang tersusun atas karbohidrat paling sederhana, selulosa asetat merupakan senyawa buatan yang terbuat dari campuran selulosa dan asam asetat.



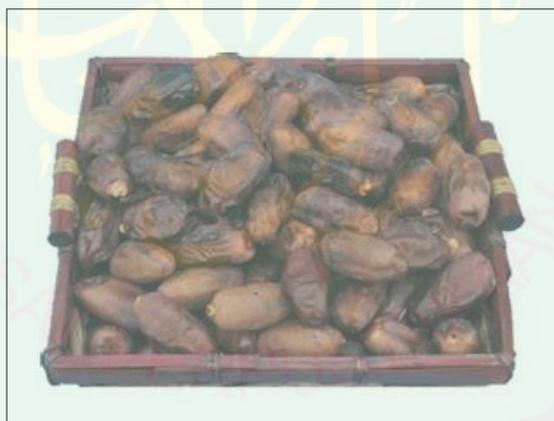
Gambar 2.5 Struktur Kimia Selulosa Asetat
(https://id.m.wikipedia.org/wiki/Selulosa_asetat)

Senyawa ini pertama kali dibuat pada tahun 1865. Selain dalam film fotografi, senyawa ini juga digunakan sebagai komponen dalam bahan perekat dan serat sintetik. Sebelumnya film fotografi terbuat dari selulosa nitrat namun karena senyawa tersebut kurang stabil dan mudah sekali terbakar maka kedudukannya tergantikan oleh selulosa asetat yang lebih stabil dan tahan terhadap panas (Sofah, 2010). Karakteristik selulosa asetat tersebut banyak dimanfaatkan untuk berbagai macam hal, yaitu sebagai bahan pembuatan benang tenunan dalam industri tekstil, sebagai filter pada rokok, bahan untuk lembaran-lembaran plastik, film dan juga cat. Oleh karena itu, selulosa asetat merupakan bahan industri yang cukup penting peranannya (Kirk & Othmer, 1978).

Proses pembuatan selulosa asetat dilakukan melalui tiga tahap, yang pertama menambahkan asam asetat glasial yang berfungsi sebagai *swelling agent*. *Swelling agent* berperan untuk mengembungkan serat-serat selulosa agar lebih longgar/terbuka sehingga mudah bereaksi dengan anhidrida asetat. Kedua adalah proses asetalisasi dengan penambahan anhidrida asetat yang telah didinginkan karena reaksi ini terjadi pada suhu rendah dengan katalis asam sulfat. Asam sulfat mula-mula bereaksi dengan anhidrida asetat membentuk asetilsulfat yang

kemudian bereaksi dengan selulosa membentuk selulosa asetat. Selulosa setat yang dihasilkan merupakan selulosa triasetat. Tahap ketiga adalah hidrolisis dimana larutan direaksikan dengan asam asetat 67% pada suhu 37,8 °C. Pada tahap ini terjadi proses diasetalisasi dari selulosa triasetat menjadi selulosa diasetat. Proses ini dilakukan selama 22 jam agar diperoleh selulosa asetat dengan kadar asetil 35-43,5% yang merupakan selulosa diasetat. Besarnya kadar asetil yang dihasilkan tergantung pada lamanya proses hidrolisis, maka semakin lama terjadinya proses diasetalisasi sehingga semakin kecil kadar asetil yang dihasilkan (Widyaningsih, 2007).

2.4 Kurma



Gambar 2.6 Kurma *Thoory*
(<http://kulinermidia.blogspot.co.id/2015/05/jenis-kurma-paling-populer-di-indonesia.html>)

Kurma (*Phoenix dactylifera L*) merupakan salah satu pohon buah tertua di dunia, menjadi sumber ekonomi terpenting, sejarah dan tradisi masyarakat Jazirah Arab. Kata *an-Nakhl* dan *an-Nakhil* (keduanya sama-sama berarti kurma) disebut 21 kali dalam Al-Quran. Kurma mengandung kalium dan asam salisilat yang

berfungsi sebagai anti nyeri. Kandungan lainnya yaitu karbohidrat, glukosa, fruktosa, sukrosa, magnesium, kalsium, fosfor, protein, besi, beberapa vitamin seperti vitamin A, tianin (B1, riboflavin (B6), niasin dan vitamin E, serta masih banyak lagi jenis antioksidan lainnya (Minarno, 2008). Kalium dan asam salisilat di dalam daging buahnya berkhasiat untuk mengurangi rasa nyeri, pembekuan darah, dan mengendalikan hipertensi. Asam salisilat dapat berperan aktif untuk mengatur kadar prostaglandin (hormon prostat) dan dapat merangsang kontraksi otot, sehingga dapat menormalkan kembali tekanan darah (Satuhu, 2010).

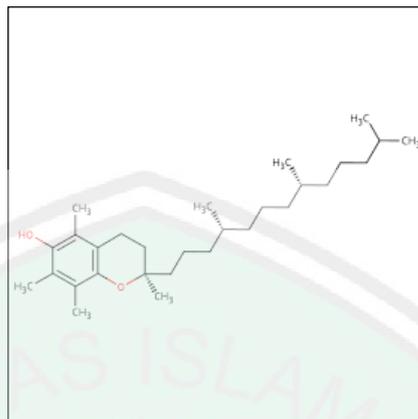
Biji kurma memiliki keunggulan asam amino pada asam aspartat, aspartamin, asam glutamat, leusin, dan isoleusin. Kandungan protein dan asam amino pada buah kurma akan mencapai puncaknya pada tahap kimri serta terus menurun dengan meningkatnya tingkat kematangan buah dan nilai kandungannya berbeda-beda pada tiap jenis kurma (Al-Sahib, 2003). Biji kurma mempunyai kandungan asam lemak rantai ganda. Disebutkan bahwa terdapat asam oleat sebanyak 48,5 gr/100 gr biji kurma, diikuti dengan asam linoelat sebanyak 3,3 gr/100 gr biji kurma. Kandungan asam lemak jenuh rantai sedang seperti laurat, palmitat, *stearart* juga cukup mendominasi kandungan nutritif dari biji kurma, dengan total sekitar 40-45% berat kering (Rizqiyah, 2014).

Biji kurma memiliki kandungan antioksidan cukup tinggi, dengan kadar air 3,10-7,10%, protein 2,30-6,40%, lemak 5,00-13,20%, dan serat terlarut 22,50-80,20%. Selain di dalam daging buahnya, *phenol* sebanyak 3102-4430 mg serta *gallic acid* sebanyak 1100 mg juga dapat ditemukan di bagian bijinya (Najafi, 2011). Protein yang terdeteksi dalam biji kurma antara lain albuin, globuin,

prolamin dan glutein. Senyawa fenolik dalam biji kurma memiliki total sekitar 48,64 mg/100 g yang meliputi *gallic acid*, *protocatehuicacid*, *m-coumaric acid*, *p-hydroxybenzoic acid*, *vanilic acid*, *caffeic acid*, *p-coumaric acid*, *ferulic acid* dan *o-coumaric acid* (Afiq, 2013).

Phenol mempunyai gugus yang sama dengan alkohol tetapi gugus fungsinya melekat pada cincin aromatik. *Phenol* merupakan senyawa asam kuat dengan asamnya 10000 kali lebih asam dibanding air. Hal ini dikarenakan adanya ion fenoksida yang dimantapkan oleh resonansi. Proses resonansi adalah perpindahan elektron yang tidak berpasangan antar gugus fungsi sehingga terdistribusi dan menghasilkan energi yang semakin rendah dan semakin stabil. Bisa dikatakan kalau *phenol* merupakan radikal bebas yang tidak reaktif seperti radikal bebas karena dimantapkan oleh resonansi (Hart, 2004).

Pencegahan proses oksidasi pada suatu bahan dan reaksi oleh *phenol* sebagai antioksidan, salah satu contohnya yaitu *phenol* yang dapat menangkap radikal peroksi (ROO^\cdot) di udara. Dengan adanya oksidasi hidrogen *phenol* yang ditarik oleh radikal bebas, maka akan terbentuk radikal fenoksi yang dilengkapi dengan resonansi. Radikal fenoksi yang terbentuk kemudian bereaksi dengan radikal peroksida, akibatnya radikal peroksida rusak dan tidak mampu mengoksidasi bahan (Hart, 2004).



Gambar 2.7 Rumus Molekul Vitamin E α -tokoferol
(https://id.m.wikipedia.org/wiki/vitamin_E)

Vitamin E (α -tokoferol) merupakan salah satu *phenol* yang dapat ditemukan di biji kurma. Jenis *phenol* ini bisa dimanfaatkan sebagai antioksidan alami, α -tokoferol merupakan salah satu jenis vitamin E yang mempunyai struktur inti kroman yang khas. α -tokoferol atau 5,7,8-trimetil tokol atau 2,5,7,8-tetrametil-2-(4,8,12-trimetiltridesil)-6-kromanol dapat disintesis melalui reaksi kondensasi hidrokuinon dengan alkohol alilik (Ayudianingsih, 2012).

Phenolic dalam biji kurma jika dipapari asap rokok akan bereaksi dengan radikal bebas asap rokok salah satunya adalah radikal *peroxy* (ROO^\cdot). Oksida hidrogen *phenol* akan langsung ditarik oleh radikal *peroxy*, kemudian akan membentuk radikal fenoksi yang mempunyai gugus resonansi sehingga keadaannya lebih stabil dibandingkan radikal sebelumnya sehingga rantai oksidasi pun terhenti (Hart, 2004).

Mengonsumsi kurma bagi umat Islam sangatlah istimewa, karena kurma merupakan salah satu buah favorit Nabi Muhammad SAW, Rasulullah mengajak para sahabat dan semua umat Islam untuk mengonsumsi buah kurma paling

sedikit 7 buah di pagi hari, sebagaimana yang telah dijelaskan dalam Hadits Riwayat Al-Bukhari No. 5779 dan Muslim No. 2047,

مَنْ تَصَبَّحَ بِسَبْعِ تَمَرَاتٍ عَجْوَةً، لَمْ يَضُرَّهُ ذَلِكَ الْيَوْمَ سُمٌّ وَلَا سِحْرٌ

“Barang siapa memakan tujuh butir kurma ajwah di pagi hari maka racun dan sihir tidak akan membahayakannya pada hari itu.” (HR Bukhari No. 5779).

Dewasa ini, beberapa penelitian justru membenarkan faedah mengonsumsi buah kurma setiap hari. Kalium dan asam salisilat pada daging buah kurma berkhasiat untuk mengurangi rasa nyeri. Mengonsumsi buah kurma secara rutin dapat mencegah resiko *stroke* dan tekanan darah tinggi dan jika dikonsumsi rutin dalam jangka panjang diharapkan dapat memberikan fungsi yang sama seperti mengonsumsi aspirin. Kandungan asam salisilat dalam buah kurma dapat mempengaruhi gejala pembekuan darah, mengendalikan hipertensi dengan mengatur kadar prostagladin. Asam salisilat dapat mempengaruhi produksi hormon prostat masuk dalam kelompok asam lemak hidroksida dalam merangsang kontraksi otot dan menurunkan tekanan darah (Satuhu, 2010).

2.5 Kopi



Gambar 2.9 Biji kopi kering
(dangolmulana.indonetwork.net)

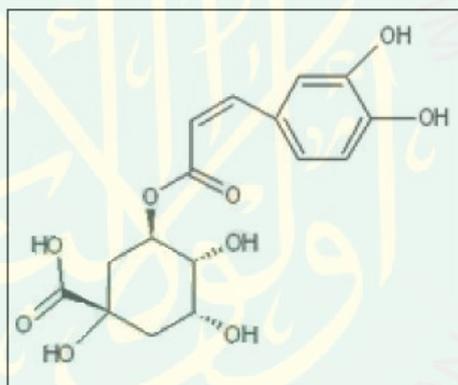
Tanaman kopi termasuk dalam *kingdom plantae*, sub *kingdom tracheobionta*, super divisi *spermatophyta*, divisi *magnoliophyta*, *class magnoliopsida/dicotyledons*, sub *class asteridae*, ordo *rubiales*, famili *rubiaceae*, genus *coffea*, spesies *Coffea arabica L* (USDA, 2002).

Biji kopi kering mempunyai komposisi sebagai berikut: air 12%, protein 13%, lemak 12%, gula 9%, *caffeine* 1-1,5% (arabika), 2-2,5% (robusta), *caffetanic acid* 9%, *cellulose* dan sejenisnya 35%, abu 4%, zat-zat lainnya yang larut dalam air 5% (Sulistiasari, 2013). Biji kopi secara alami mengandung cukup banyak senyawa calon pembentuk citarasa dan aroma khas kopi antara lain asam amino dan gula (PPKKI, 2006).

Kopi adalah salah satu komoditi andalan Indonesia. Hasil komoditi ini menempati urutan ketiga setelah karet dan lada. Kopi digemari tidak hanya dikarenakan cita rasanya yang khas, kopi memiliki manfaat sebagai antioksidan karena memiliki *polyphenol* dan merangsang kinerja otak. Kopi mengandung senyawa *polyphenol* total sekitar 200-550 mg percangkir. Kandungan antioksidan pada kopi sekitar 26%, sedangkan buah *berry* 25%, teh 23%, anggur 13% dan sayuran 6% dari seluruh total antioksidan. Aktivitas antioksidan total dari kopi juga lebih besar dibandingkan aktivitas antioksidan dari beta-*carotene* (0,1%), *alpha-tocopherol* (0,3%), dan vitamin C (8,5%) serta antioksidan lain (Mulyaningsih, 2009).

Kopi merupakan golongan tanaman fitokimia disebut juga *plantphenols* (*flavonoid*) mengandung antioksidan yaitu *cinnamic acids*, *benzoic acids*, *flavonoids*, *proanthocyanidins*, *stilbenes*, *coumarins*, *lignans*, *lignins* serta

chlorogenic acid. Diantara senyawa tersebut yang paling banyak terdapat di dalam kopi adalah *chlorogenic acid*. Senyawa *phenol* mempunyai aktivitas biologi sebagai antioksidan yang poten secara *in vitro* sehingga mampu melindungi DNA, *lipid* dan protein dengan melawan radikal bebas yang merusak secara *in vivo*, sehingga mampu mengurangi risiko terjadinya penyakit kronik. Senyawa *polyphenol* merupakan senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan dari adaptasi tanaman terhadap kondisi *stress* lingkungan terhadap radiasi sinar ultra violet atau agresi *pathogen*. (Lelyana, 2008).



Gambar 2.10 Struktur Senyawa *Chlorogenic acid*
(https://id.m.wikipedia.org/wiki/Asam_klorogenat)

Chlorogenic acid merupakan keluarga *esters* yang dibentuk antara *trans cinnamic acids* dan *quinic acid* dan merupakan senyawa *phenolic* utama di dalam kopi yang banyak ditemukan di tanaman lain yang didapatkan dari buah dan daun (Lelyana, 2008). Senyawa ini telah dikenal sejak lama sebagai antioksidan. Senyawa ini mampu memperlambat pengeluaran glukosa ke aliran darah setelah makan dan lebih banyak terdapat dalam kopi robusta daripada kopi arabika (Mulyaningsih, 2009).

Menurut penelitian Sulistiasari (2013) kopi sebagai biofilter memiliki kandungan antioksidan tertinggi diantara tanaman sejenisnya yang dapat mempengaruhi penyebaran radikal bebas pada asap rokok kretek, biofilter dengan bahan komposit cangkang kepiting dan putih telur sebagai matriks dibuat dengan memvariasi massa kopi (0.2, 0.3, 0.4, dan 0.5 gram), pada massa kopi sebesar 0.3 gram mampu menyerap pada asap rokok kretek dibandingkan massa yang lain.

2.6 Daun Waru



Gambar 2.11 Daun Waru
(<http://www.khasiat.co.id/daun/daun-waru.html>)

Daun waru (*Hibiscus tiliaceus*) merupakan tumbuh-tumbuhan yang masuk dalam divisi *spermatophyta*, subdivisi *angiospermae*, kelas *dycotyledone*, bangsa *malvaes*, suku *malvaceae* dengan marga *hibiscus*. Pohon dapat tumbuh sampai tingginya 5-15 meter, garis tengah batang 40-50 cm, batang bercabang dengan warna cokelat. Daun waru merupakan daun tunggal bertangkai, membentuk jantung, lingkaran lebar/bulat telur, tidak berlekuk dengan diameter kurang dari 19 cm. Daun menjari, sebagian dari tulang daun utama dengan kelenjar berbentuk celah pada sisi bawah dan pangkal. Sisi bawah daun berambut abu-abu rapat.

Daun penumpu bulat telur memanjang, panjang 2,5 cm, meninggalkan tanda bekas berbentuk cincin (Rahma, 2016).

Waru banyak ditemukan di daratan Indonesia, di pantai yang tidak berawa, di tanah datar, dan di pegunungan hingga ketinggian 1700 meter di atas permukaan air laut. Banyak ditanam dipinggir jalan dan di sudut pekarangan sebagai tanda batas pagar. Pada tanah yang baik, tumbuhan ini batangnya lurus dengan daun berukuran kecil. Pada tanah yang kurang subur, batangnya bengkok dengan daun berukuran agak besar (Rahma, 2016).

Dalam pengobatan tradisional, akar waru digunakan sebagai pendingin bagi orang yang sakit demam, daun waru membantu pertumbuhan rambut, obat batuk, obat diare berdarah/berlendir, amandel. Bunga waru digunakan untuk obat *trakhoma* dan masuk angin. Kandungan kimia daun waru dan akar waru adalah saponin dan *phlavanoid*. Disamping itu, daun waru juga paling sedikit mengandung lima senyawa *phenol*, sedang akarnya mengandung tanin (Rahma, 2016). Chen et al telah mengisolasi beberapa senyawa dari kulit batang waru yaitu: skopoletin, *hibiscusin*, *hibiscusamide*, *vanilic acid*, *p-hydroxybenzoic acid*, *syringic acid*, *phydroxybenzaldehyde*, *scopoletin*, *n-trans-feruloytyramine*, *n-cis feruloytyramine*, campuran *beta-sitosterol* dan *stigmasterol*, campuran *sitostenone* dan *stigmasta-4, 22-dien-3-one*. Dari uji sitotoksik senyawa-senyawa tersebut terdapat tiga senyawa yang mempunyai aktivitas antikanker sangat baik terhadap sel P-388 dan sel HT-29 secara *in vitro* dengan nilai IC 50 < 4 mug/ml.

Daun *Hibiscus tiliaceus* mengandung alkanoid, asam-asam amino, karbohidrat, asam organik, asam lemak, saponin, *sesquiterpene* dan

sesquiterpenoid quinon, steroid, triterpene (Bandaranayake, 2002 dalam Rahma 2016). Berdasarkan *skrining* fitokimia tangkai dan tulang daun waru mengandung senyawa *phenol, phlavonoid* dan saponin (Aishah, 1994 dalam Rahma 2016). Jika daun waru ditumbuk dan diperas akan berwujud seperti lendir. Menurut Hadiedi Prasaja (2015) dalam Rahma (2016), daun waru bisa difungsikan sebagai perekat yang keorganikannya mencapai hingga 100% sehingga lebih alami daripada perekat sintesis. Hal ini juga diperkuat oleh pernyataan Efendy Manan (2015) dalam Rahma (2016) yang menyatakan bahwa daun waru ataupun daun lidah buaya dapat difungsikan sebagai perekat. Jika menggunakan daun waru sebagai perekat untuk 1 tangki kapasitas 14 liter digunakan 2 genggam atau kurang lebih 15-20 lembar daun waru, bisa diblender lalu diperas semalam lalu disaring. Hasil air saringan tersebut langsung dicampur sebagai bahan perekat material.

Air perasan daun waru memiliki tekstur yang berlendir dan kental. Air perasan daun waru memiliki bau yang khas, namun apabila air lendir disimpan sampai 3 hari tanpa dimasukkan ke lemari pendingin, air akan berbau menyengat. Menurut buku *Guidelines for The Use of Herbal Medicines in Family Health Care* edisi keenam yang dibukukan oleh *Ministry of Health Republic of Indonesia* menjelaskan, air perasan daun waru yang digunakan untuk obat tidak dapat bertahan sampai 3 hari. Air perasan daun waru tersebut akan mengalami pembusukan dan berbau sangat menyengat.

