EFEKTIFITAS BIOFILTER BERBAHAN BATANG JAGUNG DENGAN PENAMBAHAN SERBUK BIJI KURMA DAN SERBUK BIJI KOPI TERHADAP PENGURANGAN EMISI PARTIKEL ULTRAFINE DAN RADIKAL BEBAS ASAP ROKOK

SKRIPSI

Oleh:
FEMMI YULFRIDA
NIM. 13640054

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

EFEKTIFITAS BIOFILTER BERBAHAN BATANG JAGUNG DENGAN PENAMBAHAN SERBUK BIJI KURMA DAN SERBUK BIJI KOPI TERHADAP PENGURANGAN 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:
FEMMI YULFRIDA
NIM. 13640054

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN PERSETUJUAN

EFEKTIFITAS BIOFILTER BERBAHAN BATANG JAGUNG DENGAN PENAMBAHAN SERBUK BIJI KURMA DAN SERBUK BIJI KOPI TERHADAP PENGURANGAN EMISI PARTIKEL ULTRAFINE DAN RADIKAL BEBAS ASAP ROKOK

SKRIPSI

Oleh:
FEMMI YULFRIDA
NIM. 13640054

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 5 September 2017

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes	Erika Rani, M.Si
NIP. 19750808 199903 1 003	NIP. 19810613 200604 2 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN PENGESAHAN

EFEKTIFITAS BIOFILTER BERBAHAN BATANG JAGUNG DENGAN PENAMBAHAN SERBUK BIJI KURMA DAN SERBUK BIJI KOPI TERHADAP PENGURANGAN EMISI PARTIKEL ULTRAFINE DAN RADIKAL BEBAS ASAP ROKOK

SKRIPSI

Oleh:
FEMMI YULFRIDA
NIM. 13640054

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal 11 September 2017

Penguji Utama	:	dr. Avin Ainur F., M. Biomed NIP. 19800203 200912 2 002	
Ketua Penguji	:	Dr. Imam Tazi, M.Si NIP. 19740730 200312 1 002	
Sekretaris Penguji	:	Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes NIP. 19750808 199903 1 003	
Anggota Penguji	:	Erika Rani, M.Si NIP. 19810613 200604 2 002	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	FEMMI YULFRIDA
NIM	:	13640054
Jurusan	:	FISIKA
Fakultas	:	SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian	:	Efektifitas Biofilter Berbahan Batang Jagung Dengan Penambahan Serbuk Biji Kopi dan Serbuk Biji Kurma Terhadap Pengurangan 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 perbah 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, 3 September 2017
Yang Membuat Pernyataan,

FEMMI YULFRIDA
NIM. 13640054

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

MOTTO

Jangan Terlalu Memanjakan Diri Sendiri

Zona Nyaman Tidak Selamanya Akan Terus Aman

Jangan Menghalalkan Segala Trik Untuk Menjadikan Diri Terlihat Cerdik

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN PERSEMBAHAN

Terimakasih kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan kuasaNya

Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terimakasih , karya kecil ini saya persembahkan untuk kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan segala yang terbaik unruk saya, terimakasih Bapak.. terimakasih Ibu..

Untuk saudara saya yang selalu bersedia menyemangati saya

Terimakasih untuk Guru, Dosen serta Pembimbing yang telah bersedia membagikan ilmunya dan meluangkan waktu untuk saya

Semua teman mulai dari MI, MTs, SMA, Mabna serta Fisika angkatan 13 yang telah mewarnai hari-hari saya. Terimakasih...

Serta terimakasih saya ucapkan untuk semua pihak yang telah membantu saya demi penulisan karya ini...

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulallah, Nabi besar Muhammad SAW serta para keluarga, sahabat, dan pengikut-pengikutnya. Atas Ridho dan Kehendak Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Efektifitas Biofilter Berbahan Batang Jagung Dengan Penambahan Serbuk Biji Kopi dan Serbuk Biji Kurma 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 *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. 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 Fisika yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

5. Erika Rani, M.Si selaku Dosen Pembimbing Agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi sains dan al-Qur'an.
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 dan semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan di setiap 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 *Amin Ya Rabbal Alamin.*

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 3 September 2017

Penulis

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGAJUAN ii
HALAMAN PERSETUJUAN iii
HALAMAN PENGESAHAN iv
HALAMAN PERNYATAAN v
MOTTO vi
HALAMAN PERSEMBAHAN vii
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
ABSTRAK xv
ABSTRACT xvi
الملخص xvii
BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 8
1.3 Tujuan 8
1.4 Batasan Masalah 9
1.5 Manfaat 9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Rokok 10
2.1.1 Pengertian 10
2.1.2 Kandungan Rokok dan Asap Rokok 12
2.1.3 Filter Rokok 16
2.1.4 Biofilter Rokok 18
2.2 Komposit 19
2.3 Batang Jagung 20
2.4 Radikal Bebas 22
2.5 Antioksidan 24
2.6 Kurma 26
2.6.1 Klasifikasi Kurma 26
2.6.2 Kandungan Kurma 27
2.7 Kopi 28
2.7.1 Klasifikasi Tanaman Kopi 28
2.7.2 Kandungan Biji Kopi 30
2.8 Tanaman Waru *(Hibiscus tilaceus L.)* 32
2.9 Pengujian *Electron Spin Resonance* (ESR) 34
2.10 Partikel *Ultrafine* 40
2.11 SEM (*Scanning Electron Microscopy*) 43
BAB III METODE PENELITIAN
3.1 Waktu dan Tempat penelitian 46
3.2 Alat dan Bahan 46
3.2.1 Alat 46