2.7 Partikel *Ultrafine*

Partikel atau *Particulate Matter* dibedakan menjadi tiga berdasarkan ukurannya yaitu *coarse particle* ($>2,5\mu\text{m}$), *fine particle* ($\leq 2,5\mu\text{m}$) dan *ultrafine*

particle ($\leq 0,1\mu\text{m}$). *Fine particle* (PM_{2.5}) mampu menembus daerah alveolar paru-paru, sedangkan *ultrafine particle* (UFP) dapat menembus ke lapisan epitel sehingga dapat menempel di dinding alveolus dan berinteraksi dengan sel-sel epitel. UFP telah dihipotesiskan dapat menyebabkan efek pada sistem pernapasan, yaitu peningkatan radang paru-paru, respon alergi, dan menurunnya fungsi paru-paru (Faslah, 2013).

Menurut Daher, dkk (2009), pembakaran rokok menimbulkan partikel-partikel baru (*particulate matter*) yang bahaya bagi tubuh manusia. PM atau *Particulate Matter* merupakan istilah yang digunakan untuk campuran partikel zat padat dan partikel cair yang tersuspensi di udara. Partikel-partikel tersebut terbentuk di udara (atmosfer) dengan transformasi emisi gas. PM mempunyai ukuran yang bervariasi dan dibedakan menjadi dua yaitu *fine particle* dan *ultrafine particle* (UFP) (Fierro, 2000). Partikel *ultrafine* adalah partikel berdiameter kurang dari $0,1\mu\text{m}$ (Morawska dkk, 2008). UFP dapat dihasilkan dari gas dan kondensasi uap yang mempunyai temperatur tinggi selama pembakaran. Ukurannya yang sangat kecil memudahkannya untuk masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernafasan. Partikel *ultrafine* yang sangat kecil ukurannya sangat susah dilacak dan diketahui jumlahnya (Fierro, 2000).

Nanopartikel dan partikel *ultrafine* memiliki ukuran yang sama, perbedaannya adalah sumber asalnya. Jika partikel *ultrafine* merupakan hasil emisi dari kehidupan manusia sehari-hari dan industri (polusi), nanopartikel berasal dari hasil rekayasa atau manufaktur (Slezakova, 2009).

Pembentukan partikel *ultrafine* dibagi menjadi tiga proses, pertama dinamakan pembentukan langsung yang membentuk partikel dari proses pembakaran yang terjadi di lalu lintas, industri, serta pembakaran biomassa. Partikel *ultrafine* yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor memiliki ukuran antara 20-130 nm, untuk mesin diesel dengan bahan bakar bensin 20-60 nm, untuk pembakaran biomassa 30-200 nm. Kedua pembentukan nukleasi dan kondensasi dari panas, uap jenuh yang keluar pada saat pembakaran mengalami pendinginan. Terakhir pembentukan partikel dari atmosfer akibat reaksi kimia yang mengarah pada pembentukan spesies volatilitas yang rendah pada suhu kamar (Lolivianda, 2013). Menurut Alsyahwa (2008) sumber terbentuknya partikel *ultrafine* terbagi menjadi dua kategori yaitu sumber sekunder dan primer. Sumber sekunder atau sumber utamanya adalah menghasilkan partikel secara langsung, misalkan dari proses pembakaran kendaraan bermotor, rokok, kegiatan industri dan lain-lain. UFP memiliki tingkatan ambien rata-rata $1,4 \times 10^4 \text{ cm}^3$ dan konsentrasi massanya 2 mg/s.

Partikel *ultrafine* mempunyai dampak yang sangat besar dalam menimbulkan penyakit pada tubuh akibat aktivitas merokok. Penyakit tersebut antara lain penyakit saluran pernafasan, pencernaan, kanker, osteoporosis, jantung, *stroke*, kemandulan, dan lain-lain (Daher, dkk, 2009). Akibat paparan tinggi dari partikel *ultrafine* yang tak terlihat dan mudah sekali terhirup dan masuk dalam saluran pernafasan menjadikannya sebagai kontributor yang sangat berpengaruh untuk timbulnya beberapa jenis penyakit kronis, salah satunya jantung koroner (Stewart, 2007). Dari per satuan massa partikel *ultrafine* lebih

cepat menimbulkan kematian dini dibanding dengan partikel halus lainnya yang menyebabkan respon inflamasi. Partikel *ultrafine* dengan mudahnya akan masuk ke dalam jaringan dan mengganggu sistem pernafasan (Alsahwa, 2008).

2.8 Radikal Bebas dan Antioksidan

2.8.1 Radikal bebas

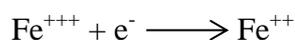
Radikal bebas mencari reaksi-reaksi agar memperoleh kembali elektron berpasangannya dalam rangka mendapatkan stabilitas kimia, radikal bebas tidak dapat mempertahankan bentuk aslinya dalam waktu lama dan segera berikatan dengan bahan sekitarnya. Radikal bebas akan menyerang molekul stabil yang terdekat dan mengambil elektronnya, zat yang terambil elektronnya akan menjadi radikal bebas juga sehingga akan memulai suatu reaksi berantai yang akhirnya akan terjadi kerusakan sel (Arif, 2007). Radikal adalah senyawa kimia dengan elektron tidak berpasangan atau elektron bebas di kulit terluarnya, dan memiliki sifat sangat reaktif, tidak stabil, memiliki fase padat atau cair. Contoh radikal adalah superoksida (O_2^-) dan oksidanitrat. Salah satu aspek yang tidak baik dari radikal adalah keberadaannya dalam tubuh cenderung mencegah jaringan tubuh dari waktu ke waktu yang menyebabkan penuaan (Sumitro, 2011).

Kebanyakan radikal bebas bereaksi secara cepat dengan atom lain untuk mengisi orbital yang tidak berpasangan, sehingga radikal bebas normalnya berdiri sendiri hanya dalam periode waktu yang singkat sebelum menyatu dengan atom lain. Simbol untuk radikal bebas adalah sebuah titik yang berada di dekat simbol atom (R). ROS (*Reactive Oxygen Species*) adalah senyawa pengoksidasi turunan oksigen yang bersifat sangat reaktif yang terdiri atas kelompok radikal bebas dan

kelompok non radikal. Kelompok radikal bebas antara lain *superoxide anion* (O_2^-), *hydroxyl radicals* (OH), dan *peroxyl radicals* dan non radikal misalnya *hydrogen peroxide* (H_2O_2), dan *organic peroxides* (ROOH) (Virginia, 2005).

Penyebab peningkatan radikal bebas yang terpapar di lingkungan hidup manusia sekarang ini sebenarnya sangat kompleks. Peningkatan radikal bebas itu, antara lain, sebagai akibat dari pencemaran udara yang membuat lapisan ozon di stratosfer menipis, bahkan berlubang, sehingga terjadi peningkatan intensitas cahaya matahari dengan gelombang frekuensi tinggi memapar permukaan bumi. Akibat adanya lubang ozon, sinar ultra-violet bersama-sama dengan sinar X (*X-rays*), sinar gamma (*gamma-rays*) dan partikel-partikel berbahaya lainnya sebagai hasil proses peluruhan radioaktif matahari juga leluasa memapar permukaan bumi. Seiring dengan makin besarnya intensitas cahaya matahari ini, elemen-elemen logam berat yang bersifat relativistik terpicu berperilaku menjadi partikel reaktif dalam fase gas (bersifat *sensitizer*) dan mempengaruhi secara nyata sistem makhluk hidup atau kehidupan di biosfer (Sumitro, 2011).

Pengertian oksidan dan radikal bebas dalam kepustakaan kedokteran sering dibaurkan karena keduanya memiliki sifat-sifat yang mirip. Aktivitas kedua jenis senyawa ini sering menghasilkan akibat yang sama walaupun prosesnya berbeda. Walaupun ada kemiripan dalam sifat-sifatnya namun dipandang dari sudut ilmu kimia, keduanya harus dibedakan. Oksidan, dalam pengertian ilmu kimia, adalah senyawa penerima elektron (*electron acceptor*), yaitu senyawa-senyawa yang dapat menarik elektron. Ion ferri (Fe^{+++}), misalnya adalah suatu oksidan:



Sebaliknya, dalam pengertian ilmu kimia, radikal bebas adalah atom atau molekul (kumpulan atom) yang memiliki elektron yang tak berpasangan (*unpaired electron*). Sebagai contoh molekul air (H_2O). Ikatan atom hidrogen dengan oksigen merupakan ikatan kovalen, yaitu ikatan kimia yang timbul karena sepasang elektron dimiliki bersama (*share*) oleh dua atom:

Atom hidrogen :•H

Atom oksigen :•O•

Atom H_2O : H:O:H

Bila terdapat sumber energi yang cukup besar, misalnya radiasi, molekul air dapat mengalami pembelahan homolitik (*homolytical cleavage*):



Atom H ($\bullet\text{H}$) memiliki elektron yang tak berpasangan sehingga dapat pula dianggap sebagai radikal. Molekul air dapat pula mengalami pembelahan jenis lain, yaitu pembelahan heterolitik (*heterolytical cleavage*).



Dalam hal ini, yang terbentuk bukanlah radikal tetapi ion-ion, sehingga proses tersebut dinamakan ionisasi. Elektron yang tak berpasangan cenderung untuk membentuk pasangan, dan ini terjadi dengan menarik elektron dari senyawa lain sehingga terbentuk radikal baru:



Dari contoh di atas jelaslah bahwa radikal bebas memiliki dua sifat yaitu:

1. Reaktifitas tinggi, karena cenderung menarik elektron
2. Dapat mengubah suatu molekul menjadi radikal

Daya perusak radikal bebas dengan demikian jauh lebih besar dibandingkan dengan oksidan biasa, karena reaktifitasnya yang tinggi radikal bebas tak stabil mempunyai usia yang sangat pendek sehingga sulit terdeteksi kecuali dengan metode-metode khusus seperti pengukuran EPR (*Electron Paramagnetic Resonance*) (Kumalaningsih, 2006).

Asap rokok mengandung radikal bebas dalam jumlah yang tinggi, dalam satu kali hisapan rokok saja diperkirakan terdapat sebanyak 1.014 molekul radikal bebas yang masuk ke dalam tubuh (Yueniwati & Ali, 2014 dalam Intania, 2006). Selain itu radikal bebas juga memiliki satu atau lebih elektron bebas. Elektron bebas ini akan mencari pasangan elektronnya supaya susunan atomnya stabil, jika asap rokok ini masuk ke dalam saluran pernapasan maka asap rokok ini akan mencari dan mengambil elektron yang berasal dari saluran napas, misalnya dari epitel bronkus, akibatnya timbul proses inflamasi. Epitel yang rusak akan mengalami proses regenerasi, namun diganti dengan jaringan ikat sehingga terjadilah proses fibrosis (Munawaroh, 2011).

Asap rokok mengandung senyawa antara lain nikotin, CO, NO, HCN, NH₄, *acrolein*, *acetilen*, *benzaldehyde*, *urethane*, *benzene*, *menthol*, *coumarin*, etilkatehol-4, ortokresol, perilen, dan lain-lain. Selain komponen gas, terdapat pula komponen padat atau partikel yang terdiri dari nikotin dan tar (Wardiyah, 2016). Komponen asap rokok seperti nikotin, tar, hidrokarbon dapat memicu terbentuknya radikal bebas pada berbagai sel tubuh, dan dapat menyebabkan reaksi rantai yang dapat menyebar ke seluruh sel. Radikal bebas adalah salah satu produk reaksi kimia dalam tubuh, dimana senyawa ini sangat reaktif dan

mengandung *unpaired* elektron pada orbital luarnya sehingga sebagian besar radikal bebas bersifat tidak stabil (El Daly, 1998).

2.8.2 Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa kimia yang mampu menetralkan radikal bebas. Secara kimia, antioksidan adalah senyawa pemberi elektron. Secara biologis, antioksidan adalah senyawa yang mampu meredakan dampak negatif oksidan dalam tubuh atau yang dapat menangkalkan radikal bebas penyebab kerusakan sel tubuh. Keseimbangan oksidan dan antioksidan sangat penting karena berkaitan dengan sistem imunitas tubuh. Kondisi tersebut untuk menjaga integritas dan fungsi membran lipid, protein sel, dan asam nukleat, serta mengontrol transduksi signal dan ekspresi gen dalam sel imun. Definisi antioksidan yang berupa vitamin C, E, Se, Zn dan *glutathion* dalam derajat ringan hingga berat sangat berpengaruh terhadap respon imun. Penambahan antioksidan dalam tubuh merupakan salah satu upaya untuk mengurangi kerusakan oksidatif atau *stress* oksidatif pada tubuh (Best, 2007).

Antioksidan biasa digunakan untuk menunjukkan senyawa yang mencegah proses oksidasi karena fungsinya sebagai donor elektron bagi radikal bebas. Vitamin E, *α-tocopherol* sangat penting bagi kesehatan beberapa hewan, atau yang biasa dikenal sebagai antioksidan. Hidroksil radikal segera bereaksi dengan anion radikal superoksida (El Daly, 1998). Secara alami tubuh manusia memiliki kemampuan proteksi terhadap radikal bebas melalui produksi enzim *superoksida dismutase* (SOD), *glutathion peroksidase* (GSH Px), katalase, dan protein *glutathio* yang merupakan antioksidan endogen, cara kerja antioksidan ini dengan didukung

oleh antioksidan eksogen dari luar tubuh seperti *phenol*, betakaroten, vitamin E, vitamin C, flavonoid yang banyak dihasilkan oleh tumbuhan (Minarno, 2008)

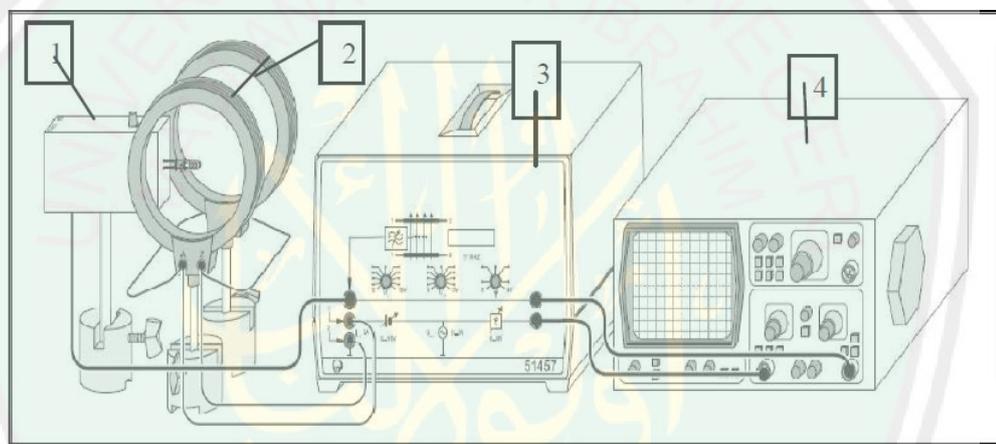
Berdasarkan mekanisme kerja antioksidan digolongkan menjadi tiga kelompok yaitu (Winarsi, 2007):

- a. Antioksidan primer, meliputi enzim *superoksida dismutase* (SOD), katalase, dan *glutation peroxidase* (GSH-Px). Antioksidan primer disebut juga antioksidan enzimatis. Suatu senyawa dikatakan sebagai antioksidan primer, apabila dapat mendonorkan atom hidrogen secara cepat kepada senyawa radikal, kemudian senyawa radikal yang terbentuk segera berubah menjadi senyawa yang lebih stabil sedangkan radikal antioksidan yang terbentuk memiliki keadaan lebih stabil dibandingkan dengan radikal semula. Sebagai antioksidan, enzim-enzim tersebut menghambat pembentukan radikal bebas, dengan memutuskan reaksi berantai (polimerasi), kemudian mengubahnya menjadi bentuk yang lebih stabil. Antioksidan kelompok ini disebut juga *chain-breaking-antioxidant*.
- b. Antioksidan sekunder, disebut juga dengan antioksidan eksogenus atau nonenzimatis. Antioksidan dalam kelompok ini juga disebut sistem pertahanan preventif. Dalam sistem pertahanan ini, terbentuknya senyawa oksigen reaktif dihambat dengan cara penangkapan oksigen dan mengubah hidroperoksida menjadi spesies non radikal, pengkelatan metal, menyerap sinar ultraviolet dan mendeaktivasi oksigen *single*. Antioksidan non-enzimatis dapat berupa non-nutrisi dan komponen nutrisi dari sayuran dan buah-buahan. Kerja sistem antioksidan ini yaitu dengan memotong reaksi

oksidasi berantai dari radikal bebas atau dengan cara menangkapnya. Akibatnya radikal bebas tidak akan bereaksi dengan komponen seluler.

- c. Antioksidan tersier, meliputi sistem enzim *DNA-repair* dan metionin sulfoksida reduktase. Enzim-enzim ini berfungsi dalam perbaikan biomolekuler yang rusak akibat reaktivitas radikal bebas.

2.9 Electron Spin Resonance (ESR)



Gambar 2.13 Sketsa Alat ESR (Anggraini, 2012)

Spektroskopi resonansi *spin* elektron merupakan suatu metode untuk mengamati berbagai jenis pusat paramagnetik seperti radikal, ion metal transisi, ion tanah jarang, serta sistem dalam tingkat triplet, dan berbagai sistem yang mempunyai lebih dari satu elektron tidak berpasangan. Pengamatan pusat paramagnetik dilakukan meletakkan sampel dalam medan magnet kuat dan diberi radiasi gelombang elektromagnet yang mempunyai jangkauan frekuensi *gigahertz* (GHz). Energi foton radiasi gelombang mikro sangat rendah dibandingkan dengan radiasi sinar tampak karena itu gelombang mikro hanya dapat menginduksi

transisi antara dua tingkat energi *spin* elektron yang memiliki momen magnet (John E, 1972).

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

Elektron tidak berpasangan memiliki *spin* $m_s = \pm 1/2$ dan membentuk momentum sudut orbital. Energi sebuah elektron yang memiliki *spin* elektron m_s dapat dinyatakan sebagai fungsi rasio magnetogirik $\gamma = 9,274 \times 10^{-24}$ JT⁻¹ dan faktor g Lande elektron bergantung pada momentum magnet elektron sebagai fungsi magnetron Bohr. Fungsi magnetik Bohr tergantung dengan 3 hal yang nilainya lebih besar dari momen magnet inti sehingga energi keadaan perpecahan *spin* elektron pada medan magnet eksternal lebih besar dari inti (Rizqiyah, 2014).

Keadaan $m_s = -1/2$ adalah kondisi dimana elektron memiliki energi rendah dari pada $m_s = +1/2$ bila *spin* elektron yang mempunyai orientasi $m_s = -1/2$ (dalam keadaan anti paralel terhadap medan magnet eksternal)

dikenai gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi presisinya, maka *spin* elektron dalam keadaan tersebut akan menyerap energi untuk mengembalikan keadaan paralel terhadap medan magnet eksternal $m_s = +1/2$ yang memiliki energi yang lebih tinggi. Fenomena resonansi magnetik dari *spin* elektron terjadi jika penyerapan energi magnetik sebesar hf saat terjadi transisi dari $m_s = -1/2$ ke $m_s = +1/2$ sebanding dengan transisi energi antara dua tingkatan *spin*. Dengan demikian, lingkungan atom yang berpengaruh terhadap sistem yang sedang diperiksa dapat dianalisis dari hasil yang diperoleh:

Momen magnet suatu lilitan tertutup mengikuti hubungan berikut:

$$\mu = IA$$

Bila elektron membuat orbit lingkaran dengan frekuensi ν , maka nilai $I = -ve$ dan

$$A = \pi r^2$$

$$\mu = -ve\pi r^2$$

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

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

Secara umum hubungan di atas dapat ditulis:

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

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

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

Perhatikan satuan $J/Coul = T \text{ m}^2$ sehingga diperoleh $\mu = IA$ (Amp m^2) mempunyai satuan JT^{-1} bila anggapan elektron ataupun inti bukan merupakan titik nilai momen magnet menjadi sebagai berikut:

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

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

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

$\beta = \frac{eh}{4\pi} m$ disebut magneton Bohr yang mempunyai nilai $9,273 \times 10^{-24} \text{ J/T}$. Untuk inti nilai magneton Bohr-nya $\beta_n = 5,05 \times 10^{-27} \text{ J/T}$. Faktor $g_N = Gm_p^p / 2M$ yang harganya merupakan karakteristik inti tertentu. Harga g_N inti mencapai 6 dan positif. Bila elektron atau inti berada dalam medan magnet dengan arah z , maka momen magnet arah z adalah:

$$\mu_z = -g\beta S_z \text{ untuk elektron}$$

$$\mu_z = +g\beta_N I_z \text{ untuk inti}$$

Interaksi antar dipol magnet dan medan magnet akan memberi energi potensial:

$$E = \mu_z B_z$$

Perbedaan energi antara tingkatan energi yang berdekatan:

$$\Delta E = E_{I_z} - E_{I_z-1} = g_N \beta_N [I_z - (I_z - 1)] B_z = g_N \beta_N B_z$$

$$v = \frac{\Delta E}{h} = \frac{(g_N \beta_N B_z)}{h}$$

Transisi elektron atau inti antar dua tingkat energi akan berhubungan dengan penyerapan atau pancaran energi yang mengikuti persamaan di atas. Frekuensi sebanding dengan kuat medan magnet. Karena alasan praktis biasanya medan yang digunakan dalam spektroskopi sekitar 1,5 Tesla untuk inti dan 0,3 Tesla untuk elektron (Peter B A, 1967).

Molekul mempunyai *spin* $S=0$ pada kondisi *ground state*, tetapi molekul radikal bebas juga menghasilkan *spin* elektron dalam keadaan *ground-state*. Pada spektroskopi ESR frekuensi resonansinya terukur pada tingkat transisi antara tingkat Zeeman dan *ground state*, pemisahan Zeeman tidak ditentukan oleh magnetik inti tetapi ditentukan oleh magnetik Bohr, struktur *hyperfine* pada molekul dengan *spin* inti menghasilkan interaksi antara elektron dan *spin* inti menyebabkan banyak pemisahan dari transisi antara kedua keadaan Zeeman dari *spin* elektron m_s (Rizqiyah, 2014).

2.10 SEM (*Scanning Electron Microscopy*) EDX



Gambar 2.14 *Scanning Electron Microscopy* (SEM)
(<http://central-laboratory.um.ac.id/scanning-electron-microscopy-sem-merk-fei-type-inspect-s50.html>)

SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda (Farihatin, 2014). 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 berupa gambar topografi menyajikan bentuk permukaan bahan dengan berbagai lekukan dan tonjolan (Farihatin, 2014).

Prinsip kerja SEM adalah menembakan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi. Permukaan benda yang dikenai berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder segala arah. Tetapi ada satu arah dimana berkas dipantulkan dengan intensitas tinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tinggi. Arah tersebut memberi informasi profil permukaan benda seperti seberapa landai dan kemana arah kemiringan (Farihatin, 2014).

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 pada perangkat komputer (Farihatin, 2014).

Fungsi utama SEM adalah untuk memindai terfokus balok halus elektron ke sampel. Elektron kemudian akan berinteraksi dengan sampel komposisi molekul. Energi dari elektron menuju ke sampel secara langsung dalam proporsi jenis interaksi elektron yang dihasilkan dari sampel. Serangkaian energi elektron terukur dapat dihasilkan yang dianalisis oleh sebuah mikroprosesor yang canggih yang menciptakan gambar tiga dimensi atau spektrum elemen yang unik yang ada dalam sampel. Ini adalah rangkaian elektron yang dibelokkan oleh tumbukan dengan elektron sampel. Sebuah SEM khas memiliki kemampuan untuk menganalisis suatu sampel tertentu menggunakan salah satu metode yang disebutkan di atas. Sayangnya, setiap jenis analisis dianggap merupakan tambahan perangkat (*accessories*) untuk SEM. Aksesoris tambahan yang paling umum ditemui adalah dispersif *x-ray* detektor atau EDX (EDS) yaitu jenis detektor untuk memungkinkan para pengguna menganalisis komposisi molekul pada sampel (Irawan, 2010).

Akibat tuntutan kebutuhan dan perubahan bursa dalam lingkungan teknologi, maka dibuatlah SEM dan EDX yang digabungkan menjadi satu unit (SEM EDX). SEM membentuk suatu gambar dengan menembakkan suatu sinar elektron berenergi tinggi, dengan energi antara 1 hingga 20 keV, melewati sampel dan kemudian mendeteksi '*secondary electron*' dan '*backscattered electron*' yang dikeluarkan. '*Secondary electron*' berasal pada 5-15 nm dari permukaan sampel

dan memberikan informasi topografi dan untuk tingkat yang kurang, pada variasi unsur dalam sampel '*backscattered electron*' terlepas dari daerah sampel yang lebih dalam dan memberikan informasi terutama pada jumlah atom rata-rata dari sampel. Peristiwa tumbukan sinar elektron dengan sampel, yaitu ketika diberikannya energi elektron pada sampel, dapat menyebabkan emisi dari sinar x yang merupakan karakteristik dari atom-atom sampel. Energi dari sinar x merupakan suatu tebaran energi spektrometer dan dapat digunakan untuk identifikasi unsur-unsur pada sampel. Sinar elektron yang terpapar membuat timbulnya elektron dalam keadaan energi yang lebih rendah, mendorongnya melakukan ejeksi dan mengakibatkan pembentukan lubang elektron dalam struktur elektronik atom. Elektron dari kulit, energi luar yang lebih tinggi kemudian mengisi lubang, dan kelebihan energi elektron tersebut dilepaskan dalam bentuk foton sinar-x. Pelepasan sinar-x menciptakan garis spektrum yang sangat spesifik untuk setiap elemen. Dengan cara ini data *x-ray* emisi dapat dianalisis untuk karakterisasi sampel di pertanyaan. Sebagai contoh, kehadiran tembaga sekitar 8,0 dan 8,9 keV dan puncak α L pada 0,85 eV. Dalam unsur-unsur berat seperti tungsten, sebuah α transisi yang berbeda yang mungkin dan banyak puncak karena itu hadir (Irawan, 2010).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Bulan Maret-Agustus 2017. Pembuatan sampel dilakukan di Laboratorium Workshop Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengujian dilakukan di tiga tempat yaitu Laboratorium Fisika Lanjutan, Laboratorium Pengukuran dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang.

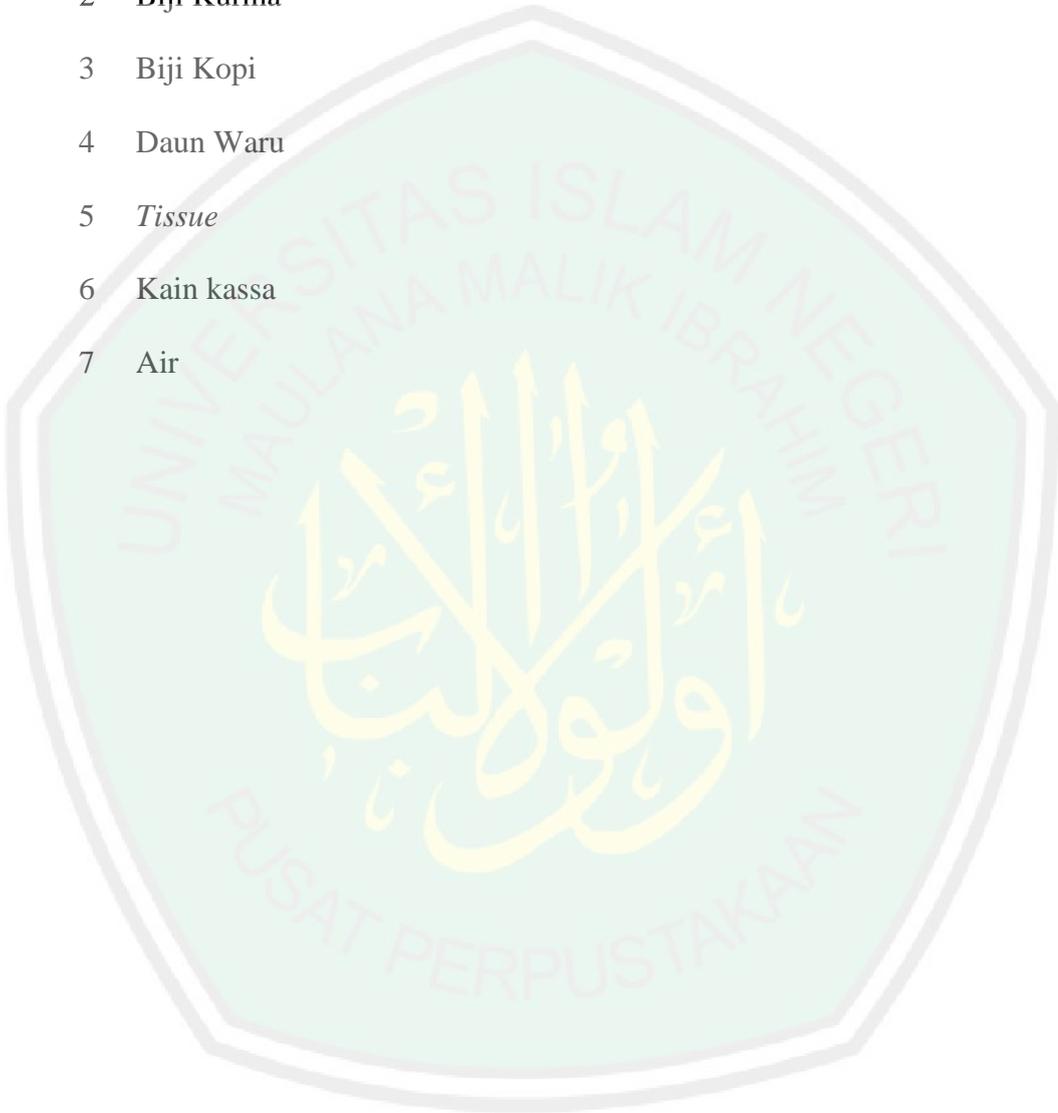
3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

1	ESR (<i>Electro Spin Resonancy</i>)	9	Neraca analitik
2	SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>) <i>Edax</i>	10	Krusibel
		11	Pengaduk gelas
3	<i>Electric Air Pump</i>	12	Spatula
4	Anemomaster	13	Pipet ukur (mili pipet)
5	Oven	14	Pipet tetes
6	<i>Hammer mill</i>	15	Pompa plastik
7	<i>Chapper</i>	16	Selang diameter 0,4-0,7 cm
8	Ayakan 250 mesh dan 30 mesh	17	<i>Hairdryer</i>

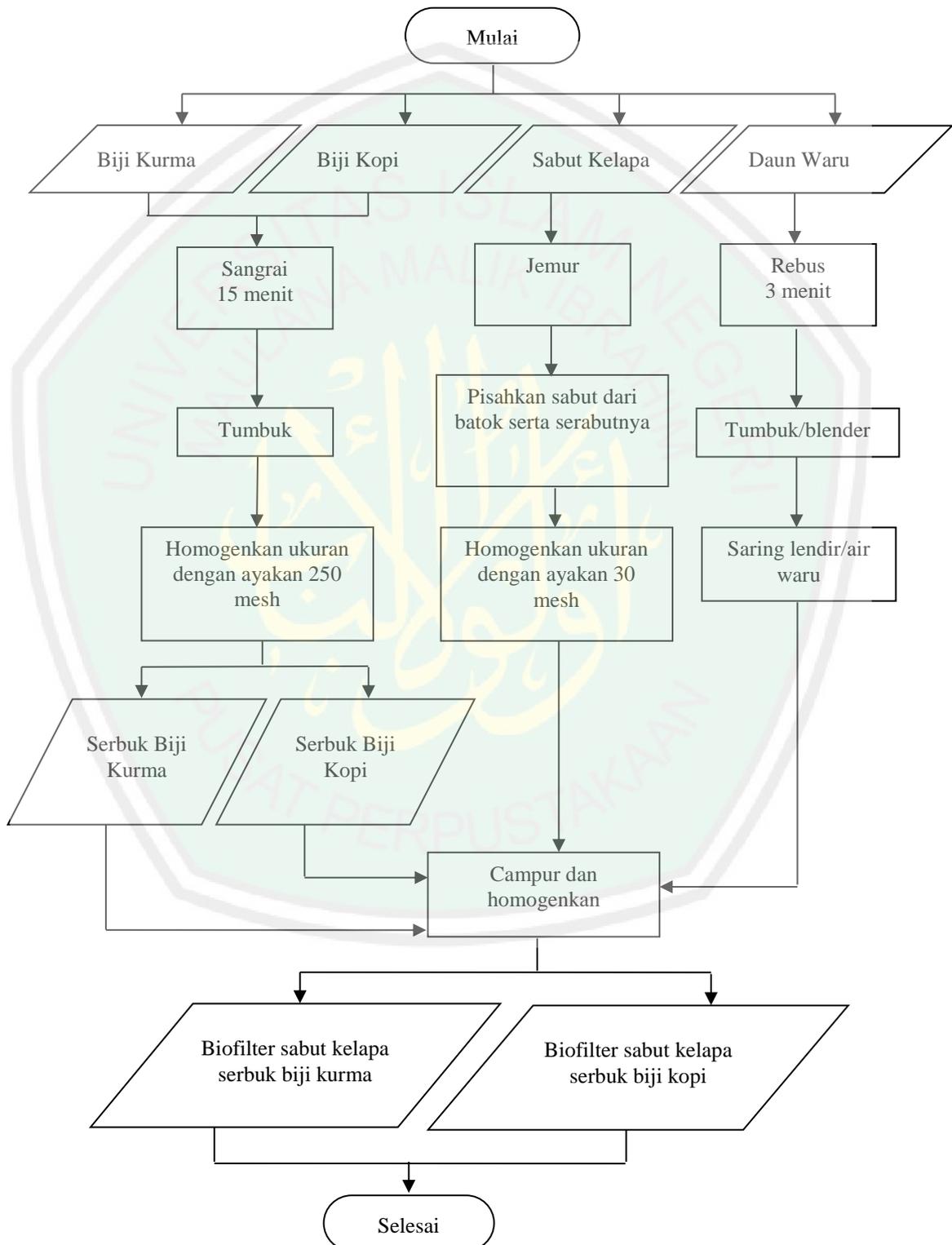
3.2.2 Bahan

- 1 Rokok kretek
- 2 Biji Kurma
- 3 Biji Kopi
- 4 Daun Waru
- 5 *Tissue*
- 6 Kain kassa
- 7 Air



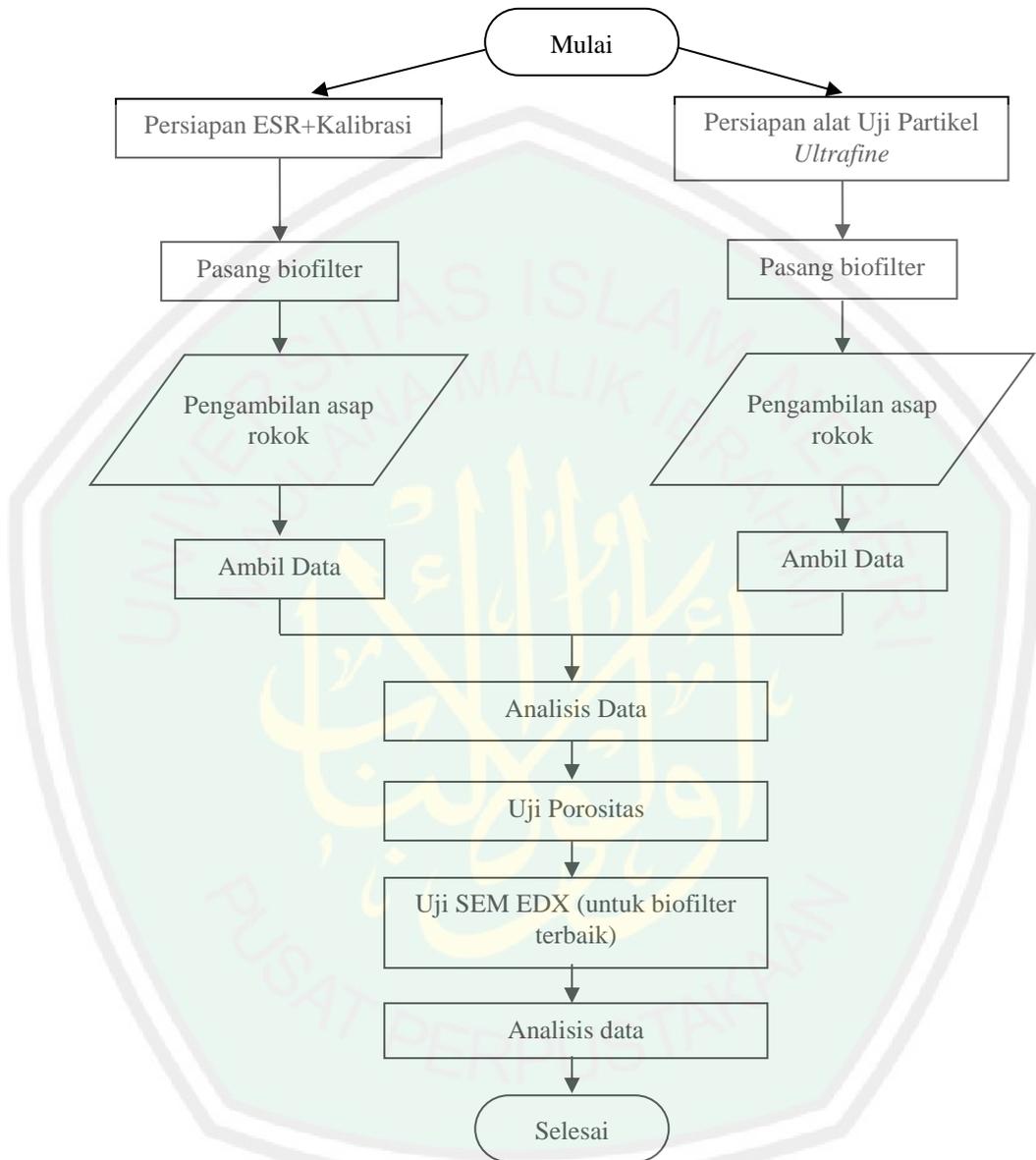
3.3 Rancangan Penelitian

3.3.1 Diagram Alir Pembuatan Biofilter



Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Biofilter

3.3.2 Diagram Alir Perlakuan



Gambar 3.2 Diagram Alir Perlakuan

3.3.3 Langkah Pembuatan Biofilter

- 1 Diambil biji kurma dan biji kopi kemudian dikeringkan dengan cara disangrai selama 15 menit.
- 2 Sabut kelapa dikeringkan dengan cara dijemur sampai mengering (pada saat matahari terik).
- 3 Biji kurma dan biji kopi yang sudah dikeringkan masing-masing kemudian dihancurkan sehingga membentuk serbuk. Pertama proses penghalusan dilakukan menggunakan *hammer mill*, untuk mendapatkan hasil yang optimal dilakukan penghalusan kedua kalinya menggunakan *chapper*.
- 4 Sabut kelapa yang sudah kering, kemudian dipisahkan dari batok kelapa, kemudian dipelintir sampai gabus sabut kelapa berukuran kecil keluar.
- 5 Biji kurma dan biji kopi yang sudah halus kemudian disaring menggunakan ayakan 250 mesh. Untuk sabut kelapa diayak dengan ayakan 50 mesh.
- 6 Hasil masing-masing saringan kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik dengan perbandingan antara sabut kelapa dengan serbuk biji kurma/kopi (sabut kelapa:serbuk biji) = 9:1; 8:2; 7:3; 6:4; 5:5 atau 0,18:0,02 gr; 0,16:0,04 gr; 0,14:0,06 gr; 0,12:0,08 gr; 0,1:0,1 gr.
- 7 Serbuk kemudian dicampur dengan air perasan daun waru sebanyak 0,3 ml (Rahma, 2016):
 - a. Dicuci bersih daun waru sebanyak 80 gram
 - b. Direbus dalam air mendidih sebanyak 900 ml
 - c. Diangkat dan ditiriskan

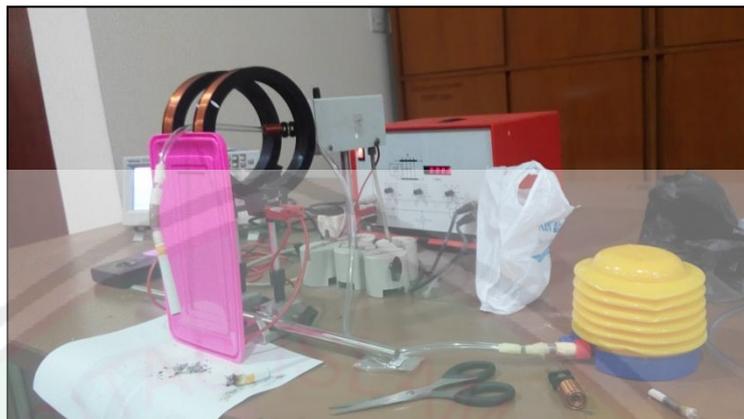
- d. Ditumbuk hingga mengeluarkan lendir dengan tambahan air 40 ml
- e. Diperas dan disaring menggunakan kain penyaring (kassa)

Pencampuran dilakukan dengan takaran daun waru yang konstan tanpa adanya variasi komposisi pada setiap sampel. Kemudian, semua bahan dicampur dan diaduk sampai keduanya menjadi homogen.