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.2.2 Bahan 47
3.3 Rancangan Penelitian 48
3.3.1 Pembuatan Biofilter 48
3.3.2 Perlakuan 49
3.4 Prosedur Kerja 49
3.4.1 Pembuatan Biofilter 49
3.4.2 Perlakuan 51
3.5 Teknik Pengambilan Data 54
3.5.1 Teknik Pengambilan Data Jenis Radikal Bebas 54
3.5.2 Teknik Pengambilan Data Jenis Partikel *Ultrafine* 56
3.5.3 Teknik Pengambilan Data Porositas 57
3.6 Analisis Data 58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Pembuatan Sampel dan Metode Pengujian 61
4.1.1 Pembuatan Biofilter 61
4.1.2 Pengujian Radikal Bebas 63
4.1.3 Pengujian Partikel *Ultrafine* 66
4.1.4 Pengujian SEM 68
4.2 Data Hasil Pengujian 70
4.2.1 Data Hasil Pengujian Radikal Bebas 70
4.2.2 Data Hasil Pengujian Partikel *Ultrafine* 73
4.2.3 Data Hasil Pengujian SEM 76
4.3 Pembahasan 79
4.3.1 Pembahasan Hasil Pengujian Radikal Bebas 79
4.3.2 Pembahasan Hasil Pengujian Partikel *Ultrafine* 84
4.3.3 Pembahasan Hasil Pengujian SEM 87
4.4 Integrasi Hasil Penelitian dengan Qur'an dan Hadits 90
BAB V PENUTUP
5.1 Kesimpulan 95
5.2 Saran 96
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rokok 10
Gambar 2.2 Filter Rokok.....17
Gambar 2.3 Batang Jagung.....21
Gambar 2.4 Struktur Kimia Radikal Bebas.....23
Gambar 2.5 Kurma.....27
Gambar 2.6 Biji Kopi.....30
Gambar 2.7 Tanaman Waru 33
Gambar 2.8 Alat ESR.....35
Gambar 2.9 *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 44
Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Biofilter 48
Gambar 3.2 Diagram Alir Langkah Pengambilan Data 49
Gambar 3.3 Skema Alat ESR.....51
Gambar 3.4 Contoh Pengambilan Data Ukur Resonansi ESR.....52
Gambar 3.5 Rangkaian Alat Percobaan *Ultrafine*.....53
Gambar 3.6 *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 53
Gambar 4.1 Contoh Pengambilan Data Ukur Resonansi ESR.....64
Gambar 4.2 Rangkaian Alat Percobaan *Ultrafine*.....66
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian *Ultrafine* Biofilter Batang Jagung dengan Penambahan Serbuk Biji Kopi 74
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian *Ultrafine* Biofilter Batang Jagung dengan Penambahan Serbuk Biji Kurma.....75
Gambar 4.5 Uji SEM Perbesaran 1000 Kali 76
Gambar 4.6 Hasil Grafik Pengujian SEM EDX Perbesaran 1000x Biofilter Berbahan Batang Jagung dengan Penambahan Serbuk Biji Kurma 0,105 gram 76
Gambar 4.7 Grafik Hasil Porositas Membran Penambahan Serbuk Biji Kopi 77
Gambar 4.8 Grafik Hasil Porositas Membran Penambahan Serbuk Biji Kurma.....78

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fase Partikel 13
Tabel 2.2 Fase Gas 13
Tabel 2.3 Nilai Faktor g 40
Tabel 3.1 Teknik Pengambilan Data Jenis Radikal Bebas 54
Tabel 3.2 Teknik Pengambilan Data Jenis Emisi Partikel *Ultrafine* 56
Tabel 3.3 Teknik Pengambilan Data Kerapatan 57
Tabel 4.1 Jenis Dugaan Radikal Bebas Asap Rokok 70
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Radikal Bebas Biofilter Berbahan Batang Jagung dengan Penambahan Serbuk Biji Kopi 71
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Radikal Bebas Biofilter Berbahan Batang Jagung dengan Penambahan Serbuk Biji Kurma 73
Tabel 4.4 Pengujian Radikal Bebas pada Asap Rokok Kretek maupun Rokok Putih 79

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil ESR
Lampiran 2 Data Hasil *Ultrafine*
Lampiran 3 DataHasil SEM
Lampiran 4 Data Hasil Pengujian SEM EDX
Lampiran 3 Data Hasil Pengujian Porositas

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ABSTRAK

Yulfrida, Femmi. 2017. **Efektifitas Biofilter Berbahan Btang Jagung dengan Penambahan Serbuk Biji Kurma dan Serbuk Biji Kopi Terhadap Pengurangan 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 (II) Erika Rani, M.Si

Kata Kunci: Biofilter, Batang Jagung, Biji Kurma, Biji Kopi, Daun Waru, ESR, *Ultrafine*, SEM

Radikal bebas merupakan senyawa yang sangat reaktif. Radikal bebas dapat membentuk ikatan dengan protein maupun DNA sehingga radikal berbahaya bagi tubuh. Contoh sumber radikal bebas asap rokok. Filter digunakan untuk meminimalisir bahaya yang dihasilkan oleh emisi rokok. Penelitian ini menggunakan filter alami yang terbuat dari batang jagung. Untuk mendeteksi radikal bebas pada asap rokok digunakan ESR Leybold Heracus. Radikal bebas dapat diketahui melalui perolehan nilai faktor g dari sampel asap rokok, sehingga jenis radikal pada asap rokok dapat diidentifikasi. Selain itu, Partikel ultrafine (UFP) yang dihasilkan oleh asap *mainstream* rokok dapat menyebabkan gangguan terhadap kesehatan manusia. Dalam penelitian ini dibuat sebuah jenis filter yang terbuat dari batang jagung dengan variasi densitas filter untuk mengetahui pengaruhnya terhadap faktor emisi partikel *ultrafine*. Ditambahkan serbuk biji kopi dan serbuk biji kurma sebagai antioksidan penangkal radikal bebas.. Dari kedua pengujian tersebut didapatkan biofilter dengan hasil terbaik pada variasi komposisi 50%: 50% atau masing-masing 0,105 gram. Semakin banyak serbuk yang ditambahkan maka semakin efektif menangkal radikal bebas. Semakin padat membran biofilter maka semakin sedikit partikel *ultrafine* yang mampu melewatinya. Biofilter dengan campuran serbuk biji kurma 50% mempunyai prosentase porositas terendah yaitu 52.7% dan rata-rata ukuran pori-pori berukuran 26850 µm pada hasil pengujian SEM.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ABSTRACT

Yulfrida, Femmi. 2017**. An Effectiveness of Biofilter Made from Cornstalk with Dates Seed Powder and Coffee against reducing the Emissions of Ultrafine Particles and Free Radicals of the Smoke**. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes (II) Erika Rani, M.Si

Keywords: Biofilter, Cornstalk, Dates Seed, Coffee Seed, Waru Leaf, ESR, Ultrafine, SEM

Free radical is very reactive compounds. Free radicals can form bonds with proteins and DNA so that it dangers the body. This is one of the examples of sources is free radicals from cigarette smoke. Filters are used to minimize the hazards that are produced by cigarette emissions. The research used natural filters that were made from cornstalks. To detect free radicals in cigarette smoke, it was used ESR Leybold Heracus. Free radicals can be determined by g factor values that were obtained from cigarette smoke samples. So the radical type of cigarette smoke can be identified. In addition, ultrafine particles (UFP) that were generated by smoke mainstream cigarettes could cause disruption to human health. In the research, filter was made from cornstalk with variation of filter density to know the effect on the ultrafine particle emission factor. Additioned coffee seed powder and dates seed powder as an antioxidant of free radical antidote. Which test, it was obtained bio-filter with the best results on the composition variations of 50%: 50% or 0.105 gram. The more dense of the biofilter membrane, the less of ultrafine particles that can pass through it. Biofilter with blend of 50% date seed powder has the lowest porosity percentage, it was 52.7% and average pore was 26850 µm on the SEM test result.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ملخص البحث