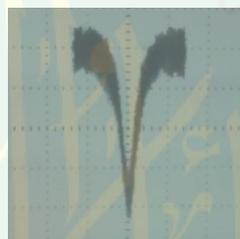
8. Setelah itu, dipadatkan dan dicetak menggunakan sedotan berdiameter 0,7 cm dengan panjang ± 1 cm. Biofilter dibiarkan mengering dan padat.
9. Kemudian setelah padat, biofilter dilepaskan dari cetakan dan kemudian dioven kembali dengan suhu 150 °C selama 15 menit.

3.3.4 Langkah Perlakuan

1. *Electron Spin Resonance* (ESR)
 - a. Dihubungkan ujung selang pada rokok dan disusul dengan biofilter dibelakangnya. Setelah itu pada pangkal selang diletakkan pompa plastik sebagai penghisap asap *mainstream* rokok.
 - b. Pengambilan asap rokok dengan cara membakar rokok, kemudian dihisap dengan menekan pompa plastik secara berkala sehingga asap mengalir dan terkumpul pada selang.
 - c. Pengambilan data dilakukan pada kurva yang terbentuk pada osiloskop, terjadinya resonansi ditunjukkan dengan terbentuknya cekungan pada kurva. Diamati dan direkam data kurva pada osiloskop, dicatat frekuensi dan arusnya.



Gambar 3.3 Uji Radikal Bebas Menggunakan Alat ESR

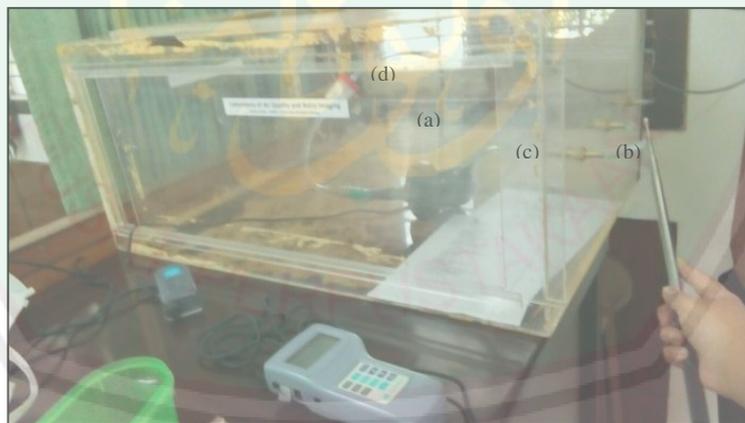


Gambar 3.4 Contoh Pengambilan Data Ukur Resonansi ESR

2. Uji Partikel *Ultrafine*

- a. Dipersiapkan terlebih dahulu alat dan bahan seperti *Electric Air Pump* (a), Anemomaster (b), selang (c) dan filter N95 (d). Untuk filter N95, ditimbang terlebih dahulu berat sebelum pemaparan asap rokok menggunakan neraca analitik.
- b. Dirangkai semua alat dan bahan seperti pada Gambar 3.5.
- c. Sebelum mengambil data, dites terlebih dahulu keluaran asap rokok tanpa adanya biofilter dengan menggunakan *P-track Ultrafine Particle Counter*, untuk mendeteksi adanya kandungan rokok seperti CO_2 . Apabila sudah terdeteksi maka rangkaian siap digunakan tanpa adanya kebocoran.

- d. Dipasangkan biofilter tepat berada di belakang rokok, kemudian diputar secara perlahan alat penentu kekuatan hisap dan hembus *Electric Air Pump* hingga bergetar (kecepatan harus konsisten, pada setiap pergantian biofilter) selama 1 menit. Kemudian dicatat hasil deteksi kecepatan alir asap rokok yang diukur oleh Anemomaster.
- e. Setelah satu menit, *Electric Air Pump* dimatikan, setelah itu filter N95 diambil.
- f. Ulangi tahap d dan e sampai biofilter terakhir.
- g. Ditimbang filter N95 sesudah pemaparan asap rokok menggunakan neraca analitik dan dicatat hasilnya. Kemudian semua data dianalisis menggunakan perhitungan.



Gambar 3.5 Rangkaian Alat Uji Partikel *Ultrafine*

3. *Scanning Electron Microscopy*

SEM adalah alat untuk melihat karakteristik fisis biofilter atau uji morfologi (kerapatan dan porositas). Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui kerapatan dan porositas biofilter. Biofilter dengan hasil uji

terbaik akan diuji SEM. Hasil yang didapatkan berupa citra atau gambar membran biofilter tersebut.



Gambar 2.14 Scanning Electron Microscopy (SEM)
(<http://central-laboratory.um.ac.id/scanning-electron-microscopy-sem-merk-fei-type-inspect-s50.html>)

4. Pengujian Porositas

- a. Dipersiapkan terlebih dahulu piknometer dan biofilter yang sudah melalui pengujian partikel *ultrafine* dan radikal bebas
- b. Kemudian diukur massa dari piknometer kosong, massa piknometer kosong + biofilter kering, massa piknometer kosong + sampel basah, massa piknometer + air dan massa piknometer + air + biofilter basah menggunakan neraca analitik.
- c. Dilakukan tahap (b) hingga 30 biofilter selesai terukur masing-masing massanya.
- d. Hasil pengukuran akan dihitung menggunakan persamaan persentase porositas teknik piknometer.

3.4 Teknik Pengambilan Data

3.4.1 Teknik Pengambilan Data Radikal Bebas

Tabel 3.1 Tabel Data Radikal Bebas

Uji	Massa (gr)		Jenis Radikal Bebas						
	Serbuk Biji	Sabut Kelapa	Hidro-peroksida	CO ₂ ⁻	C	Peroxy	O ₂ ⁻	CuOx	CuGeOx
I	0	0,2							
	0,02	0,18							
	0,04	0,16							
	0,06	0,14							
	0,08	0,12							
	0,1	0,1							
II	0	0,2							
	0,02	0,18							
	0,04	0,16							
	0,06	0,14							
	0,08	0,12							
	0,1	0,1							
III	0	0,2							
	0,02	0,18							
	0,04	0,16							
	0,06	0,14							
	0,08	0,12							
	0,1	0,1							
Kontrol (filter pasar)									

Pengambilan data dilakukan dengan membakar rokok setelah biofilter dipasang dalam satu selang. Penghisapan dilakukan secara berkala hingga asap mengalir melalui biofilter. Pengamatan dilakukan pada kurva yang dihasilkan oleh osiloskop. Resonansi yang ditampilkan berupa cekungan pada grafik, diamati dan direkam data kurvanya dicatat sebagai nilai frekuensi (f) dan arus (I) sambil terus dilakukan penghisapan pompa sehingga asap tetap berada dalam pipet pengukuran, perubahan nilai hanya berlaku untuk nilai frekuensi.

3.4.2 Teknik Pengambilan Data Emisi Partikel *Ultrafine*

Tabel 3.2 Tabel Data Emisi Partikel *Ultrafine*

Biofilter	Debit Asap (Q)	Volume Total Emisi (V)	Jumlah Partikel	Jumlah rata-rata partikel
Serbuk biji 10%	1			
	2			
	3			
Serbuk biji 20%	1			
	2			
	3			
Serbuk biji 30%	1			
	2			
	3			
Serbuk biji 40%	1			
	2			
	3			
Serbuk biji 50%	1			
	2			
	3			

Sebelum pengambilan data, filter N95 harus ditimbang terlebih dahulu sebelum proses pemaparan. Kemudian setelah pemaparan selama satu menit, filter N95 ditimbang kembali untuk mendapatkan massa setelah dipapari asap rokok. Pada pengujian perlu dicatat kecepatan alir asap rokok oleh Anemomaster. Untuk konsistensi penghisapan pada setiap biofilter, digunakan *Electric Air Pump*. Setelah semua data didapatkan, hasil partikel *ultrafine* dapat diketahui dengan proses analisa data.

4.4.3 Teknik Pengambilan Data Porositas

1. Menimbang massa piknometer kering menggunakan neraca analitik (A)
2. Menimbang massa kering biofilter + piknometer kosong menggunakan neraca analitik (B).

3. Menimbang massa basah biofilter setelah dicelupkan di dalam air sampai semua permukaan biofilter tenggelam + piknometer kosong menggunakan neraca analitik (C).
4. Menimbang massa piknometer berisi air menggunakan neraca analitik (D).
5. Menimbang massa basah biofilter setelah dicelupkan di dalam air sampai semua permukaan biofilter tenggelam + piknometer berisi air menggunakan neraca analitik (E).
6. Dicatat semua hasil kemudian dihitung menggunakan beberapa persamaan

Tabel 3.3 Tabel Data Porositas

Membran biofilter serabut kelapa		A	B	C	D	E	Porositas (%)
Komposisi Sabut:Kurma (gr)	10%						
	20%						
	30%						
	40%						
	50%						
Komposisi Sabut:Kopi (gr)	10%						
	20%						
	30%						
	40%						
	50%						

3.5 Analisis Data

3.5.1 Analisis Data Uji Radikal Bebas (ESR)

Data hasil penelitian pada uji radikal bebas berbentuk grafik yang tergambar secara analitik pada alat *Electron Spin Resonance* (ESR) dan untuk mengetahui unsur radikal bebas apa yang berhasil lolos dari biofilter (sampel) dapat diketahui dari perhitungan sebagai berikut:

1. Perhitungan Faktor Kalibrasi dari DPPH, rumus medan magnet:

$$B = \mu_0 \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{n}{r} I$$

B = medan magnet

$\mu_0 = 1,2566 \cdot 10^{-6}$

n = jumlah lilitan kumparan

r = besar jari-jari kumparan

I = arus (didapatkan dari pengukuran ESR)

- Setelah didapatkan nilai medan magnet (B), selanjutnya dicari faktor g

DPPH dengan rumus:

$$\text{faktor } g = \frac{6,625 \times 10^{-34} \cdot f}{9,273 \times 10^{-24} \cdot B}$$

f = frekuensi (didapatkan dari pengukuran ESR)

B = medan magnet

- Kemudian faktor g DPPH yang didapatkan pada eksperimen dibandingkan dengan faktor g DPPH literatur. Dari hasil perbandingan tersebut merupakan faktor kalibrasi:

$$\text{faktor kalibrasi} = \frac{\text{faktor } g \text{ literatur}}{\text{faktor } g \text{ eksperimen}}$$

- Setelah didapatkan faktor kalibrasi, kemudian dilanjutkan dengan mengetahui faktor g pada setiap sampel (biofilter) dengan perhitungan yang sama yaitu mencari medan magnet (B) dan faktor g . Setelah itu faktor g dari setiap sampel (biofilter) dibagi dengan faktor kalibrasi:

$$\text{faktor } g \text{ emisi} = \text{faktor } g \times \text{faktor kalibrasi}$$

- Hasil faktor g emisi tersebut kemudian dicari dalam tabel faktor g , dalam tabel akan terlampir nama-nama senyawa radikal bebas. Radikal bebas

yang terukur dalam ESR atau dalam perhitungan merupakan radikal bebas yang mampu lolos dari sampel (biofilter). Tabel faktor g sebagai berikut:

Tabel 3.4 Nilai faktor g (Lostari, 2011)

No.	Jenis Radikal Bebas	Faktor g
1	O	1,501
2	Fe ²⁺	1,77
3	MnO ₂	1,8367
4	FeS	1,86
5	Hidroperoksida	1,9896
6	CO ₂ ⁻	1,996-2,0007
7	Cu	1,997
8	SO ₄ ⁻	1,9976
9	<i>Hidroxy</i>	2,00047
10	CO ₂	2,0007
11	<i>Alkoxy</i>	2,0016-2,11197
12	Helium	2,002
13	Metanol	2,00205
14	Alkil	2,00206
15	Radikal Bebas	2,00232
16	Hidrogen	2,00232
17	Metil	2,00255-2,00286
18	O ₂ ⁻	2,0356
19	DPPH	2,0036
20	SO ₃ ⁻	2,0037
21	Etil	2,0044
22	C	2,00505-2,00548
23	<i>Peroxy</i>	2,0155-2,0265
24	CuO _x	2,098
25	CuGeO ₃	2,154
26	Yb ₂ Cu ₃ O ₇	2,24
27	Cu-HA	2,289
28	Hg	4,0-4,5

3.5.2 Analisis Data Uji Partikel *Ultrafine*

Perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan jumlah total partikel *ultrafine* adalah pertama dihitung debit asap keseluruhan dengan rumus (Aslamiyah, 2014):

$$Q = A \cdot v$$

Dimana Q adalah debit asap, A luas permukaan lubang selang dengan rumus lingkaran ($\pi \cdot r^2$) dan v adalah kecepatan aliran asap. Kemudian dicari total emisi selama 60 detik,

$$V_{tot\ emisi} = Q \cdot t$$

Dimana $V_{tot\ emisi}$ adalah volume total emisi selama t (60 s). Kemudian untuk mengetahui jumlah total partikel *ultrafine* menggunakan rumus:

$$N_{tot\ PM_{0,1}} = \frac{V_{tot\ emisi}}{V_{PM_{0,1}}}$$

Dengan $N_{tot\ PM_{0,1}}$ merupakan jumlah rata-rata partikel *ultrafine*, $V_{PM_{0,1}}$ merupakan volume untuk satu buah partikel *ultrafine* dengan rumus:

$$V_{PM_{0,1}} = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (r = \pm 5 \times 10^{-10})$$

3.5.3 Analisis Data Uji Porositas

Uji Porositas yang dilakukan merupakan Uji Porositas yang menggunakan teknik piknometer. Tahap-tahap yang dilakukan diantaranya menimbang massa piknometer kosong, piknometer kosong + sampel kering, piknometer kosong + sampel basah, Piknometer + air dan Piknometer + air + sampel basah menggunakan neraca analitik. Kemudian setelah ditentukan semua massa tersebut, maka tinggal dihitung menggunakan beberapa persamaan:

$$\begin{aligned} M_s &= (\text{massa pikno kosong} + \text{sampel basah}) - (\text{massa pikno kosong}) \\ M_d &= (\text{massa pikno kosong} + \text{sampel kering}) - (\text{massa pikno kosong}) \\ M_i &= (\text{massa pikno} + \text{air} + \text{sampel basah}) - (\text{massa pikno} + \text{air}) \end{aligned}$$

Setelah semuanya ditentukan, maka dihitung persentase (%) porositas yang dipunyai oleh masing-masing biofilter dengan persamaan:

$$\text{Porositas}(\%) = \frac{(M_s - M_d)}{(M_s - M_i)} \times 100\%$$

Pengujian porositas dengan teknik piknometer merupakan salah satu pengujian porositas yang dapat membantu untuk menganalisis pori-pori dan daya serap yang dimiliki oleh sampel biofilter. Semakin besar persentase porositas yang didapatkan, maka semakin banyak pori-pori yang dimiliki oleh biofilter. Persentase porositas memengaruhi aliran fluida seperti gas asap rokok dalam melalui sampel biofilter dan memengaruhi hasil pengujian radikal bebas dan partikel *ultrafine*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

4.1.1 Pembuatan Biofilter

Pembuatan biofilter dilakukan di Laboratorium Riset Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembuatan biofilter terdiri dari dua jenis sampel yaitu campuran sabut kelapa dengan serbuk biji kurma dan campuran sabut kelapa dengan serbuk biji kopi. Tahap pertama yaitu memisahkan sabut kelapa dari batok kelapa dan serabut-serabutnya, batok kelapa tua berwarna coklat kemudian dijemur di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar air. Dalam penelitian, penjemuran batok kelapa dilakukan selama 3 hari, mulai dari pukul 07.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB. Setelah batok kelapa kering, sabut kelapa dipisahkan dari batok kelapa dengan cara digaruk menggunakan garpu. Untuk mendapatkan ukuran sabut yang sama, sabut kelapa yang sudah dipisahkan dari batok kelapa dan serabut-serabutnya diayak menggunakan ayakan berukuran 30 mesh untuk mendapatkan tekstur yang lebih nyata menyerupai gabus filter.

Tahap kedua, yaitu menghaluskan biji kurma dan biji kopi secara terpisah. Biji kurma yang sudah dipisahkan dengan dagingnya, direndam dengan air selama 30 menit untuk membersihkan daging kurma yang masih menempel pada biji. Setelah itu biji dijemur di bawah terik matahari selama 1 jam dengan tujuan untuk mengurangi kadar air, setelah itu biji kurma disangrai menggunakan kompor manual selama 15 menit. Menurut Bilqis (2014) biofilter biji kurma dengan teknik

pengeringan disangrai merupakan biofilter paling efektif dalam menangkal radikal bebas. Setelah disangrai, biji kurma kemudian dihancurkan menggunakan mortal dan alu hingga menjadi serbuk, kemudian serbuk biji kurma disetarakan ukurannya menggunakan ayakan berukuran 250 mesh. Optimalisasi penyerapan radikal bebas asap rokok oleh biofilter dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran serbuk bahan yang digunakan sehingga lebih rapat ayakan yang digunakan efektivitas biofilter yang dihasilkan akan lebih baik juga. Biofilter dengan ukuran ayakan 250 mesh merupakan yang paling efektif untuk menyerap radikal bebas asap rokok. Untuk biji kopi, dilakukan perlakuan yang sama seperti biji kurma untuk meminimalisir terjadinya kesalahan analisis.

Tahap ketiga adalah menyiapkan air perasan daun waru, yang pertama yaitu membersihkan daun waru dengan air bersih, kemudian daun direbus di dalam air bersih yang sudah dididihkan selama 15 menit. Setelah daun layu, daun kemudian dihaluskan menggunakan mortal alu atau dapat juga dihaluskan menggunakan blender tanpa air untuk melarutkan. Kemudian daun yang sudah dihaluskan diperas menggunakan kain kassa.

Perbandingan komposisi dicari dengan cara mengisi cetakan biofilter yang terbuat dari pipa plastik dengan ukuran panjang 1,5 cm dan diameter 0,7 cm dengan sabut kelapa, kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik. Setelah didapatkan komposisi 100% sabut kelapa (0,2 gr), dicari komposisi serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi dengan variasi komposisi (sabut kelapa : serbuk biji): (0,1:0,1 gr); (0,12:0,08 gr); (0,14:0,06 gr); (0,16:0,04 gr); (0,18:0,02 gr). Sedangkan untuk komposisi daun waru tetap yaitu sebanyak 0,5 ml. Dalam

pembuatan biofilter, dihomogenkan terlebih dahulu sabut kelapa dan serbuk biji menggunakan gelas ukur dan pengaduknya menggunakan spatula, kemudian ditambahkan air daun waru sebagai perekat sebanyak 0,5 ml pada masing-masing sampel, diaduk sampai homogen. Biofilter kemudian dicetak dalam pipa plastik dan dibiarkan mengering. Setelah mengering biofilter dikeluarkan dari cetakan dan kemudian dioven pada suhu 150 °C selama 10 menit. Tahap pengovenan dilakukan untuk memperkuat struktur biofilter dengan mengurangi kadar air di dalamnya sehingga bentuknya lebih utuh, serta dalam pengovenan akan terbentuk pori-pori biofilter (Rizkiyah, 2014). Setelah melalui tahap oven, biofilter didiamkan sampai suhunya menurun, kemudian dapat digunakan sebagai sampel uji.

4.1.2 Pengujian *Electron Spin Resonance* (ESR)

Pengujian emisi radikal bebas menggunakan alat *Electron Spin Resonance* (ESR) dilakukan di Laboratorium Fisika Lanjutan Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Sebelum melakukan uji sampel, alat dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan molekul organik DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil). DPPH digunakan sebagai kalibrator alat ESR karena DPPH merupakan molekul radikal bebas stabil yang mempunyai satu buah atom N tidak berpasangan serta elektron DPPH tidak memiliki momentum angular ($l=0$). Kemudian sampel DPPH diletakkan pada medan magnet searah diantara koil yang dialiri medan magnet bolak-balik (AC) sehingga terjadi resonansi. Perubahan fase ditampilkan dalam bentuk kurva simetris pada osiloskop. Setelah itu dihitung faktor g DPPH

eksperimen tersebut dengan mencari nilai medan magnet (B) terlebih dahulu dengan rumus (Rizqiyah, 2014):

$$B = \mu_0 \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{n}{r} I \quad (4.1)$$

B = medan magnet

$\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6}$

n = jumlah lilitan kumparan

r = besar jari-jari kumparan

I = arus (didapatkan dari pengukuran ESR)

Hasil medan magnet tersebut kemudian digunakan untuk menentukan nilai faktor g DPPH eksperimen dengan rumus:

$$f \text{ faktor } g = \frac{6,625 \times 10^{-34} \cdot f}{9,273 \times 10^{-24} \cdot B} \quad (4.2)$$

f = frekuensi (didapatkan dari pengukuran ESR)

B = medan magnet

Kemudian faktor g DPPH eksperimen dibandingkan dengan faktor g DPPH literatur. Nilai faktor g DPPH literatur adalah 2.0036:

$$f \text{ faktor kalibrasi} = \frac{f \text{ faktor } g \text{ literatur}}{f \text{ faktor } g \text{ eksperimen}} \quad (4.3)$$

Setelah dilakukan kalibrasi alat, biofilter yang sudah dioven dipasangkan di rokok kretek dalam selang berukuran 0,7 cm. Kemudian salah satu ujung dari selang plastik tersebut dipasang ke lubang hisap pompa plastik. Setelah terpasang, kemudian dilakukan penghisapan asap rokok sampai memenuhi selang dan dimulai pengaturan beda fase nilai frekuensi secara perlahan-lahan hingga diperoleh kurva simetris pada osiloskop. Setelah didapatkan data frekuensi dan arus dari masing-masing sampel, dihitung faktor g dengan menggunakan persamaan (4.1) dan (4.2). Kemudian faktor g dari percobaan biofilter dikalikan

dengan faktor kalibrasi (4.3) untuk mendapatkan nilai faktor g yang ada pada tabel 3.4. Hasil perkalian tersebut merupakan radikal bebas yang lolos dari biofilter. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1 Hasil Uji Radikal Bebas Biofilter Sabut Kelapa dan Serbuk Biji Kopi

Uji	Massa (gr)		Jenis Radikal Bebas						
	Biji Kopi	Sabut Kelapa	Hidro-peroksida	CO ₂ ⁻	C	Peroxy	O ₂ ⁻	CuOx	CuGeO ₃
I	0	0,2		+					
	0,02	0,18	+						
	0,04	0,16	+						
	0,06	0,14							
	0,08	0,12							
	0,1	0,1	+						
II	0	0,2	+		+				
	0,02	0,18		+					
	0,04	0,16				+			
	0,06	0,14				+			
	0,08	0,12							
	0,1	0,1							
III	0	0,2				+			
	0,02	0,18		+					
	0,04	0,16	+						
	0,06	0,14			+				
	0,08	0,12				+			
	0,1	0,1			+				
Kontrol (filter pasar)			+	+	+	+	+		
Kontrol (tanpa filter)			+	+	+	+	+	+	+

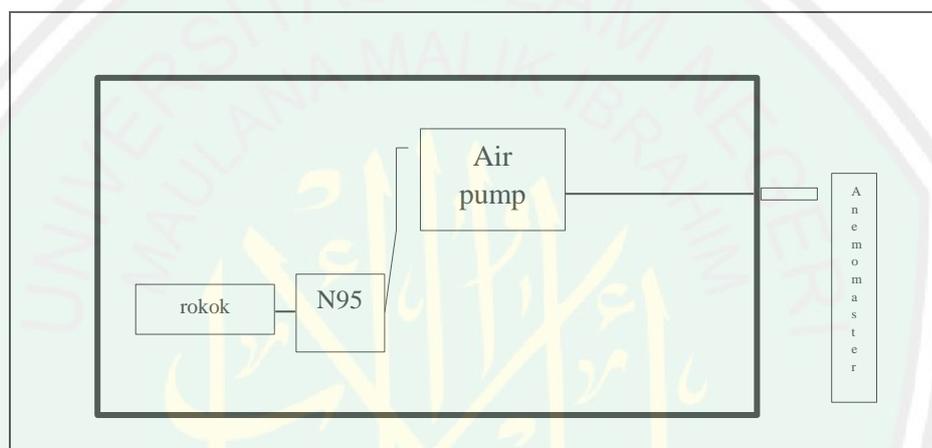
Tabel 4.2 Hasil Uji Radikal Bebas Biofilter Sabut Kelapa dan Serbuk Biji Kurma

Uji	Massa (gr)		Jenis Radikal Bebas						
	Biji Kurma	Sabut Kelapa	Hidro-peroksida	CO ₂ ⁻	C	Peroxy	O ₂ ⁻	CuOx	CuGeO ₃
I	0	0,2	+						
	0,02	0,18	+						
	0,04	0,16		+					
	0,06	0,14				+			
	0,08	0,12							
	0,1	0,1							
II	0	0,2		+					
	0,02	0,18			+				
	0,04	0,16		+					
	0,06	0,14				+			
	0,08	0,12			+				
	0,1	0,1							
III	0	0,2		+					
	0,02	0,18	+						
	0,04	0,16							
	0,06	0,14		+					
	0,08	0,12				+			
	0,1	0,1	+						
Kontrol (filter pasar)			+	+	+	+	+		
Kontrol (tanpa filter)			+	+	+	+	+	+	+

4.1.3 Pengujian Partikel *Ultrafine*

Pengujian partikel *ultrafine* dilakukan di Laboratorium Instrumentasi dan Pengukuran Jurusan Fisika Universitas Brawijaya. Pengujian ini menggunakan beberapa alat, yang pertama adalah *Electric Air Pump* yang digunakan untuk menghisap dan menghembuskan asap rokok. *Electric Air Pump* mempunyai dua lubang, lubang yang pertama digunakan untuk menghisap dan lubang yang kedua digunakan untuk menghembuskan asap rokok yang telah dihisap, penghisapan dan penghembusan terjadi pada waktu dan kecepatan yang sama. Pada lubang penghisap dihubungkan selang berdiameter 0,7 cm kemudian pada ujung selang diletakkan filter N95 yang telah ditempatkan di suatu wadah yang sudah dilubangi untuk meletakkan selang, setelah itu pada salah satu ujung wadah dihubungkan lagi dengan selang yang akan ditempatkan rokok dan sampel biofilter. Pada

lubang penghembus dihubungkan juga dengan selang berdiameter 0,7 cm dan diujungnya diletakkan Anemomaster untuk mengukur kecepatan alir asap yang dihembuskan. Penggunaan filter N95 pada percobaan adalah untuk meloloskan partikel *ultrafine* dan menangkap partikel yang lebih besar daripada partikel *ultrafine*.



Gambar 4.1 Sketsa Pengujian Partikel *Ultrafine*

Filter N95 digunakan untuk menangkap partikel-partikel yang lebih besar daripada partikel *ultrafine* sehingga dapat meloloskan partikel *ultrafine*. Filter N95 biasa digunakan untuk melindungi diri dari partikel halus yang berukuran 0,3 mikron hingga 0,1 nm. Sebelum dilakukan pemaparan harus ditimbang terlebih dahulu dan setelah selesai pemaparan filter N95 harus ditimbang massanya. Setelah selesai dirangkai alat seperti pada gambar 4.1, dilakukan pemaparan asap rokok pada setiap sampel biofilter. Sebuah Filter N95 digunakan untuk satu sampel biofilter, dengan waktu pemaparan atau penghisapan asap rokok selama 60 detik. Hasil yang dicatat pada penelitian adalah kecepatan alir asap rokok yang dihisap.

Perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan jumlah total partikel *ultrafine* adalah dihitung terlebih dahulu debit asap keseluruhan dengan rumus (Aslamiyah, 2014):

$$Q = A \cdot v$$

Dimana Q adalah debit asap (m^3/s), A luas permukaan lubang selang (m^2) dengan rumus lingkaran ($\pi \cdot r^2$) dan v adalah kecepatan aliran asap (m/s). Kemudian dicari total emisi selama 60 detik,

$$V_{tot\ emisi} = Q \cdot t$$

Dimana $V_{tot\ emisi}$ adalah volume total emisi (m^3) selama t (60 s). Kemudian untuk mengetahui jumlah total partikel *ultrafine* menggunakan rumus:

$$N_{tot\ PM_{0,1}} = \frac{V_{tot\ emisi}}{V_{PM_{0,1}}}$$

Dengan $N_{tot\ PM_{0,1}}$ merupakan jumlah rata-rata partikel *ultrafine*, $V_{PM_{0,1}}$ merupakan volume untuk satu buah partikel *ultrafine* (m^3) dengan rumus:

$$V_{PM_{0,1}} = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (r = \pm 5 \times 10^{-10})$$

Dari serangkaian penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil seperti pada tabel 4.3 dan 4.4.

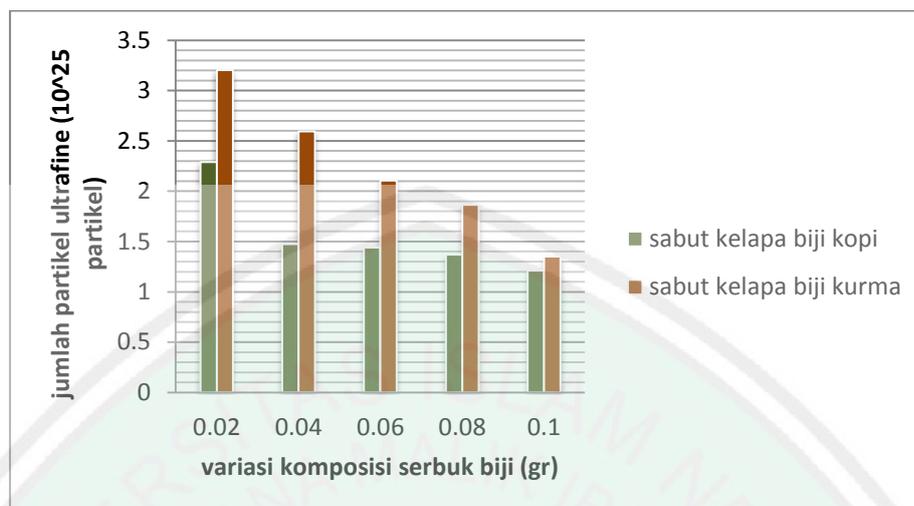
Tabel 4.3 Hasil Uji Partikel *Ultrafine* Biofilter Sabut Kelapa Serbuk Biji Kopi

Biofilter		Debit Asap (Q)	Volume Total Emisi (V)	Jumlah Partikel (partikel)	Jumlah rata-rata partikel (partikel)
Rokok filter CA		0,000168092	0,010085523	$1,92717 \times 10^{25}$	
Sabut:kopi (0,18:0,02 gr)	1	0,000248484	0,014909034	$2,84886 \times 10^{25}$	$2,29026 \times 10^{25}$
	2	0,000190017	0,011401026	$2,17854 \times 10^{25}$	
	3	0,000160784	0,009647022	$1,84338 \times 10^{25}$	
Sabut:kopi (0,16:0,04 gr)	1	0,000139628	0,008377677	$1,60083 \times 10^{25}$	$1,47441 \times 10^{25}$
	2	0,000119626	0,007177569	$1,37151 \times 10^{25}$	
	3	0,00012655	0,007592991	$1,45089 \times 10^{25}$	
Sabut:kopi (0,14:0,06 gr)	1	0,000120395	0,007223727	$1,38033 \times 10^{25}$	$1,43766 \times 10^{25}$
	2	0,000139243	0,008354598	$1,59642 \times 10^{25}$	
	3	0,000116549	0,006992937	$1,33623 \times 10^{25}$	
Sabut:kopi (0,12:0,08 gr)	1	0,000122319	0,007339122	$1,40238 \times 10^{25}$	$1,36857 \times 10^{25}$
	2	0,000102702	0,006162093	$1,17747 \times 10^{25}$	
	3	0,000133089	0,007985334	$1,52586 \times 10^{25}$	
Sabut:kopi (0,1:0,1 gr)	1	0,000125011	0,007500675	$1,43325 \times 10^{25}$	$1,20981 \times 10^{25}$
	2	0,000102702	0,006162093	$1,17747 \times 10^{25}$	
	3	0,000088854	0,005331249	$1,01871 \times 10^{25}$	

Tabel 4.4 Hasil Uji Partikel *Ultrafine* Biofilter Sabut Kelapa Serbuk Biji Kurma

Biofilter		Debit Asap (Q)	Volume Total Emisi (V)	Jumlah Partikel (partikel)	Jumlah rata-rata partikel (partikel)
Sabut:kurma (0,18:0,02 gr)	1	0,000315798	0,018947859	$3,62061 \times 10^{25}$	$3,20313 \times 10^{25}$
	2	0,000210404	0,012624213	$2,41227 \times 10^{25}$	
	3	0,000311951	0,018717069	$3,57651 \times 10^{25}$	
Sabut:kurma (0,16:0,04 gr)	1	0,000239252	0,014355138	$2,74302 \times 10^{25}$	$2,59455 \times 10^{25}$
	2	0,000217712	0,013062714	$2,49606 \times 10^{25}$	
	3	0,000221943	0,013316583	$2,54457 \times 10^{25}$	
Sabut:kurma (0,14:0,06 gr)	1	0,000177324	0,010639419	$2,03301 \times 10^{25}$	$2,10651 \times 10^{25}$
	2	0,000164246	0,009854733	$1,88307 \times 10^{25}$	
	3	0,000209634	0,012578055	$2,40345 \times 10^{25}$	
Sabut:kurma (0,12:0,08)	1	0,000171169	0,010270155	$1,96245 \times 10^{25}$	$1,86543 \times 10^{25}$
	2	0,000159245	0,009554706	$1,82574 \times 10^{25}$	
	3	0,000157707	0,00946239	$1,8081 \times 10^{25}$	
Sabut:kurma (0,1:0,1)	1	0,000121934	0,007316043	$1,39797 \times 10^{25}$	$1,3524 \times 10^{25}$
	2	0,000124242	0,007454517	$1,42443 \times 10^{25}$	
	3	0,000107702	0,00646212	$1,2348 \times 10^{25}$	

Hubungan antara jumlah partikel *ultrafine* dengan variasi komposisi serbuk biji dapat dilihat pada gambar 4.2:



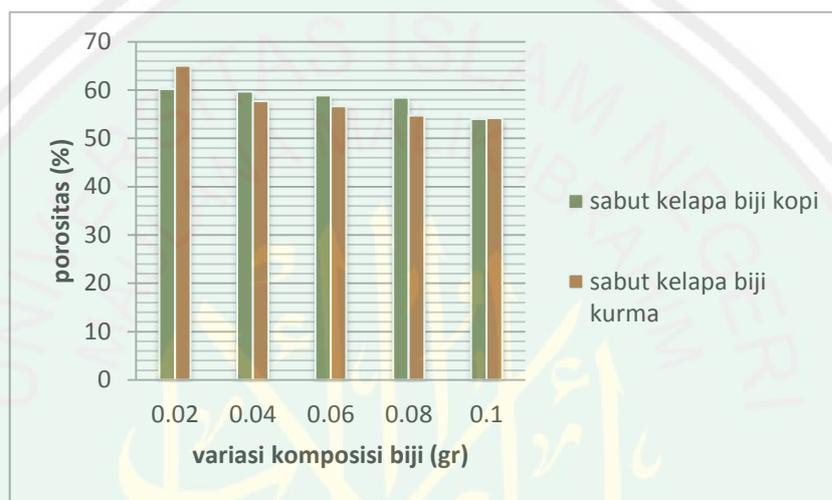
Gambar 4.2 Hubungan Jumlah Partikel *Ultrafine* dengan Variasi Komposisi Serbuk Biji

Pada pengujian partikel *ultrafine* juga dilakukan pengujian porositas sebagai uji pendukung. Pengujian dilakukan di Laboratorium Termodinamika Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengujian porositas dilakukan untuk mengetahui daya serap yang dimiliki oleh biofilter, semakin besar daya serap maka semakin banyak pori-pori yang dimiliki oleh biofilter. Pengujian dilakukan dengan cara menimbang massa kering dan massa basah biofilter yang telah direndam sampai permukaan biofilter terendam oleh air. Hasil uji kerapatan dan porositas ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Uji Porositas Biofilter

Membran biofilter sabut kelapa		Porositas membran (%)
Komposisi Sabut:Kurma (gr)	0,18:0,02	65,04065041
	0,16:0,04	57,69230769
	0,14:0,06	56,60377358
	0,12:0,08	54,73684211
	0,1:0,1	54,16666667
Komposisi Sabut:Kopi (gr)	0,18:0,02	60,21505376
	0,16:0,04	59,63302752
	0,14:0,06	58,88888889
	0,12:0,08	58,41584158
	0,1:0,1	54

Dari hasil pengujian porositas dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar komposisi serbuk biji akan semakin kecil daya porositas yang dimiliki biofilter. Hubungan antara porositas dengan penambahan komposisi serbuk biji dapat dilihat pada gambar 4.3.

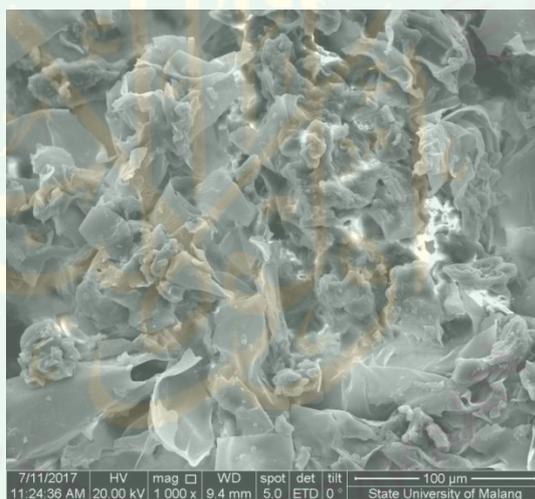


Gambar 4.3 Hubungan Variasi Komposisi Massa Serbuk Biji Terhadap Porositas Biofilter Sabut Kelapa

4.1.4 Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) EDAX

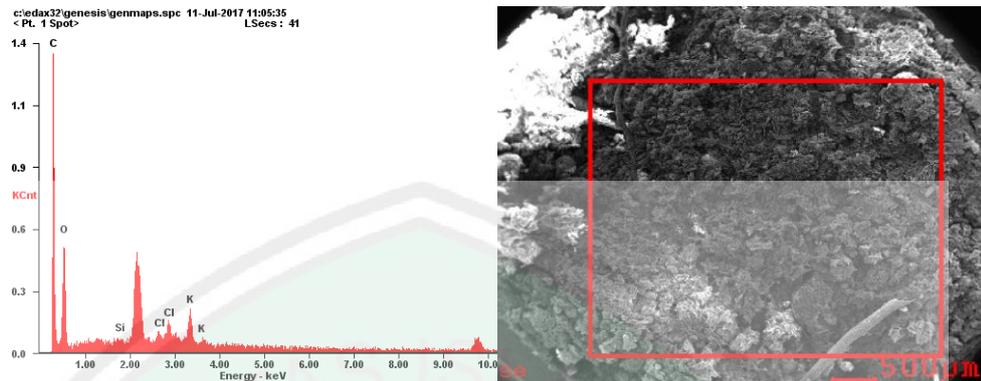
Pengujian SEM EDAX bertujuan untuk mengetahui struktur permukaan biofilter dan sekaligus mengetahui kandungan yang ada di permukaan biofilter. Struktur permukaan dapat diketahui dengan perbesaran mencapai 25000 kali. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang. Pemilihan sampel uji SEM EDAX didasarkan pada biofilter yang mempunyai efektivitas paling baik terhadap penangkalan radikal bebas dan partikel *ultrafine*, yaitu biofilter sabut kelapa dengan campuran serbuk biji kurma dengan kadar 50:50 % (0,1:0,1 gr).