يولفريدا، فيمي. 2017. فعالية البيولوجية التصفية المصنوعة من سيقان الذرة مع إضافة مسحوق بذرة التمر و القهوة على انخفاض انبعاثات الجسيمات الفائقة النعومة (*Ultrafine*) والجذور الحرة من دخان السجائر. شعبة الفيزياء كلية العلوم والتكنولوجيا الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف الاول: الدكتور اكوس موليونو، الحج الماجستير، والمشرفة الثانية: إيريكا راني، الماجستيرة

الكلمات الرئيسية: البيولوجية التصفية ، ساق الذرة، البذور التمر، البذور القهوة، ورقة وارو، ESR ، الفائقة النعومة ، SEM

الجذور الحرة هي مركبات تفاعلية جدا. الجذور الحرة يمكن أن يشكل روابط مع البروتينات والحمض النووي حتى يستطيع ان يتضر للجسم. الأمثلة على مصادر الجذور الحرة من دخان السجائر. وتستخدم التصفية لتقليل الأخطار الناجمة عن انبعاثات السجائر. يستخدم هذا البحث التصفية الطبيعية المصنوعة من سيقان الذرة. استخدم للكشف عن الجذور الحرة في دخان السجائر ESR Leybold Heracus. يمكن ان يحديد الجذور الحرة من خلال قيم عامل غ من عينات دخان السجائر، وبالتالي يمكن ان يحديد النوع الجذري لدخان السجائر. وبالإضافة إلى ذلك، الجسيمات الفائقة النعومة (UFP) التي تنتجها الدخان السجائر السائدة تمكن أن تسبب لصحة الإنسان. في هذا البحث، استخدم نوع المرشح المصنوع من ساق الذرة مع اختلاف كثافة التصفية لمعرفة تأثيرها على عامل انبعاث الجسيمات الفائقة النعومة. أضيفت مسحوق بذرة التمر و القهوة كما المضادة للأكسدة للتأكسد الجذور الحرة . من الثانية الاختبارات التي تم الحصول عليها البيولوجية التصفية مع أفضل النتائج على 50٪ تكوين الاختلافات: 50٪ أو 0.105 غرام لكل منهما. واكثر مساحيق أكثر الموضوفة وا فعال للتأكسد الجذور الحرة. أكثر صلابة الغشاء البيولوجية التصفية فأقلت الجسيمات الفائقة النعومة التى تمكن أن تمرها. البيولوجية التصفية مع مزيج مسحوق البذور التمر يعنى 50٪ لديه أدنى نسبة المسامية وهي 52.7٪ والمسام المتوسط هو 26850 نانومتر في نتيجة اختبارSEM.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tembakau merupakan salah satu sumber pendapatan negara yang mempunyai nilai ekonomi cukup penting karena menyumbang pendapatan negara melalui cukai. Tembakau sebagian besar digunakan untuk bahan dasar rokok atau cerutu. Produk rokok sangat mudah untuk didapatkan dengan harganya yang relatif murah.

Kegiatan merokok sudah menjadi bagian tradisi yang sudah mengakar di sebagian masyarakat Indonesia. Salah satu produk asli karya budaya masyarakat Indonesia adalah rokok kretek yang sudah lama menjadi salah satu kearifan lokal untuk kegiatan pengukuh tali silaturahim masyarakat Indonesia, jadi sangat sulit dirasa ketika merokok harus dihilangkan begitu saja. Oleh karena itu pro dan kontra asap rokok tidak bisa diselesaikan dari salah satu sudut pandang saja, namun harus dipandang secara komprehensif (Zahar dan Sutiman, 2011).

Produksi rokok semakin meningkat dengan banyaknya jenis rokok baru yang bermunculan. Konsumsi rokok di Indonesia yang semakin meningkat menyebabkan semakin luas lahan untuk menanam tembakau. Secara ekonomis rokok merupakan sandaran hidup bagi jutaan orang yang bekerja dan memperoleh penghasilan dari industri produk tembakau.

Asap yang dihasilkan saat pembakaran rokok mengandung radikal bebas yang berdampak negatif bagi tubuh manusia. Banyak orang yang tidak

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

menghiraukan hal ini karena dampak yang dihasilkan tidak secara langsung. Secara bertahap perokok aktif mengumpulkan endapan-endapan dari asap rokok yang bisa membahayakan kesehatan.

Tahun 2011, Sutiman bekerja sama dengan Gretha Zahar menemukan terapi asap pembakaran rokok yang menggunakan filter *divine* kretek untuk penyembuhan kanker. Dengan dosis tertentu, radikal bebas pada asap rokok mampu menjinakkan dan mengaktifkan sel-sel tubuh yang mengalami kerusakan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa asap rokok mampu menyebabkan kanker, namun juga dapat digunakan sebagai obat penyembuh kanker setelah menggunakan filter khusus dengan penambahan bahan *scavenger*. *Scavenger* merupakan bahan yang ditambahkan pada filter khusus untuk mentransformasikan beberapa kandungan berbahaya serta radikal bebas pada asap rokok sehingga menjadi lebih baik bagi kesehatan (Sumitro dan Zahar, 2011). Penelitian yang dilakukan oleh Gretha dan Sutiman menyatakan bahwa rokok kretek tidak selalu berdampak negatif. Rokok yang berpotensi sebagai penyebab kanker juga berpotensi sebagai obat setelah menggunakan filter khusus (filter dengan tumbuhan *sceavenger*). Peran aktif *sceavenger* pada *divine* kretek mentransformasi asap rokok yang mengandung materi bahaya dan radikal bebas menjadi tidak berbahaya bagi kesehatan.