Sampel yang akan dianalisis ditempelkan pada *conducting glue* menggunakan *hand blower*, kemudian dilakukan proses *coating* untuk melapisi sampel dengan aurum. Pelapisan tersebut memiliki tujuan agar selama proses *scanning* sampel tidak rusak selain itu untuk mengubah biofilter menjadi lebih konduktif sehingga berkas elektron yang dipancarkan mesin dapat dipantulkan dan menghasilkan gambar topografi permukaan sampel. Hasil pembesaran gambar permukaan biofilter yang didapatkan seperti yang terlihat pada gambar 4.4.



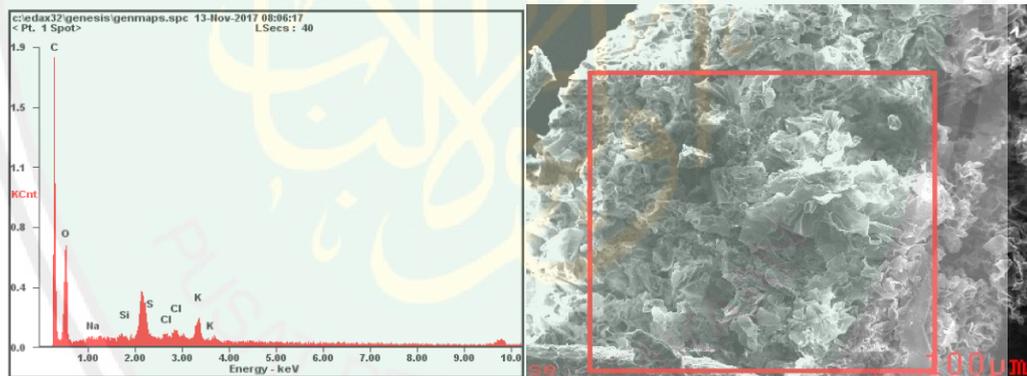
Gambar 4.4 Hasil SEM Pembesaran 1000x

Hasil analisis EDAX bertujuan untuk mengetahui kandungan yang ada di permukaan biofilter setelah dipapari asap rokok. Hasil pancaran elektron yang tersebar ke seluruh permukaan biofilter akan menghasilkan tebaran energi spektrometer yang bervariasi. Variasi tersebut akan menunjukkan jumlah atom rata-rata yang ada di permukaan sampel yang terkena pancaran elektron, sehingga memungkinkan peneliti untuk mengetahui unsur apa saja yang terdapat pada permukaan sampel. Hasil yang didapatkan seperti pada gambar 4.5, 4.6 dan 4.7.



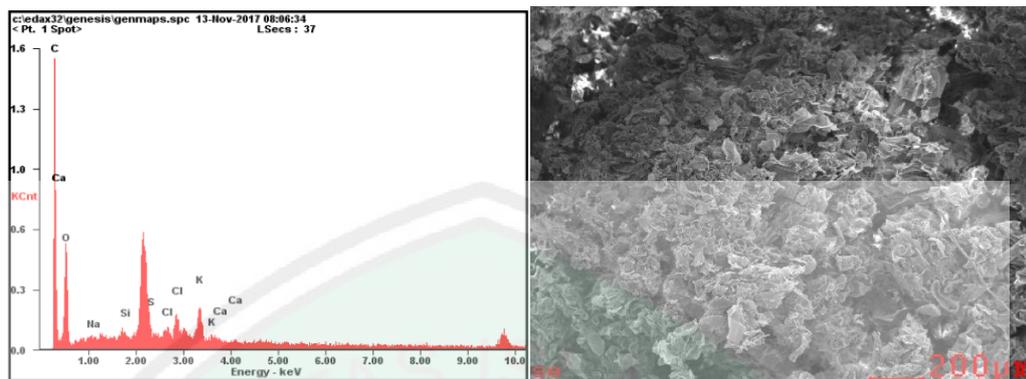
Gambar 4.5 Hasil EDAX pada titik pertama

Pengamatan EDAX pada titik pertama didapatkan sebanyak 4 unsur yang diketahui terdapat di sampel biofilter, yaitu karbon (57,73%), oksigen (37,52%), klorida (0,79%) dan kalium (3,97%).



Gambar 4.6 Hasil EDAX pada titik kedua

Pada titik kedua didapatkan 7 unsur yang diketahui terdapat dalam sampel, yaitu karbon (58,98%), oksigen (35,7%), natrium (0,47%), silikon (0,36%), sulfur (0,62%), klorin (0,78%), dan kalium (3,09%).



Gambar 4.7 Hasil EDAX pada titik ketiga

Pada titik ketiga didapatkan 8 unsur yang diketahui terdapat dalam sampel, yaitu karbon (48,76%), oksigen (40,76%), natrium (0,7%), silikon (0,64%), sulfur (1,6%), klorin (1,63%), kalium (5,16%), dan kalsium (0,75%).

4.2 Pembahasan

Biofilter merupakan bahan-bahan alami yang dicampurkan dan diolah menjadi material komposit. Pembuatan biofilter tersebut digunakan untuk menyerap atau menghilangkan partikel-partikel merugikan. Dalam penelitian ini biofilter digunakan untuk menangkap radikal bebas dan partikel *ultrafine* pada asap rokok sebagai pengganti filter selulosa asetat yang sudah banyak digunakan di pasaran. Biofilter yang dibuat merupakan campuran dari sabut kelapa dan biji kurma, serta campuran dari sabut kelapa dan biji kopi. Untuk menggantikan peranan PEG sebagai matriks, digunakan air perasan daun waru yang mempunyai daya perekat baik serta 100% alami tanpa campuran bahan kimia apapun.

Nilai-nilai faktor g pada pengujian *Electron Spin Resonance* (ESR) menunjukkan adanya berbagai jenis radikal bebas pada asap rokok. Radikal bebas memiliki elektron bebas di bagian terluar orbitalnya, apabila diberikan pengaruh

medan magnet, maka elektron bebas tersebut akan mengalami penyerapan energi. Energi yang terserap akan digunakan oleh elektron bebas untuk bertransisi dari suatu tingkat energi spin ke tingkat energi spin yang lebih tinggi. Pada waktu elektron bertransisi akan terjadi proses resonansi dimana proses resonansi tersebut akan mempengaruhi rangkaian isolator. Impedansi pada rangkaian isolator akan berkurang dan arus akan meningkat, peningkatan arus tersebut akan di-*output*-kan menjadi tegangan DC yang secara otomatis akan dibaca layar grafik.

Hasil yang didapatkan dalam penelitian menunjukkan bahwa jenis radikal bebas yang terdapat pada rokok non filter adalah hidroperoksida, CO_2^- , C, Peroksida, O_2 , CuOx dan CuGeO_3 , sedangkan pada rokok filter CA terdapat hidroperoksida, CO_2^- , C, Peroksida, O_2 . Jika dilihat, asap rokok yang menggunakan biofilter (sampel) hanya terdapat 4 jenis terduga radikal bebas yang mampu terdeteksi yaitu hidroperoksida, CO_2^- , C, Peroksida.

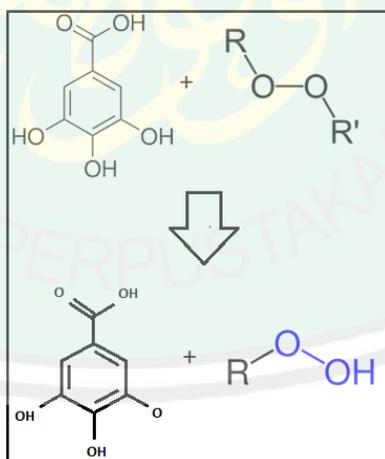
Variasi komposisi terbaik untuk biofilter sabut kelapa serbuk biji kurma dalam mengurangi radikal bebas dengan matriks 0,5 ml daun waru adalah komposisi 0,1:0,1 gr, sedangkan variasi komposisi terbaik dalam mengurangi radikal bebas untuk biofilter sabut kelapa serbuk biji kopi dengan matriks 0,5 ml daun waru adalah komposisi 0,04:0,16 gr. Masing-masing biofilter terbaik tersebut mampu menyerap 6 radikal bebas dan hanya terdapat satu kali dalam 3 kali pengulangan yang diketahui terdapat radikal bebas yang lolos dari biofilter. Jika dibandingkan, biofilter sampel lebih efektif dibandingkan dengan rokok filter CA.

Radikal bebas tidak mampu mempertahankan keadaannya dalam waktu yang lama dan secara singkat akan mengambil elektron dari molekul atau atom stabil untuk menstabilkan keadaannya. Akibatnya molekul atau atom tersebut menjadi tidak stabil dan akan menjadi radikal bebas selanjutnya serta memulai rantai oksidasi. Reaksi tersebut akan berlangsung hanya dalam waktu $\pm 10^{-16}$ sekon. Pencegahan dapat dilakukan untuk menghentikan reaksi oksidasi tersebut dengan cara menambahkan anti oksidasi yang biasa disebut dengan antioksidan. Jika radikal bebas mencari elektron untuk menstabilkan keadaannya, antioksidan justru akan mendonorkan elektronnya kepada senyawa yang bersifat radikal.

Antioksidan memiliki beberapa jenis, yaitu antioksidan primer, sekunder dan tersier. Pembagian tersebut terbagi berdasarkan kegunaannya, antioksidan primer merupakan antioksidan yang bereaksi dengan radikal bebas sebelum bereaksi dengan molekul atau atom lainnya, sedangkan antioksidan sekunder merupakan antioksidan yang bereaksi dengan radikal bebas serta meminimalisir reaksi berantai sehingga tidak terjadi kerusakan yang lebih besar, dan yang terakhir antioksidan tersier, jenis antioksidan yang mampu memperbaiki sel-sel atau molekul yang rusak akibat reaksi berantai radikal bebas. Jenis antioksidan yang digunakan dalam biofilter adalah antioksidan yang mampu bereaksi sebelum radikal bebas bereaksi dengan molekul atau atom lain (antioksidan primer), salah satu contohnya adalah senyawa fenolik. Senyawa fenolik tersebut dapat ditemukan dari beberapa jenis buah-buahan dan sayur-sayuran, seperti pada biji kurma, biji kopi dan daun waru yang digunakan sebagai bahan penyusun biofilter. Pada biji kurma ditemukan beberapa jenis senyawa fenolik, diantaranya *gallic*

acid, protocatechuic acid, m-coumaric acid, p-hydroxybenzoic acid, vanilic acid, caffeic acid, p-coumaric acid, ferulic acid dan *o-coumaric acid* (Afiq, 2013). Sedangkan pada biji kopi ditemukan senyawa fenolik diantaranya *cinnamic acids, benzoic acids, flavonoids, proanthocyanidins, stilbenes, coumarins, lignans, lignins* serta *chlorogenic acid* (Lelyana, 2008).

Senyawa fenolik dinilai efektif dalam mencegah sifat radikal karena struktur kimianya yang mengandung satu atau lebih gugus $-OH$ pada cincin aromatik. Apabila senyawa fenolik tersebut bertemu dengan senyawa radikal, maka atom H pada gugus $-OH$ akan terlepas dan membuat senyawa radikal menjadi stabil, sedangkan senyawa fenolik berubah menjadi radikal beresonansi (fenoksi). Radikal fenoksi dinilai masih stabil dibandingkan dengan radikal bebas, karena adanya sifat resonansi yang ada pada cincin aromatik.



Gambar 4.8 Reaksi *Gallic acid* dan Peroksi

Antioksidan diketahui memiliki sensitifitas terhadap panas. Pengaruh panas seperti penyangraian akan menyebabkan antioksidan mengalami dekomposisi oksidasi, sehingga keberadaannya akan berkurang. Namun, ada beberapa jenis

senyawa fenolik yang mampu bertahan dalam pengaruh suhu tinggi. Hal ini terjadi pada beberapa senyawa antioksidan, tergantung pada struktur kimia yang dimiliki dan molekul penyusun yang diketahui memiliki titik didih yang berbeda-beda. Apabila antioksidan tersusun oleh molekul dengan titik didih tinggi maka ketahanan antioksidan terhadap suhu akan lebih baik.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Paranthaman (2012) yang melakukan analisa terhadap perbedaan kandungan fenolik pada biji kurma sangrai dan pengeringan sinar matahari menggunakan metode *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) didapatkan hasil bahwa pada biji kurma yang sudah melalui proses pengeringan teknik sangrai masih memiliki kandungan antioksidan yang terdiri dari *gallic acid* (0,1 mg/gm), rutin (2,2 mg/gm) dan *quercetin* (0,52 mg/gm) (Rizqiyah, 2014).

Pada biji kopi juga terdapat beberapa antioksidan seperti *cinnamic acid*, *benzoic acid*, *flavonoid* dan masih banyak lagi. Namun diantara semua antioksidan yang terkandung tersebut, *chlorogenic acid* menjadi salah satu senyawa *phenol* yang mendominasi (Lelyana, 2008). Kandungan *chlorogenic acid* pada kopi seduh masih dapat dijumpai dan mampu membantu meredam efek radikal bebas dalam tubuh. Terdapat banyak sekali jenis *chlorogenic acid* yang terdapat dalam biji kopi sangrai, namun berdasarkan penelitian HPLC yang paling mendominasi merupakan *5-O-caffeoyquinic acid* yaitu berjumlah 33% pada 1085 $\mu\text{mol/L}$ biji kopi sangrai (Angelique dan William, 2006).

Jumlah antioksidan dalam biofilter menjadi salah satu faktor utama sebagai penentu efektivitas biofilter dalam menghalau pengaruh buruk radikal bebas asap

rokok. Jika jumlah antioksidan lebih sedikit, maka radikal bebas akan bersaing untuk mendapatkan elektron dari antioksidan. Faktor kereaktifan antioksidan salah satunya dipengaruhi oleh jumlah konsentrasi pada laju oksidasi yang tergantung pada struktur antioksidan dan kondisi sampel. Seperti antioksidan yang berada pada zat berbentuk *solid* atau padatan, bentuk padatan mempunyai ikatan antar atom yang rapat, sehingga kemampuan antioksidan dalam menangkap radikal bebas kurang optimal. Antioksidan pada serbuk biji dinilai kurang optimal dalam menyumbangkan antioksidan, dikarenakan antioksidan masih terikat di dalam ikatan kovalen atom serbuk biji. Namun, tidak menutup kemungkinan karena adanya pengaruh panas pada saat proses pembentukan asap rokok, mampu melepaskan ikatan kovalen antioksidan serbuk biji. Serbuk biji kurma dan kopi juga membantu dalam memperkecil pori-pori membran biofilter sehingga debit asap rokok yang keluar dari biofilter lebih sedikit dengan begitu jumlah radikal bebas juga ikut berkurang. Antioksidan yang aktif meredam radikal bebas pada biofilter diduga berasal dari sari daun waru, dimana bentuknya berupa *liquid* atau cairan yang mempunyai ikatan antar atom lebih longgar daripada padatan sehingga antioksidan lebih leluasa menjerat radikal bebas.

Hasil uji partikel *ultrafine* yang telah dilakukan mendapatkan hasil yang signifikan pada masing-masing variasi komposisi sampel. Pada sampel biofilter sabut kelapa serbuk biji kurma dengan komposisi 0,02:0,18 gr; 0,04:0,16 gr; 0,06:0,14 gr; 0,08:0,12 gr; 0,1:0,1 gr secara berturut-turut didapatkan jumlah rata-rata partikel *ultrafine* sebanyak $2,29 \times 10^{25}$; $1,47 \times 10^{25}$; $1,44 \times 10^{25}$; $1,37 \times 10^{25}$; $1,21 \times 10^{25}$ partikel. Selanjutnya untuk sampel biofilter sabut kelapa serbuk biji

kopi dengan komposisi 0,02:0,18 gr; 0,04:0,16 gr; 0,06:0,14 gr; 0,08:0,12 gr; 0,1:0,1 gr secara berturut-turut didapatkan jumlah rata-rata partikel *ultrafine* sebanyak $3,20 \times 10^{25}$; $2,59 \times 10^{25}$; $2,11 \times 10^{25}$; $1,87 \times 10^{25}$; $1,35 \times 10^{25}$ partikel. Jika dibandingkan, hasil pengujian partikel *ultrafine* sampel sabut kelapa dengan penambahan biji kopi sebanyak 20% hingga 50% lebih efektif dibandingkan dengan filter CA dan sampel sabut kelapa dengan penambahan biji kurma sebanyak 40% hingga 50% lebih efektif dibandingkan dengan filter CA.

Partikel *ultrafine* (PM 0,1) merupakan partikel berukuran nano. Partikel tersebut dapat dihasilkan dari gas dan kondensasi uap yang mempunyai temperatur tinggi selama pembakaran, salah satunya yaitu pada saat pembakaran batang rokok. Ukurannya yang sangat kecil membuatnya sulit untuk dilacak serta memudahkannya masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan. Ketika partikel *ultrafine* menembus ke lapisan epitel, partikel tersebut akan menempel di dinding alveolus dan berinteraksi dengan sel-sel epitel sehingga dapat menyebabkan efek pada sistem pernafasan seperti peningkatan radang paru-paru, alergi hingga menurunnya fungsi paru-paru.

Akibat ukurannya yang kecil, maka perlu adanya penyempitan membran pori biofilter. Pada hasil di atas, dapat dilihat bahwa semakin ditambahkan persentase komposisi serbuk biji pada biofilter sabut kelapa maka makin sedikit partikel *ultrafine* yang keluar. Hal ini diakibatkan sabut kelapa memiliki jumlah rongga yang banyak dibandingkan serbuk biji. Apabila komposisi sabut kelapa tergantikan dengan komposisi serbuk biji maka rongga-rongga dalam biofilter akan berkurang sehingga secara tidak langsung membuat struktur biofilter

menjadi lebih padat dan rapat. Semakin berkurang jumlah rongga pada biofilter menyebabkan asap rokok sulit untuk melaluinya sehingga debit keluaran asap rokok semakin berkurang, dengan begitu jumlah partikel *ultrafine* yang didapatkan akan semakin sedikit.

Struktur sabut kelapa yang tersusun atas selulosa alami (selulosa, lignin dan hemiselulosa) memberikan struktur berongga, sehingga biofilter mempunyai kemampuan adsorpsi terhadap matriks daun waru. Dengan kemampuan adsorpsi pada sabut kelapa terhadap daun waru, membantu pengikatan antar bulir sabut kelapa sehingga tekstur biofilter menjadi lebih rapat. Ketika terjadi pemaparan asap rokok, matriks daun waru bukan hanya bertindak sebagai perekat namun juga sebagai sumber antioksidan pada biofilter untuk mengurangi radikal bebas.

Hasil uji porositas yang telah dilakukan dapat dijadikan acuan untuk mengetahui persentase daya serap rongga biofilter yang telah dibuat. Dari pengujian didapatkan hasil porositas terendah pada biofilter sabut kelapa serbuk kopi dengan komposisi 0,1:0,1 gr yaitu sebesar 54%, sedangkan untuk hasil porositas tertinggi ada pada biofilter sabut kelapa serbuk biji kurma dengan komposisi 0,02:0,18 gr yaitu dengan nilai 65,04%. Perbedaan porositas yang didapatkan dari pengujian dikarenakan sifat bahan yang digunakan. Sabut kelapa merupakan bahan yang menyukai air atau hidrofilik karena memiliki rongga-rongga sedangkan biji kurma dan biji kopi merupakan bahan yang memiliki daya serap yang kurang baik terhadap air karena memiliki struktur atom lebih *solid*. Apabila komposisi biji kurma atau biji kopi ditambahkan maka akan membuat rongga-rongga yang terbentuk pada biofilter semakin rapat sehingga porositasnya

pun semakin menurun. Keberadaan rongga tersebut berpengaruh pada aliran fluida asap rokok. Apabila keberadaan rongga pada biofilter semakin banyak, maka semakin memberi ruang bagi asap rokok untuk lolos dari penjeratan biofilter, sehingga tidak efektif dalam menangkap partikel *ultrafine*.

Pada hasil analisis SEM-EDAX dilakukan pada tiga titik permukaan biofilter, masing-masing diketahui mempunyai 8 senyawa yaitu karbon (C), oksigen (O), klorida (Cl), kalsium (Ca), kalium (K), natrium (Na), silikon (Si) dan sulfur atau belerang (S). Karbon dan oksigen merupakan senyawa yang paling banyak, senyawa ini dapat diperoleh dari proses oksidasi bahan biofilter setelah proses penyangraian dan pengovenan. Sabut kelapa memiliki kandungan karbohidrat ($C_6H_{12}O_6$) sebagai penyusun utamanya, karbohidrat juga terkandung pada serbuk biji kurma. Apabila serbuk biji kurma diberikan suhu yang tinggi seperti pada saat penyangraian, maka senyawa karbohidrat akan mengalami oksidasi yang akan menyisakan atom karbon dan oksigen yang mempunyai titik didih tinggi dibandingkan hidrogen. Hal ini juga dialami kandungan karbohidrat pada sabut kelapa sesaat setelah pengovenan.

Jika dilihat, unsur yang paling mendominasi merupakan unsur karbon. Unsur karbon merupakan unsur yang paling sering dijumpai pada setiap bahan biologis karena semua makhluk hidup merupakan susunan dari rantai karbon yang panjang. Karbon diperoleh dari proses pemanasan sabut kelapa dan biji kurma, namun tidak menutup kemungkinan unsur karbon tersebut juga merupakan sisa pembakaran asap rokok.

Rokok secara keseluruhan dapat diformulasikan secara rumus kimia sebagai ($C_vH_wO_tN_yS_zSi$). Proses pembakaran pada asap rokok merupakan reaksi yang melibatkan peran oksigen dengan reaksi kimia sebagai berikut (Anggraini, 2012):



Reaksi diatas dapat terjadi pada suhu pembakaran 800 °C.

Unsur logam seperti silikon (Si) merupakan salah satu logam yang dapat ditemukan di sabut kelapa dan pada daun tembakau kering yang berikatan dengan senyawa lain di dalamnya sebelum proses pembakaran berlangsung. Akibat adanya suhu tinggi pada proses pembakaran, unsur silikon kemudian terputus dengan ikatan sebelumnya sehingga silikon masuk ke dalam asap rokok dan berikatan dengan molekul lainnya seperti oksigen sehingga membentuk senyawa radikal (radikal bebas).

Senyawa lainnya yang teridentifikasi menggunakan SEM EDAX adalah klorida (Cl), kalsium (Ca), kalium (K), natrium (Na), sulfur atau belerang (S). Menurut Ahmad Said Joban, setiap 100 gram biji kurma mengandung kalsium (Ca) sebanyak 52 mg, klorida (Cl) 271 mg, sulfur atau belerang (S) 14,7 mg (Khasanah, 2011). Sedangkan unsur natrium (Na) dan silikon (Si) merupakan salah satu kandungan mineral yang terdapat pada sabut kelapa dan daun tembakau, sabut kelapa juga terkenal sebagai sumber hara kalium (K) sehingga sering digunakan sebagai bahan pembuatan pupuk organik.

4.2 Kurma dan Tumbuhan Lainnya dalam Perspektif Islam

Hasil yang didapatkan dari penelitian bahwa biofilter berbahan sabut kelapa dengan penambahan serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi mampu mengurangi

emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas dari asap *mainstream* rokok. Kandungan partikel *ultrafine* dan radikal bebas dalam asap rokok, apabila dalam skala tertentu mampu mengakibatkan beberapa penyakit degeneratif seperti kanker dan juga mengakibatkan beberapa penyakit pernapasan seperti ISPA, bronkitis dan asma. Partikel *ultrafine* mampu menghambat laju peredaran dalam pembuluh darah akibat ukurannya yang teramat kecil. Partikel *ultrafine* mampu meningkatkan viskositas darah sehingga kecepatan alirnya melambat. Hal ini mengakibatkan terganggunya ritme jantung dan sistem peredaran darah. Hal ini tentunya menjadikan manusia lebih memikirkan akan segala sesuatu ciptaan Allah SWT, seperti mempergunakan tumbuh-tumbuhan di alam sekitar sebagai penangkal pengaruh buruk keluaran asap rokok. Sesuai dengan makna salah satu firman Allah SWT pada Surat Shaad (38): 27

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَطْلًا ۚ ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا ۚ فَوَيْلٌ
لِّلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ

“dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah. yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir, Maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka.” (Q.S. Shaad (38): 27)

Berpikir merupakan nikmat yang diberikan oleh Allah SWT kepada manusia. Sebagai khalifah di bumi, manusia patut mempergunakan akal pikirannya untuk menjaga dan melestarikan alam sekitar. Manusia diciptakan di atas bumi juga bertanggung jawab dan berhak untuk mengolah sumber daya alam. Perbuatan tersebut dilakukan oleh orang-orang yang benar-benar berfikir semata-

mata adalah sebagai bentuk rasa syukur dan lebih mendekatkan diri kepada Allah SWT. Ayat di atas merupakan suatu pengajaran bahwa tidak ada sesuatu pun di dunia ini yang tidak bermanfaat dan berhikmah. Menurut tafsir Jalalain (2009) menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan segala sesuatu bukan main-main atau tanpa hikmah, yang tidak beranggapan demikian merupakan orang-orang kafir yang akan dimasukkan ke dalam *Waillah* atau *Wail* (nama sebuah lembah neraka).

Diantara tumbuh-tumbuhan yang kaya manfaat adalah kelapa, kurma, kopi, dan waru. Tumbuhan kelapa merupakan salah satu tumbuhan yang dijuluki sebagai tanaman seribu manfaat karena mulai dari batang pohon hingga limbah kulit kering buah kelapa pun dapat dimanfaatkan. Penelitian menggunakan salah satu limbah tanaman tersebut yaitu sabut kelapa yang sudah dikenal oleh para peneliti sebagai bioabsorben yang baik. Kemampuan penyerapan sabut kelapa tersebut yang menjadi landasan dibuatnya biofilter sabut kelapa. Penambahan serbuk biji kurma dan biji kopi merupakan penunjang untuk mengoptimalkan kinerja biofilter sabut kelapa. Pemilihan biji kurma dan biji kopi dikarenakan biji tersebut mengandung antioksidan dan sebagai gerakan untuk memanfaatkan limbah buah-buahan. Daun waru juga bermanfaat sebagai sumber antioksidan.

فِيهَا فَبِكِهَةٌ وَالنَّخْلُ ذَاتُ الْأَكْمَامِ ۝ وَالْحَبُّ ذُو الْعَصْفِ وَالرَّيْحَانُ ۝ فَبِأَيِّ
ءَالَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ ۝

“di bumi itu ada buah-buahan dan pohon kurma yang mempunyai kelopak mayang, dan biji-bijian yang berkulit dan bunga-bunga yang harum baunya. Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?” (Q.S. ar-Rahmaan (55): 11-13)

Kata *an-Nakhl* dan *an-Nakhil* (keduanya sama-sama berarti kurma) disebut 21 kali dalam Al-Quran yaitu dalam surat ar-Rahmaan (55): 11 dan 68, Qaaf (50): 10, Asyur'ara (42): 148, ar-Ra'du (13): 4, Maryam (19): 23, 25-26, al-Baqarah (2): 226, al-An'aam (6): 99 dan 141, an-Nahl (16): 11 dan 67, al-Isra' (17): 91, al-Kahfi (18): 32, Thaaha (20): 71, al-Mukminun (23): 19, Yasiin (36): 34, al-Qamar (54): 20, al-Haaqah (69): 7, dan Abasa (80): 29. Menurut tafsir Jalalain (2009) kata "*dzaatulakmaam*" pada surat ar-Rahman (55): 11 yang memiliki arti "yang memiliki kelopak mayang" memiliki makna bahwa semua buah-buahan dan salah satunya pohon kurma ditanam dan dipelihara dengan memiliki kelopak-kelopak di bagian atasnya, biji-bijian seperti gandum dan *jawawut* yang memiliki wangi harum karena memiliki merang di dalamnya. Dalam Tafsir Ibnu Katsir, bahwa Allah SWT menyebutkan buah kurma ini secara khusus karena kemuliaan dan manfaat yang dikandungnya baik ketika masih basah maupun ketika telah kering (Rahmawan, 2005).

Buah kurma menjadi buah yang paling istimewa bagi kaum muslimin. Disebutkan juga dalam beberapa Hadits bahwa kurma merupakan salah satu buah yang akan tumbuh di surga. Buah kurma juga menjadi salah satu buah favorit Nabi Muhammad SAW selama hidupnya, sebagai pembuka puasa dan pembuka makan setiap pagi. Dalam dunia kesehatan, kurma dikenal sebagai buah dengan kandungan glukosa yang melimpah. Maka tak heran jika Nabi Muhammad SAW menyarankan umat Islam menjadikan awal buka puasa untuk mengonsumsi sebanyak 3 buah kurma, karena kandungan glukosa, fruktosa, dan sukrosa dalam kurma mampu diserap oleh tubuh secara langsung tanpa dilakukannya pemecahan

glukosa, sehingga tubuh menjadi cepat berenergi setelah lebih dari 12 jam berpuasa (Satuhu, 2010).

Kopi dan daun waru merupakan satu diantara tumbuh-tumbuhan lainnya yang telah dikaruniakan oleh Allah SWT dan telah disebutkan secara general dalam kitab Al-Quran yang juga kaya akan manfaat. Kopi menjadi salah satu komoditas impor terbaik negara Indonesia. Penelitian yang dilakukan oleh Braz (2005) didapatkan bahwa, pada kopi sangrai masih mengandung beberapa antioksidan yang mampu membantu tubuh agar terhindar dari pengaruh buruk radikal bebas. salah satu diantaranya adalah *chlorogenic acid*. *Chlorogenic acid* terbagi menjadi beberapa kelompok, diantara kelompok tersebut yang paling banyak terkandung dalam kopi yaitu *caffeoylquinic acid*, *feruloylquinic acid* dan *p-coumaroylquinic acid*. Antioksidan tersebut diduga mampu menangkal radikal bebas seperti peroksida (ROO^\cdot) dan superoksida (O_2^\cdot). Daun waru sangat banyak digunakan oleh penduduk Indonesia untuk mengatasi penyakit ambeien dan batuk berdarah. Air perasan daun waru memiliki kandungan saponin dan *phenol* sebagai antikanker dan antioksidan. Kandungan dari beberapa bahan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan biofilter untuk menangkal radikal bebas dan partikel *ultrafine*. Hasil yang didapatkan, biofilter sabut kelapa yang ditambahkan komposisi serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi dengan matriks daun waru memiliki kemampuan demikian. Semakin banyak komposisi serbuk biji yang ditambahkan, maka semakin efektif biofilter yang dihasilkan.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan adalah, adanya pengaruh pada penambahan komposisi serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi terhadap efektifitas biofilter berbahan sabut kelapa dalam mengurangi emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas asap rokok. Semakin ditambahkan komposisi serbuk biji kopi dan serbuk biji kurma pada biofilter sabut kelapa maka semakin kecil emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas asap *mainstream* rokok. Biofilter terbaik dalam mengurangi radikal bebas adalah biofilter sabut kelapa serbuk biji kurma dengan variasi komposisi 50% atau 0,1:0,1 gr, sedangkan dalam pengujian emisi partikel *ultrafine* yang menjadi biofilter terbaik adalah biofilter sabut kelapa serbuk biji kopi dengan jumlah emisi partikel *ultrafine* sebanyak $1,20981 \times 10^{25}$ dan memiliki porositas terkecil yaitu 54%.

5.2 Saran

Pengujian radikal bebas asap rokok untuk selanjutnya dapat dilakukan menggunakan alat ESR khusus asap agar lebih teliti lagi dalam menganalisa radikal bebas yang terkandung dalam rokok.

DAFTAR PUSTAKA

- AAK. 1998. *Budidaya Tanaman Kopi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Afiq, Abdul, et al. 2013. *Date Seed and Date Seed Oil*. International Food Research Journal, 20(5): 2035-2043.
- Albert, B., D. Bray, J., Lewis M Raf, K., Roberts, J.D. Watson. 1994. *Molecular Biology of The Cell Third Edition*. New York: Garland Publish Inc.
- Al Sahib, W dan R.J. Marshall. 2003. *The Fruit of The Date Palm: Its Possible Use as The Best Food for The Future?*. International Journal of Food Sciences an Nutrition, 54(4): p.247-259.
- Alsahwa, A. 2008. *Hygroscopicity of Mixed Inorgani/Surfactant Ultrafine Aerosol Particle*. Proques, Disertation and Theses: 18-24.
- Amelia, S. 2009. *Pengaruh Perendaman Panas dan Dingin Sabut Kelapa terhadap Kualitas Papan Partikel yang Dihasilkannya*. Diakses 16 Desember 2016 dari <http://repository.ipb.ac.id>.
- Anggraini, Ni Kadek Nova. 2012. *Pendeteksian Radikal Bebas Pada Asap Rokok dengan Menggunakan Electron Spin Resonance (ESR) Leybold Heracus*. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.
- Arief, Syamsul. 2007. *Radikal Bebas*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Aslamiyah, Suwaibatul. 2014. *Identifikasi Zat Anorganik Dari Emisi Partikel PM10 yang Dihasilkan Oleh Emisi Sepeda Motor*. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.
- ASM. 2010. *Bahaya Rokok Bagi Kesehatan*. Jakarta: National Cardiovascular Center Harapan Kita.
- Ayudianingsih, Ucik, dkk. 2012. *Pemanfaatan Bentonit sebagai Katalis Padat dalam Optimalisasi dan Efisiensi Sintesis α -tokoferol (Vitamin E)*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Best, B. 2007. *Free Radical-General Antioxidant Actions*. Diakses 23 Desember 2016 dari [www./http.GeneralAntioxidantActions.html](http://www.GeneralAntioxidantActions.html).
- Borgeding M, dan H.Klus. 2005. *Analysis of Complex Mixtures-Cigarette Smoke*. Experimental Toxicologic Pathology 57 (2005): 43-73.
- Cristensen, L. 1994. *Experimental Methodology*. London: Allyn and Bacon Inc.

- Dorge W. *Free Radicals in The Physiological Control of Cell Function*. *Physiol Rev.* 82;2002:47-95.
- El Daly, E.S. 1998. *Protective Effect of Cysteine an Vitamin E, Crocus Sativus and Nigella sativa Extract on Cisplatin*. *Induced Toxicityn Rats*. *J Pharm Belg* 53: 87-93.
- Farihatin, Essy. 2014. *Analisis Fisis Komposit Biofilter Berbahan Serbuk Daun Zaitun (Olea Europaea) dengan Variasi Pengeringan untuk Menangkap Radikal Bebas Asap Rokok*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Faslah, Ferdian. 2013. *Pengaruh Penggunaan Filter Berbahan Serabut Kelapa Terhadap Emisi Partikel Ultrafine Asap Mainstream Rokok*. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.
- Fierro. 2000. *Particulate Matter*. 1-11.
- Fisher, P. 1999. *Cigarette Manufacture-Tobacco Blending-Tobacco Production*. *Chemistry and Technology Blackwell Science*. 52:346.
- Hart, Harold. 2004. *Kimia Organik; Suatu Kuliah Singkat*. Jakarta: Erlangga.
- Hiroe, S., S. Fujita, dan T. Gunji. 1975. *Buku Penuntun Tentang Tata Cara Pengeringan (Curing) Tembakau Virginia*. Jakarta: The Japan Tobacco & Salt Public Corporation (JTS).
- Intania, I. 2006. *Pengaruh Pemberian Vitamin C Terhadap Spermatogenesis Mencit Jantan Strain Balb/c yang Diberi Paparan Asap Rokok*. *Artikel Karya Tulis Ilmiah*. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Irawan, S. D. 2009. *Pengaruh Kebiasaan Merokok Terhadap Daya Tahan Jantung Paru*. Skripsi. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Itsna. 2013. *Analisis Fisis Komposit Biofilter Berbahan Serbuk Cangkang Kepiting dan Kopi untuk Menangkap Radikal Bebas Asap Rokok*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- James, Enstrom. 2007. *Defending Legitimade Epidimologic Research: combating Lysenko Pseudoscience*.
- Jati, S. Handoko. 2008. *Efek Antioksidan Ekstrak Etanol 70% Daun Salam (Syzgium polyanthum Wight Walp) Pada Hati Tikus Jantan Galur Wistar yang Diinduksi Karbon Tetraklorida (CCl4)*. *Jurnal*. Surakarta: Fakultas Farmasi Universitas Surakarta.
- Jaya, Muhammad. 2009. *Pembunuh Berbahaya Itu Bernama Rokok*. Yogyakarta: Riz'ma.

John, E. 1972. *Electron Spin Resonance*. USA: Mc Graw Hill.

Khoiriyah, Ulfi. 2016. *Studi Tentang Pengaruh Paparan Asap Rokok dengan Biofilter Berbahan Kopi (Coffea Sp) dan Tembakau (Nicotiana tabacum) Terhadap Kadar Glukosa Darah dan Gambaran Histologi Pankreas Mencit (Mus musculus) Diabetes Mellitus*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Kirk dan Othmer. 1978. *Encyclopedia of Chemical Technology Third Edition*. New York: John Wiley and Sons, INC.

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

Lelyana, Rosa. 2008. *Pengaruh Kopi Terhadap Kadar Asam Urat Darah*. Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro.

Lolivianda, Elmar Isdityo. 2013. *Pengukuran Faktor Emisi Partikel Ultrafine Pada Asap Rokok Yang Beredar Di Indonesia*. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.

Mashuri. 2003. *Modul Ajar Ilmu Bahan I*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Minarno, Eko Budi dan Liliek Hariani. 2008. *Gizi dan Kesehatan Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Malang: UIN Malang Press.

Ministry of Health Republic of Indonesia. 2010. *Guidelines for The Use of Herbal Medicines in Family Health Care Sixth Edition*. Jakarta: Directorate General of Public Health.

Mugianton. 2010. *Akumulasi Senyawa Benzopiren dan Metabolismenya dalam Tubuh*. Tugas Makalah. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.

Mulyaningsih, Rina. 2009. *Penentuan Unsur Logam dan Distribusinya dalam Komponen Rokok dengan Metode KO-Analisis Aktivasi Neutron Instrumental*. Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir Vo;.11 No.1 hal: 25-35.

Munawaroh, L. 2011. *Pengaruh Pemberian Ekstrak Biji Jintan Hitam (Nigella sativa linn.) Terhadap Kadar Transminase Hepar (GPT dan SGPT) Pada Siklus (Rattus noregicus) Diabetes*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Najafi, Mohammad B. Habibi. 2011. *Date Seeds: A Novel and Inexpensive Source of Dietary Fiber*. 2011 International Conference on Food Engineering and Biotechnology. Singapura: IACSIT Press.