Adapun dampak negatif yang ditimbulkan akibat merokok adalah bersumber dari asap rokok yang dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna, dimana pembakaran tersebut dapat menghasilkan radikal bebas. Asap rokok mengandung lebih dari 4000 jenis zat organik berupa gas maupun partikel yang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

berasal dari daun tembakau. Komponen dalam asap rokok dibagi menjadi 2 bentuk yaitu fase gas dan fase tar (partikulat). Fase gas merupakan fase dengan berbagai macam gas yang berbahaya diantaranya terdiri dari nitrosopirolidin, vinil klorida, formaldehid, hidrogen sianida, nitrosamine, akrolein, urean, asetaldehida, ammonia piridin, hidrasin, nitrogen oksida dan karbon monoksida. Sedangkan fase tar merupakan bahan yang terserap dari penyaringan asap rokok menggunakan filter *cartridge* dengan ukuran pori-pori 0,1 µm. Fase ini terdiri dari dibensakridin, dibensokarbol, bensopirin, fluoranten, hidrokarbon aromatik, polinuklear, naftalen, nitrosamine yang tidak menguap, nikel, arsen, alkaloid tembakau dan nikotin. Radikal bebas dari asap fase tar memiliki waktu paruh yang lebih lama (beberapa jam hingga bulan) dibandingkan dengan fase gas yang hanya memiliki waktu paruh beberapa detik (Sitepoe, 1997).

Partikel atau *Particulate Matter* dibedakan menjadi tiga berdasarkan ukurannya yaitu *coarse particle* (> 2,5µm), *fine particle* (≤ 2,5µm) dan *ultrafine particle* (≤ 0,1µm). *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).

Pembakaran dari asap rokok menghasilkan emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas. Untuk itu diperlukan sebuah filter untuk menghambat kandungan dari asap yang merugikan. Banyak rokok filter yang telah beredar di pasaran

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dengan berbagai merek. Filter rokok yang beredar umumnya terbuat dari selulosa asetat dan monofilamen yang kemudian menimbulkan limbah dan mencemari lingkungan karena sulit diuraikan oleh alam.

Usaha untuk tetap mempertahankan eksistensi rokok juga dilakukan oleh pabrik-pabrik rokok di dunia termasuk Indonesia dengan cara meminimalisir hasil keluaran buruk asap rokok dengan menambahkan filter. Filter yang sering digunakan oleh pabrik dan yang berada di pasaran salah satunya terbuat dari selulosa asetat. Gabungan antara selulosa asetat dan monofilamen mampu mengurangi kadar tar dan nikotin sebanyak 40-50% jika dibandingkan dengan rokok non-filter (Borgerding dan Klus, 2005).

Bahan pembuatan filter rokok di Indonesia sebagian masih mengimpor. Salah satu bahan impor tersebut adalah selulosa asetat. Selulosa asetat sendiri merupakan bahan utama dalam pembuatan gabus filter. Selulosa dapat diperoleh dan diproduksi dari bahan seperti kapas, serat linen, kayu, rumput laut dan alga. Bahan-bahan tersebut mudah ditemukan di Indonesia, namun selulosa harus direaksikan dengan asetat anhidrat agar dapat menjadi selulosa asetat. Asetat anhidrat ditambahkan pada selulosa agar tekstur selulosa menjadi kuat dan tahan terhadap panas saat pembakaran rokok.

Selulosa asetat berasal dari campuran bahan kimia. Mayoritas produsen rokok di Indonesia mengimpor filter rokok dan tidak diketahui apa saja bahan yang telah ditambahkan di dalam filter tersebut. Demi kesehatan serta keamanan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

filter rokok yang akan dikonsumsi, oleh karena itu perlu meminimalisir impor selulosa asetat dan filter rokok.

Batang jagung memiliki kandungan selulosa 45%, pentosa 35% dan lignin 15% (Hagutami, 2001). Kandungan selulosa yang terdapat pada batang jagung dapat dikatakan lumayan tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Ferdian (2013) menyebutkan bahwa serabut kelapa yang mempunyai presentase selulosa 43% dapat dijadikan sebagai biofilter pada rokok. Selulosa alami dapat ditemukan pada berbagai jenis tumbuhan baik tumbuhan kayu maupun non kayu. Selulosa alami merupakan serat yang tersedia di alam tanpa melalui proses pengolahan. Penelitian kali ini akan menggunakan selulosa alami yang bersal dari batang jagung. Batang jagung dipilih karena ketika selesai panen, batang jagung akan dibakar dan terbuang sia-sia.

Selain menggunakan selulosa alami, penambahan anitioksidan dalam biofilter diharapkan dapat menambah efektifitas performa biofilter untuk mengurangi emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas asap rokok. Menurut (Winarsih, 2007) radikal bebas *(free radicasl)* merupakan suatu senyawa atau molekul yang mengandung satu atau lebih elektron tidak berpasangan pada orbital luarnya. Sehingga senyawa tersebut sangat reaktif mencari pasangannya. Maka dari itu, penambahan bahan antioksidan juga harus dipilih dengan tepat.

Allah SWT telah menciptakan berbagai macam tumbuhan yang bermanfaat sebagaimana disebutkan dalam Asy-Syu'raa' Ayat 7:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

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

"Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik" (QS. Asy-Syu'raa: 7).

Pada ayat tersebut dijelaskan bahwa Allah SWT telah menumbuhkan berbagai macam tumbuhan yang baik yang dapat diambil manfaatnya, baik untuk dimakan maupun dijadikan obat dalam dunia kesehatan. Ayat tersebut juga menjelaskan bahwa fenomena tumbuhan yang beraneka ragam secara morfologi menampakkan gambaran yang unik tersendiri, morfologi tumbuhan tidak hanya menguraikan bentuk dan susunannya tumbuh-tumbuhan saja, tetapi juga menentukan fungsi masing-masing bagian dalam kehidupan tumbuhan dan susunan yang sedemikian itu. Maha besar Allah SWT yang menciptakan keanekaragaman dunia tumbuhan dengan berbagai perbedaan dan persamaannya, ada tumbuhan yang sama sekali berbeda dengan tumbuhan lain, ada yang mirip tetapi berbeda, ada yang sedikit perbedaan dan banyak persamaannya (Rossidy, 2008).

Biji kurma dan biji kopi merupakan salah satu hasil alam yang mengandung zat antioksidan. Antioksidan merupakan zat yang mudah mengikat radikal bebas. Peranannya sebagai pendonor elektron, sehingga memungkinkan untuk dapat menghentikan efek radikal pada asap rokok. Filter batang jagung dengan campuran serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi kemudian diharapkan dapat

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

menjadi filter yang baik dalam mengurangi emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas yang dihasilkan oleh asap rokok.

Filter rokok secara khusus didesain untuk menyerap asap dan akumulasi partikulat yang terdapat pada asap rokok. Penggunaan 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. 2007).

Pemilihan rokok kretek untuk diteliti, termasuk penelitian tentang asapnya juga dilandasi alasan subjektif. Alasan subjektif itu, kretek merupakan produk khas Indonesia, warisan leluhur dan hampir seluruh komponen kretek tersedia melimpah di dalam negeri. Selain itu, dibalik bisnis kretek juga bergantung nafkah hidup jutaan rakyat Indonesia. Terdapat perputaran uang yang sangat besar bernilai trilliunan rupiah, sehingga bisnis kretek ini nyata-nyata signifikan menopang kekuatan ekonomi negara (Zahar dan Sumitro, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas biofilter berbahan batang jagung dengan penambahan serbuk biji kurma dan biji kopi dalam mengurangi emisi partikel *ultrafine* dan radikal asap rokok. Perekat yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan perekat alami, yaitu dari daun waru. Rahma (2016) menyatakan bahwa tekstur air perasan daun waru mampu

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dimanfaatkan sebagai perekat yang keorganikannya mencapai 100%. Campuran daun waru sebagai perekat serbuk jintan hitam dan serbuk siwak mampu membentuk pori pada permukaan biofilter dengan diameter rata-rata 15,12 μm, adanya kandungan antioksidan dalam *filler* dan matriks berfungsi sebagai *scavenger* molekul radikal bebas dengan mendonorkan elektron. Hal tersebut terbukti karena dalam penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa biofilter yang menggunakan matriks daun waru lebih efektif dalam menangkal radikal bebas dibanding biofilter yang menggunakan PEG.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perbedaan kandungan emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas pada rokok yang menggunakan biofilter dengan rokok kretek?
2. Bagaimana efektifitas filter berbahan batang jagung dengan penambahan serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi terhadap pengurangan emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas yang ditimbulkan asap rokok?
3. Berapakah variasi komposisi serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi pada filter batang jagung yang efektif terhadap pengurangan emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas yang ditimbulkan asap rokok?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui perbedaan kandungan emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas pada rokok yang menggunakan biofilter dengan rokok kretek.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2. Untuk mengetahui efektifitas filter berbahan batang jagung dengan penambahan serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi terhadap pengurangan emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas yang ditimbulkan asap rokok.
3. Untuk mengetahui variasi kompisi serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi pada filter batang jagung yang efektif terhadap pengurangan emisi partikel *ultrafine* dan radikal bebas yang ditimbulkan asap rokok.

1.4 Batasan Masalah

1. Tidak meneliti kandungan kimia yang ada pada batang jagung.
2. Batang jagung yang digunakan memiliki ukuran 30 mesh, dikarenakan untuk mempertahankan bentuk asli gabus.
3. Penelitian ini sebatas untuk meneliti asap rokok secara fisika dan tidak meneliti secara ikatan kimia.

1.5 Manfaat

1. Diharapkan mampu memanfaatkan batang jagung dengan meminimalisir limbah dari batang jagung.
2. Pemanfaatan biji kurma agar tidak terbuang sia-sia.
3. Informasi yang berkaitan dengan pembuatan filter batang jagung 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.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rokok

2.1.1 Pengertian

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 dibagian 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).

Gambar 2.1 Rokok
(Sumber: http://assets.kompas.com/data/photo/2013/05/31)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Adapun berdasarkan bahan pembungkusnya, proses pembuatan serta penggunaan filternya, rokok dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Aula, 2010):

1) Rokok berdasarkan pembungkusnya
   a. Kawung yaitu yang bahan pembungkusnya berupa daun aren.
   b. Sigaret yaitu rokok yang bahan pembungkusnya berupa kertas.
   c. Cerutu yaitu rokok yang bahan pembungkusnya berupa daun tembakau.
2) Rokok berdasarkan proses pembuatan
   a. Sigaret kretek tangan yaitu rokok yang proses pembuatannya dengan cara digiling atau digelinting dengan menggunakan tangan taupun alat bantu sederhana.
   b. Sigaret kretek mesin yaitu rokok yang proses pembuatannya menggunakan mesin, keluaran yang dihasilkan mesin pembuat rokok ini berupa mesin batangan.
3) Rokok berdasarkan penggunaan filter
   a. Rokok filter yaitu rokok yang pada bagian pangkalnya terdapat gabus.
   b. Rokok non filter yaitu rokok yang pada bagian pangkalnya tidak terdapat gabus.

Selain larangan bagi rokok kretek di Amerika Serikat, kampanye intensif dan ekstensif bahaya rokok bagi kesehatan dibandingkan dengan rokok konvensional semakin gencar diberitakan. Hal ini dilakukan untuk mengambil alih keberadaan rokok kretek di Indonesia. Rokok kretek secara kimiawi mengandung nikotin tetapi bukan zat adiktif (Zahar dan Sumitro, 2011).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.1.2 Kandungan Rokok dan Asap Rokok

Selama ini asap rokok selalu dianggap berbahaya bagi perokok maupun bagi orang-orang yang ada di sekitar perokok. Asap rokok kerap kali disebut-sebut sebagai salah satu penyebab munculnya penyakit degeneratif. Namun seiring perkembangan zaman dan banyaknya penelitian yang telah dilakukan, asap rokok kretek ternyata mampu menyembuhkan penyakit degeneratif. Asap rokok dibentuk oleh asap utama *(Main Stream Smoke)* dan asap samping *(Side Stream Smoke).* Asap utama merupakan asap tembakau yang dihirup langsung oleh perokok sedangkan asap samping merupakan asap tembakau yang disebarkan ke udara bebas yang akan dihirup oleh orang lain atau perokok pasif (Tandra, 2003).

Perkiraan komposisi kimia pada asap *mainstream* yang dihasilkan oleh asap rokok terdiri dari nitrogen 58%, oksigen 12%, karbondioksida (CO_2) 13%, karbonmonoksida (CO) 3,5%, hidrogen dan argon 0,5%, air 1%, senyawa organik yang mudah menguap 5% dan fase pertikulat 8% (Norman, 1977).

Menurut berberapa ahli, rokok banyak mengandung ribuan bahan kimia. Ketika rokok dibakar, rokok tersebut mengeluarkan 4000 zat kimia berbahaya dan 43 diantaranya dapat menyebabkan kanker. Bahan-bahan tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua golongan yaitu komponen gas dan padat atau partikel (Aditama, 1997).