- Norman, V. 1977. *An Overview of The Vapor Phase, Semivolatille and Vovolatille Components of Cigarette Smoke*. Rec Advan Tob Sci 3: 28-58.
- Peter BA. 1967. *Electron Spin Resonance in Chemistry*. Methuen & Co, 337.
- Pine, H.S el al. 1988. *Radikal Bebas, dalam: Kimia Organik 2 Edisi 4. Terjemahan bahasa Indonesia*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Pinandari, Anggriyani Wahyu. 2011. *Uji Efektifitas dan Efisiensi Filter Biomassa Menggunakan Sabut Kelapa (Cocos nucifera) sebagai Bioremoval untuk Menurunkan Kadar Logam (Cd, Fe, Cu), Total Padatan Tersuspensi (TSS)*. Prestasi. Volume 1, No. 1, Desember 2011. ISSN 2089-9122.
- Rahma, Aulia Eka. 2016. *Pembuatan Biofilter Serbuk Biji Jintan Hitam (Nigella sativa) dan Kayu Siwak (Salvadora persica) untuk Menangkal Radikal Bebas Asap Rokok*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Rizqiyah, Bilkis. 2014. *Pengaruh Variasi Suhu Pengeringan dan Komposisi Biji Kurma (Pheonix dactylifera L.) Sebagai Biofilter untuk Menangkap Radikal Bebas Asap Rokok*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Sa'diyah, Chalimatus. 2016. *Studi Tentang Pengaruh Paparan Asap Rokok dengan Biofilter Berbahan Cengkeh (Syzigium aromaticum) dan Daun Kelor (Moringa oleifera L.) Terhadap Kadar Glukosa Darah dan Histologi Pankreas Mencit (Mus musculus) Diabetes Mellitus*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Satuhu, Suyati. 2010. *Kurma Khasiat dan Olahannya*. Depok: Penebar Plus.
- Setiawati, Ririn Mega. 2014. *Pengaruh Variasi Komposisi Tanaman Delima (Punica granatum Linn) Terhadap Sifat Fisis Membran Komposit untuk Menangkap Radikal Bebas Asap Rokok*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Sheila, Soraya. 2011. *Pengaruh Merokok Terhadap Viskositas Darah Melalui Pemeriksaan Hematokrit*. Skripsi. Jember: Universitas Negeri Jember.
- Slezakova, K., D. Castro, M. C., Poreira, M. C. Delerue dan S. Morais. 2008. *Influence of Tobacco Smoke on The Elemental Composition of Indoor Particles of Different Sizes*. Atmospheric environment. 30: 1-7.
- Sies, H. 1991. *Oxidative Stress: From Basic Research to Clinical Appllications: Am.J.Med.* 91 suppl. 3C, paper 3C-31S.
- Stalmach, Angelique, William Mullen, Chifumi Nagai dan Alan Crozier. 2006. *On-line HPLC Analysis of The Antioxidant Activity of Phenolic Compounds*

- In Brewed, Paper-filtered Coffee*. Braz. J. Plant Physiol. Vol: 18 no 1 Londrina. Diakses 28 September 2017.
- Stewart, W. F. dan Esquire. 2007. *Global Warming and You The Risk and Opportunities of Climate Change*. 5.
- Sulistiasari, Yulia Indah. 2013. *Analisis Fisis Komposit Biofilter Berbahan Serbuk Cangkang Kepiting dan Kopi untuk Menangkap Radikal Bebas Asap Rokok*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Sofah, Nur. 2010. *Molekul Selulosa*. Cirebon: Pena Mas.
- Tandra, Hans. 2003. *Segala Sesuatu yang Harus Anda Ketahui Tentang Diabetes*. Jakarta: Gramedia.
- Tso, T.C. 1999. *Seed to Smoke. Tobacco: Production, Chemistry, and Technology*. D.L. Davis and M.T. Nielsen eds. Nlackwell Sci.p. 1-31.
- Virginia, A Yusufa. 2005. *Pengukuran Konsentrasi Partikel Ultrafine di Ruang Perkantoran dengan menggunakan P-Track Particle Counter*. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.
- Wardiyah, Kamiliyatul. 2016. *Pengaruh Paparan Asap Rokok dengan Biofilter Berbahan Kurma, Zaitun, dan Delima Terhadap Gambaran Histologi Hati, Paru, dan Viskositas Darah Mencit*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Widyaningsih, S dan Radiman, Cynthia. L. 2007. *Pembuatan Selulosa Asetat dari Pulp Kenaf (Hibiscus cannabinus)*. Molekul. 2, 13-16.
- Winarsi. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Yogyakarta: Kanisius.
- Zahar, Gretha dan Sutiman Bambang Sumitro. 2011. *Divine Rokok Sehat*. Malang: Masyarakat Bangsa Produk Indonesia (MBPI).
- Zubaidah, et al. 2012. *Studi Aktivitas Antioksidan Pada Bekatul Dan Susu Skim Terfermentasi Probiotik (Lactobacillus plantarum B2 Dan Lactobacillus achidophillus)*. Malang: FTP Universitas Brawijaya.



LAMPIRAN

LAMPIRAN 1
PROSES PENGAMBILAN DATA



Pengambilan Data ESR



Pengambilan Data Uji Partikel *Ultrafine*

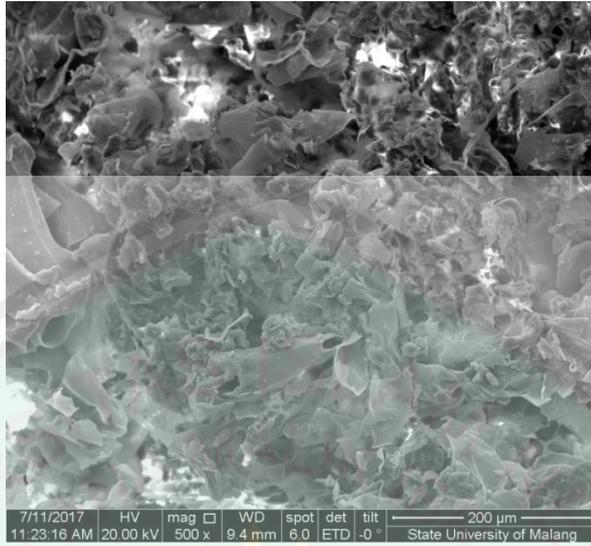
LAMPIRAN 2
Data Hasil ESR

Perlakuan	Sampel	Frek (kHz)	Arus (I)	Medan Magnet (T)	Faktor g	Faktor g*	Radikal Bebas		
KONTROL DPPH	1	36,2	0,292	0,001158316	2,232785299		-		
KOPI	10%	1	34,3	0,279	0,001106748	2,214171017	1,98689639	Hidroperoksida	
		2	34,4	0,278	0,001102781	2,228614191	1,999857037	CO2-	
		3	34,4	0,278	0,001102781	2,228614191	1,999857037	CO2-	
	20%	1	34,1	0,276	0,001094847	2,225187143	1,99678176	-	
		2	33,9	0,294	0,00116625	2,076699282	1,863535506	-	
		3	34,1	0,277	0,001098814	2,217153976	1,989573162	Hidroperoksida	
	30%	1	34,2	0,277	0,001098814	2,223655894	1,995407687	-	
		2	34,2	0,274	0,001086913	2,248002491	2,017255216	peroksida	
		3	34	0,274	0,001086913	2,234856278	2,005458402	C	
	40%	1	34	0,278	0,001102781	2,202700072	1,976602886	-	
		2	34,1	0,274	0,001086913	2,241429385	2,011356809	peroksida	
		3	34,2	0,274	0,001086913	2,248002491	2,017255216	peroksida	
	50%	1	34,1	0,277	0,001098814	2,217153976	1,989573162	Hidroperoksida	
		2	34	0,274	0,001086913	2,234856278	2,005458402	C	
		3	34	0,285	0,001130549	2,148598667	1,928054745	-	
	Kurma	10%	1	34,1	0,277	0,001098814	2,217153976	1,989573162	Hidroperoksida
			2	34	0,274	0,001086913	2,234856278	2,005458402	C
			3	34,3	0,279	0,001106748	2,214171017	1,98689639	Hidroperoksida
20%		1	34,4	0,278	0,001102781	2,228614191	1,999857037	CO2-	
		2	34,4	0,278	0,001102781	2,228614191	1,999857037	CO2-	
		3	34,5	0,278	0,001102781	2,235092721	2,005670575	-	
30%		1	34,5	0,275	0,00109088	2,25947555	2,027550618	peroksida	
		2	34,5	0,275	0,00109088	2,25947555	2,027550618	peroksida	
		3	34,4	0,278	0,001102781	2,228614191	1,999857037	CO2-	
40%		1	34,3	0,278	0,001102781	2,222135661	1,994043499	-	
		2	34	0,274	0,001086913	2,234856278	2,005458402	C	
		3	34,1	0,271	0,001075013	2,266242256	2,033622752	peroksida	
50%		1	34,2	0,296	0,001174184	2,080921225	1,867324085	-	
		2	34,2	0,281	0,001114681	2,192002429	1,967003307	-	
		3	34,3	0,279	0,001106748	2,214171017	1,98689639	Hidroperoksida	

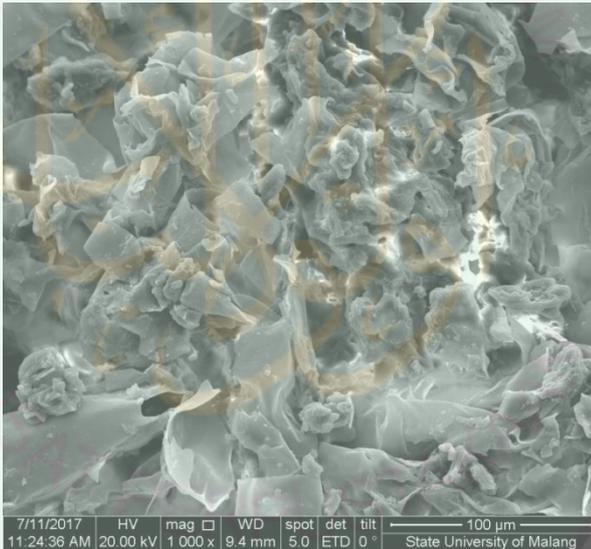
LAMPIRAN 3

Data Hasil Uji Partikel *Ultrafine*

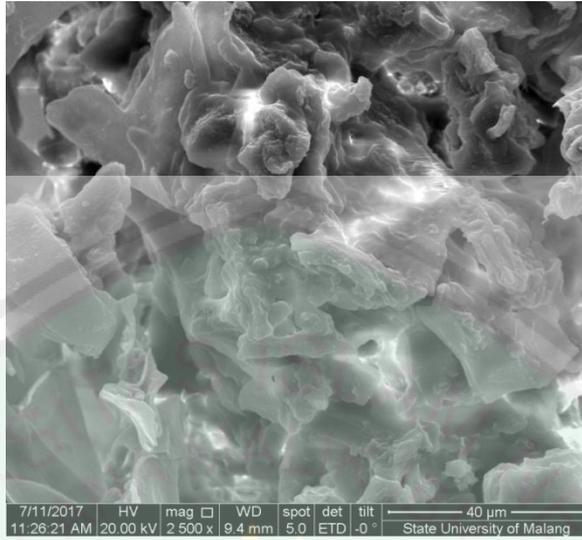
Biofilter		massa sebelum dipapari	massa setelah dipapari	massa total partikel	kecepatan alir	debit asap (Q)	volume total emisi (V)	Jumlah partikel	jumlah rata-rata partikel	
Kopi	10%	1	0,446	0,4466	0,0006	6,46	0,000248484	0,014909034	2,84886E+25	2,29026E+25
		2	0,4681	0,4684	0,0003	4,94	0,000190017	0,011401026	2,17854E+25	
		3	0,3855	0,3857	0,0002	4,18	0,000160784	0,009647022	1,84338E+25	
	20%	1	0,4185	0,4188	0,0003	3,63	0,000139628	0,008377677	1,60083E+25	1,47441E+25
		2	0,2465	0,2466	0,0001	3,11	0,000119626	0,007177569	1,37151E+25	
		3	0,4864	0,4878	0,0014	3,29	0,00012655	0,007592991	1,45089E+25	
	30%	1	0,3361	0,3365	0,0004	3,13	0,000120395	0,007223727	1,38033E+25	1,43766E+25
		2	0,4263	0,4267	0,0004	3,62	0,000139243	0,008354598	1,59642E+25	
		3	0,2526	0,2528	0,0002	3,03	0,000116549	0,006992937	1,33623E+25	
	40%	1	0,3585	0,359	0,0005	3,18	0,000122319	0,007339122	1,40238E+25	1,36857E+25
		2	0,3465	0,3468	0,0003	2,67	0,000102702	0,006162093	1,17747E+25	
		3	0,5027	0,5031	0,0004	3,46	0,000133089	0,007985334	1,52586E+25	
	50%	1	0,5032	0,5044	0,0012	3,25	0,000125011	0,007500675	1,43325E+25	1,20981E+25
		2	0,3619	0,3625	0,0006	2,67	0,000102702	0,006162093	1,17747E+25	
		3	0,3988	0,4017	0,0029	2,31	8,88542E-05	0,005331249	1,01871E+25	
Kurma	10%	1	0,3762	0,3764	0,0002	8,21	0,000315798	0,018947859	3,62061E+25	3,20313E+25
		2	0,4335	0,4337	0,0002	5,47	0,000210404	0,012624213	2,41227E+25	
		3	0,4762	0,4764	0,0002	8,11	0,000311951	0,018717069	3,57651E+25	
	20%	1	0,3117	0,312	0,0003	6,22	0,000239252	0,014355138	2,74302E+25	2,59455E+25
		2	0,4365	0,437	0,0005	5,66	0,000217712	0,013062714	2,49606E+25	
		3	0,2917	0,2922	0,0005	5,77	0,000221943	0,013316583	2,54457E+25	
	30%	1	0,2557	0,2558	0,0001	4,61	0,000177324	0,010639419	2,03301E+25	2,10651E+25
		2	0,3098	0,3101	0,0003	4,27	0,000164246	0,009854733	1,88307E+25	
		3	0,4166	0,4169	0,0003	5,45	0,000209634	0,012578055	2,40345E+25	
	40%	1	0,3471	0,3557	0,0086	4,45	0,000171169	0,010270155	1,96245E+25	1,86543E+25
		2	0,3559	0,3591	0,0032	4,14	0,000159245	0,009554706	1,82574E+25	
		3	0,4172	0,4177	0,0005	4,1	0,000157707	0,00946239	1,8081E+25	
	50%	1	0,3711	0,3758	0,0047	3,17	0,000121934	0,007316043	1,39797E+25	1,3524E+25
		2	0,4299	0,4302	0,0003	3,23	0,000124242	0,007454517	1,42443E+25	
		3	0,4911	0,4927	0,0016	2,8	0,000107702	0,00646212	1,2348E+25	



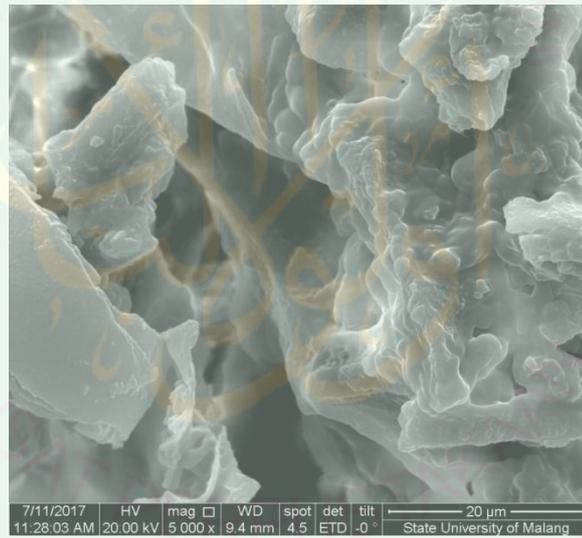
Pembesaran 500 x



Pembesaran 1000 x



Pembesaran 2500 x

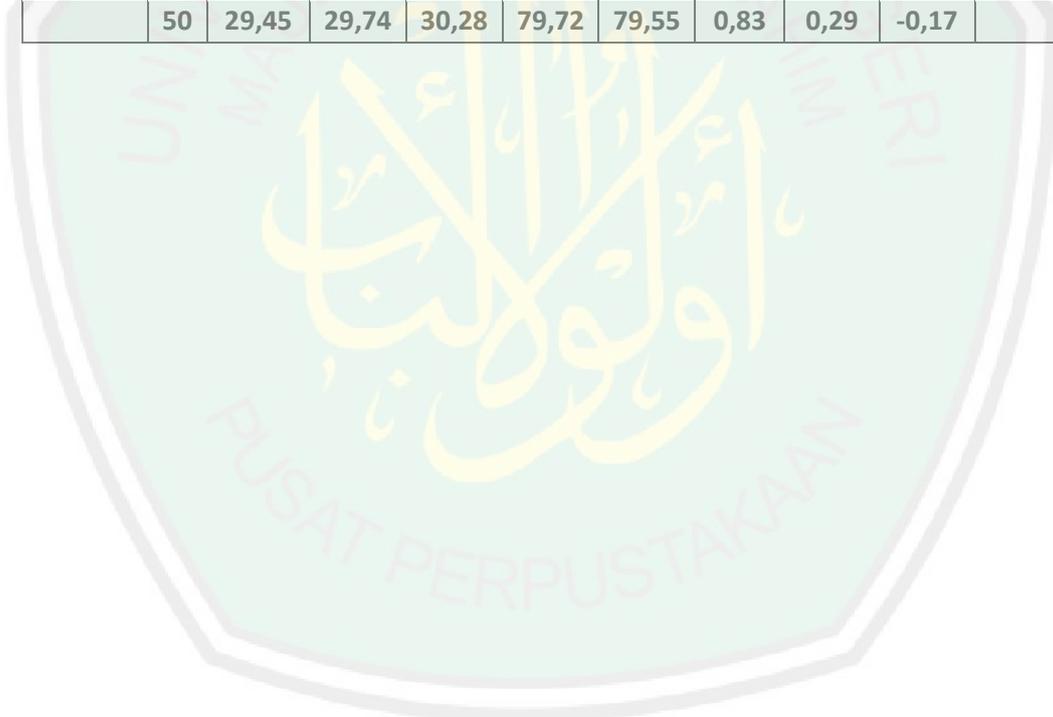


Pembesaran 5000 x

LAMPIRAN 5

Data Hasil Uji Porositas

Sampel		A	B	C	D	E	ms	md	mi	porositas (%)
Kurma	10	29,49	29,68	30,48	79,71	79,47	0,99	0,19	-0,24	65,04065041
	20	29,46	29,67	30,12	79,72	79,6	0,66	0,21	-0,12	57,69230769
	30	29,43	29,72	30,32	79,72	79,55	0,89	0,29	-0,17	56,60377358
	40	29,44	29,72	30,24	79,72	79,57	0,8	0,28	-0,15	54,73684211
	50	29,45	29,73	30,25	79,72	79,56	0,8	0,28	-0,16	54,16666667
Kopi	10	29,43	29,67	30,23	79,72	79,59	0,8	0,24	-0,13	60,21505376
	20	29,34	29,59	30,24	79,72	79,53	0,9	0,25	-0,19	59,63302752
	30	29,45	29,71	30,24	79,72	79,61	0,79	0,26	-0,11	58,88888889
	40	29,43	29,7	30,29	79,72	79,57	0,86	0,27	-0,15	58,41584158
	50	29,45	29,74	30,28	79,72	79,55	0,83	0,29	-0,17	54





BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : FITRIA NUR CAHYANI
NIM : 13640002
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Efektivitas Biofilter Berbahan Sabut Kelapa dengan Penambahan Serbuk Biji Kurma dan Serbuk Biji Kopi Terhadap Emisi Partikel Ultrafine dan Radikal Bebas Asap Rokok
Pembimbing I : Dr.H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes
Pembimbing II : Umayyatus Syarifah, M.A

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	8 Februari 2017	Pembimbing I (Bab I, II, III)	
2	22 Februari 2017	Pembimbing I (Bab I, II, III ACC)	
3	17 Juli 2017	Pembimbing I (Hasil Uji Radikal Bebas)	
4	24 Juli 2017	Pembimbing I (Hasil Uji Partikel Ultrafine)	
5	7 Agustus 2017	Pembimbing I (Data SEM EDX)	
6	19 September 2017	Pembimbing I (Bab IV dan V, ACC)	
7	25 September 2017	Pembimbing II (Integrasi dan Semua Bab)	
8	27 September 2017	Pembimbing II (Integrasi dan Semua Bab)	
9	29 September 2017	Pembimbing II (Integrasi dan Semua Bab)	
10	4 Oktober 2017	Pembimbing II (ACC)	

Malang, Oktober 2017
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,



Dr. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504199003 1 003