Kandungan spenyawa-senyawa yang terkandung dalam asap rokok (Purnamasari, 2006):

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 2.1 Fase Partikel

No.	Senyawa	Efek
1.	Tar	Karsinogen
2.	Hidro karbonaromatic polinuk	Karsinogen
3.	Nikotin	Sumulator, depressor ganglion, karsinogen
4.	Fenol	Kokarsinogen dan iritan
5.	Kresol	Kokarsinogen dan iritan
6.	Naftilamin	Karsinogen
7.	N- Nitrosonomikotin	Karsinogen
8.	Benzo(a)piren	Karsinogen
9.	Logam renik	Karsinogen
10.	Indol	Akselelator Tumor
11.	Karbazol	Akselelator Tumor
12.	Katekol	Kokarsinogen

Tabel 2.2 Fase Gas

No.	Senyawa	Efek
1.	Karbonmonoksida	Pengurangan Transfer dan Pemakaian O_2
2.	Asam Hidrosianat	Sitoksin dan Iritan
3.	Asetaldehid	Sitoksin dan Iritan
4.	Akrolein	Sitoksin dan Iritan
5.	Amonia	Sitoksin dan Iritan
6.	Formaldehid	Sitoksin dan Iritan
7.	Oksida dari Nitrogen	Sitoksin dan Iritan
8.	Nitrosamin	Sitoksin dan Iritan
9.	Hidrozin	Karsinogen
10.	Vinil Klorida	Karsinogen

Komponen gas yang terkandung di dalam rokok meliputi karbon monoksida, hidrogen sianida, amoniak, oksida dari nitrogen dan senyawa hidrokarbon. Sedangkan komponen padat rokok terdiri dari tar, nikotin, v benzopiren, fenol dan kadmium. Komponen rokok yang paling banyak dikenal oleh masyarakat adalah tar, nikotin dan karbon monoksida sebab ketiga kandungan inilah yang paling banyak tertera pada bungkus rokok (Triswanto, 2007).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tar merupakan subtansi hidrokarbon yang bersifat lengket dan menempel pada paru-paru dan mengandung bahan-bahan karsinogen yang dapat menyebabkan kanker (Wirawan, 2007).

Nikotin termasuk dalam jenis senyawa kimia organik dan merupakan alkaloid yang dapat ditemukan secara alami di berbagai macam tumbuhan seperti pada tembakau dan tomat. Nikotin mengandung berbagai zat yang dapat menyebabkan perokok merasa rileks, ketagihan maupun ketergantungan. Adapun kandungan nikotin dapat mencapai 0,3% sampai dengan 5% dari berat tembakau (Triswanto, 2007).

Asap rokok juga mengandung berbagai zat yang tidak hanya menyebabkan kanker tetapi dapat mengganggu kesehatan tubuh. Beberapa diantaranya adalah hidrogen sianida, karbon monoksida, nitrogen oksida, amoniak, sulfur oksida toluen dan lain-lain (Canceresearchuk, 2006). Aerosol heterogen yang dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna tembakau 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 (Sianturi, 2003).

Oksigen dalam rokok mempunyai jumlah yang cukup untuk memainkan peranan yang besar terjadinya kerusakan saluran pernafasan. Telah diketahui bahwa oksidan asap tembakau menghabiskan antioksidan intraseluler dalam sel paru (*in vivo*) melalui mekanisme yang dikaitkan terhadap tekanan oksidan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Diperkirakan bahwa tiap hisapan rokok mempunyai bahan oksidan dalam jumlah besar, meliputi aldehida, epoxida, peroxida dan radikal bebas lain yang mungkin cukup berumur panjang dan bertahan hingga menyebabkan kerusakan alveoli. Bahan lain seperti nitrit oksida, radikal peroksil dan radikal yang mengandung karbon ada dalam fase gas. Juga mengandung radikal lain yang relatif stabil dalam fase tar (Arif, 2007).

Ada dua asap rokok yang dapat menganggu kesehatan, yaitu asap utama (*mainstream*) dan asap sampingan (*slidestream*). Asap *mainstream* merupakan asap yang muncul dari ujung rokok yang dekat dengan mulut sedangkan asap *slidestream* adalah asap yang menyebar ke lingkungan yang berasal dari ujung rokok yang menyala. Asap *slidestream* dan asap *mainstream* yang dihembuskan akan menyebar ke atmosfer akan mengalami perubahan fisik dan kimia karena berekasi dengan *ambient* udara sehingga menjadi *Enviromental Tobacco Smoke* (ETS). Asap *mainstream* rokok berisikan asap yang kompleks ketika asap tersebut dihirup oleh sistem respirasi. Karakteristik fisik dan komposisi kimia dari asap rokok lebih terlihat dan lebih jelas dari pada asap *sidestream* rokok (Borgerding dan Klus, 2005).

Pada dasarnya ETS mengandung karsinogenik dan gas beracun sama dengan yang dihasilkan oleh asap *mainstream* yang dihirup dan dilepas oleh perokok dan mengandung sebanyak 4800 zat beracun yang telah diidentifikasi sebagai komponen asap. Sementara itu sebanyak 400 orang telah dianalisis secara kuantitatif, sebanyak 200 zat beracun bagi manusia telah diketahui lebih dari 80 orang dari mereka. Zat yang terkandung di dalamnya terdapat karsinogenik.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Terdapat pula tar, karbonmonoksida, hidrogen sianida, fenol, ammonia, formaldehid, benzene, nitrosamine dan nikotin (Pandev, 2010).

Asap rokok merupakan partikel aerosol yang dihasilkan oleh kondensasi uap super jenuh yang mendingin secara cepat. Pada tembakau sendiri terdapat sekitar 3800 penyusun yang terdiri dari molekul *organic*, *inorganic* dan *biopolymer*. Molekul-molekul kecil tersebut antara lain adalah hidrokarbon, terpena, alkohol, fenol, asam-asaman, aldehid, keton, quinon, ester, nitril, senyawa belerang, karbohidrat, asam amino, alkaloid, sterol, isoprenoid, senyawa amadori dan seterusnya. Kelompok biopolimer antara lain selulosa, hemiselulosa, pektin, lignin, protein, peptida dan asam nuklei. Pada saat proses merokok, semua molekul tersebut akan terbakar pada suhu yang mencapai 950 ˚C dengan konsentrasi oksigen yang berubah-ubah. Sekitar 4800 zat berbahaya telah teridentifikasi pasa asap tembakau (Baker, 2006).

Kandungan bahan kimia pada asap rokok samping ternyata lebih tinggi dibanding asap rokok utama, antara lain karena tembakau terbakar pada temperatur rendah ketika rokok sedang tidak dihisap, pembakaran menjadi kurang lengkap sehingga mengeluarkan lebih banyak bahan kimia (Rahmatullah, 2006).

2.1.3 Filter Rokok

Filter rokok pertama kali dibuat pada tahun 1950-an. Pada umumnya dibuat dari monofilamen selulosa asetat dan dapat mengurangi kadar tar dan nikotin hingga 40-50% dibandingkan rokok yang tidak menggunakan filter. Berbagai bahan tambahan dan perilaku klinis telah diajukan untuk memfiltrasi asap rokok, namun filter dua lapis yang terdiri dari karbon dan lapis kedua merupakan filter

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

yang paling umum digunakan. Filter yang mengandung karbon lebih efisien dibanding filter yang mengandung selulosa asetat (CA), filter untuk menghilangkan senyawa-senyawa dengan titik didih rendah. Aldehid yang memiliki berat molekul rendah (formal dehid, *acetatdehid*, *acrolein*, dan *acetone*) yang tidak terpengaruh oleh filter CA dapat dikurangi dengan menggunakan filter karbon. Tingkat aktivasi biologis juga komposisi kimia dari asap rokok merupakan faktor yang penting dalam karakterisasi sifat filter (Sheila, 2011).

Gambar 2.2 Filter Rokok
(Sumber: https://thumbs.dreamstime.com/t/cigarette-filters-8933810)

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, 2007).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Pembuatan filter rokok menggunakan material komposit dimana material komposit adalah tersusun dari beberapa bahan, beberapa bahan tersebut kemudian dicampurkan. Proses pencampuran bahan komposit pada biofilter sehingga bahan-bahan menjadi homogen sangat memengaruhi penyerapan radikal bebas. Pengeringan bahan juga memengaruhi hasil akhir pencetakan biofilter (Farihatin, 2014).

2.1.4 Biofilter Rokok

Hasil 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.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Bilqis pada tahun 2014 memberikan hasil bahwa membran komposit radikal bebas pada asap rokok dengan perbandingan komposisi serbuk biji kurma 0,7 dengan PEG 0,3 ml (Farihatin, 2014).

Membran biofilter berfungsi sebagai filter untuk menangkap radikal bebas pada asap rokok dimana keberadaan radikal bebas tersebuat merupakan pemicu berbagai penyakit degeneratif. Dengan membran inilah pemicu rusaknya sel oleh radikal bebas asap rokok dapat dihindari (Itsna, 2013).

Kopi sebagai biofilter memiliki kandungan anrtioksidan tertinggi diantara tanaman sejenisnya yang dapat mempengaruhi penyebaran radikal bebas pada

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

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 05 gram), pada massa kopi sebesar 0,3 gram mampu menyerap pada asap rokok kretek dibandingkan massa yang lain (Yulia, 2013).

2.2 Komposit

Pengertian bahan komposit berarti terdiri dua atau lebih bahan berbeda yang digabung atau dicampur secara makroskopis menjadi suatu bahan yang berguna (Jones, 1975). Karena bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro, maka bahan komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran/kombinasi dua atau lebih dari unsur-unsur utama yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi pada material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Schwatrz, 1984).

Biofiltrasi merupakan teknik pengendalian polusi dalam hal ini bisa berupa radikal bebas menggunakan material hayati untuk menangkap dan menghilangkan proses pembentukan polutan secara biologis (Idrus, 2010).

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. Prinsip kerja biofiltrasi adalah mengalirkan asap rokok melalui komposit biofilter berpori sehingga meningkatkan kualitas asap rokok akibat proses penyaringan polutan yang terkandung di dalamnya (Rizqiyah, 2014).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.3 Batang Jagung

Batang jagung merupakan salah satu limbah hasil pertanian yang belum dimanfaatkan sepenuhnya oleh masyarakat. Batang jagung adalah sisa dari tanaman jagung setelah buahnya dipanen. Batang jagung kering merupakan limbah pertanian yang mudah diperoleh. Batang jagung muda biasanya digunakan sebagai pakan ternak, sedangkan batang jagung yang sudah kering biasanya dibakar. Hal ini akan menimbulkan pencemaran udara yang setiap tahun terjadi jika musim panen tiba.

Allah SWT telah menciptakan berbagai macam tumbuhan yang bermanfaat sebagaimana disebutkan dalam al-Quran Surat al-Baqarah 164 sebagai berikut:

إِنَّ فِي خَلْقِ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلْأَرْضِ وَٱخْتِلَٰفِ ٱلَّيْلِ وَٱلنَّهَارِ وَٱلْفُلْكِ ٱلَّتِي تَجْرِي فِي ٱلْبَحْرِ بِمَا يَنفَعُ ٱلنَّاسَ وَمَآ أَنزَلَ ٱللَّهُ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مِن مَّآءٍ فَأَحْيَا بِهِ ٱلْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِن كُلِّ دَآبَّةٍ وَتَصْرِيفِ ٱلرِّيَٰحِ وَٱلسَّحَابِ ٱلْمُسَخَّرِ بَيْنَ ٱلسَّمَآءِ وَٱلْأَرْضِ لَءَايَٰتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿١٦٤﴾

"Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi , silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia hidupkan bumi sesudah mati (kering)-nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan"(Q.S. al-Baqarah: 164).

Batang jagung memiliki kandungan selulosa 45%, pentosa 35% dan lignin 15% (Hagutami, 2001). Kandungan selulosa yang terdapat pada batang jagung dapat dikatakan lumayan tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Ferdian (2013)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

menyebutkan bahwa serabut kelapa yang mempunyai prosentase selulosa 43% dapat dijadikan sebagai biofilter pada rokok.

Gambar 2.3 Batang Jagung
(Sumber: http://cdn2.tstatic.net/kupang/foto/bank/images/jagung-kering)

Unit penyusun (*building block*) selulosa adalah selobiosa karena unit keterulangan dalam molekul selulosa adalah dua unit gula (D-glukosa). Selulosa adalah senyawa yang tidak larut di dalam air dan ditemukan pada dinding sel tumbuhan terutama pada tangkai, batang, dahan dan semua bagian berkayu dari jaringan tumbuhan. Selulosa merupakan polisakarida struktural yang berfungsi untuk memberikan perlindungan, bentuk dan penyangga terhadap sel dan jaringan (Lehninger, 1993).

Filter dari rokok yang beredar di pasaran merupakan selulosa asetat. Penggunaan terbesar serat selulosa ini yaitu sebagai serat material pada filter rokok. Banyak bahan kimia yang tercampur dan kemungkinan besar berdampak buruk bagi kesehatan perokok ditambah proses pembakaran dari tembakau (Othmer, 1998).

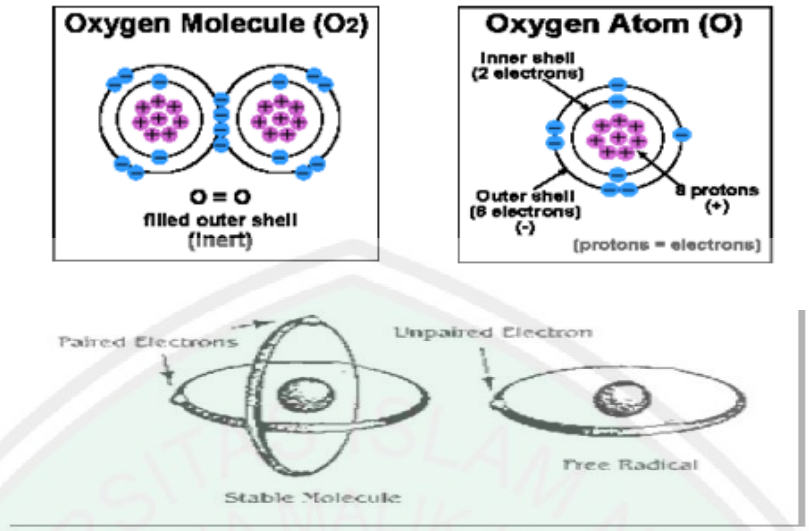
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.4 Radikal Bebas

Radikal bebas dapat didefinisikan sebagai molekul atau fragmen molekul yang mengandung satu atau lebih berelektron elektron pada atom atau molekul orbital (Halliwell& Gutteridge, 1999). Dalam konsentrasi yang tinggi, radikal bebas akan membentuk stress oksidatif, suatu proses penghancuran yang dapat merusak seluruh sel tubuh (Pham-Huy et al, 2008). Proses kerusakan tubuh ini terjadi bila tidak diimbangi dengan kadar antioksidan tubuh yang baik. Radikal bebas merupakan molekul yang kehilangan satu atau lebih elektron pada permukaan kulit luarnya. Contohnya O_2 merupakan struktur normal dengan elektron yang lengkap dari oksigen. Bila kehilangan elektronnya, struktur kimianya berubah menjadi O_2^- atau dinamakan superoksida yang merupakan salah satu radikal bebas (Kumalaningsih, 2006).

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 2.4 Struktur Kimia Radikal Bebas (Sugiyarto, 2000)

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 peluluhan 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).

Kebanyakan radikal bebas bereaksi secara cepat dengan atom lain untuk mengisi orbital yang tidak berpasangan, sehingga radikal bebas normalnya berdiri

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

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*, serta non radikal misalnya *hydrogen peroxide* (H_2O_2) dan *organic peroxides* (ROOH) (Halliwell and Whiteman, 2004).

2.5 Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa kimia yang mampu menetralisir radikal bebas. Secara kimia, antioksidan adalah senyawa pemberi elektron. Secara biologis, antioksidan adalah senyawa yang mampu meredam dampak negatif oksidan dalam tubuh atau yang dapat menangkal 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 glutation dalan 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 menstabilkan radikal bebas dengan melengkapi kekurangan elektron yang dimiliki radikal bebas dan menghambat terjadinya reaksi berantai

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dari pembentukan radikal bebas yang dapat menimbulkan *stress* oksidatif (Sjamsul, 2010).

Antioksidan yang dikenal ada yang berupa enzim dan ada yang berupa mikronutrien. Enzim antioksidan dibetuk dalam tubuh, yaitu *superoksida dismutase* (SOD), *gluta tiomperoksida*, *katalase* dan *glutation reduktase*. Sedangkan antioksidan yang berupa mikronutrien dikenal tiga yang utama, yaitu: b-karoten, vitamin C dan vitamin E. B-karoten merupakan *scavenger* (pemulung) oksigen tunggal, vitamin C pemulung superoksida dan radikal bebas yang lain, sedangkan vitamin E merupakan pemutus rantai peroksida lemak pada membran dan *Low Density Lipoprotein*. Vitamin E yang larut dalam lemak merupakan antioksidan yang melindungi *Poly Unsaturated Faty Acids* (*PUFAs*) dan komponen sel serta membran sel dari oksidasi oleh radikal bebas (Percival, 2000).

Berdasarkan fungsinya, antioksidan dapat dibagi mejadi (Sjamsul, 2010):

a. Tipe pemutus rantai reaksi pembentuk radikal bebas dengan menyumbangkan atom H, misalnya vitamin E.
b. Tipe perokdusi, dengan mentransfer atom H atau oksigen, atau bersifat pemulung, misalnya vitamin C.
c. Tipe pengikat logam, mampu mengikat zat peroksidan, seperti Fe^{2+} dan Cu^{2+} misalnya flavonoid.
d. Antioksidan sekunder, mampu mendekomposisi hidroperoksida menjadi bentuk stabil, pada manusia dikenal SOD, *katalase* dan *glutation peroksida*.

Mekanisme kerja antioksidan secara umum adalah memperlambat oksidasi lemak. Untuk mempermudah pemahaman tentang mekanisme kerja antioksidan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

perlu dijelaskan lebih dahulu mekanisme oksidasi lemak. Oksidasi lemak terdiri dari tiga tahap utama yaitu inisiasi, propogasi dan terminasi (Sjamsul, 2010).

Antioksidan yang baik bereaksi dengan radikal asam lemak segera setelah senyawa tersebut terbentuk. Dari berbagai antioksidan yang ada, mekanisme kerja serta kemampuannya sebagai antioksidan sangat bervariasi. Seringkali kombinasi beberapa jenis antioksidan memberikan perlindungan yang lebih baik (sinergisme) terhadap oksidasi dibanding dengan satu jenis antioksidan saja. Sebagai contoh asam askorbat seringkali dicampur dengan antioksidan yang merupakan senyawa fenolik untuk mencegah reaksi oksidasi lemak (Sjamsul, 2010).

2.6 Kurma

2.6.1 Klasifikasi Kurma

Kurma *(Phoenix dectylifera)* adalah sejenis tumbuhan pala yang buahnya dapat dimakan karena rasanya manis. Pohon kurma memiliki tinggi sekitar 15 - 25 meter dan daun yang menyirip dengan panjang 3 - 5 meter (Satuhu, 2010).

Klasifikasi tanaman kurma sebagi berikut (Satuhu, 2010):

Kingdom : *Plantae*

Subkingdom : *Tracheobionta*

Superdivisi : *Spermatophyta*

Subkelas : *Arecidae*

Ordo : *Arecales*

Family : *Arecaceae*

Genus : *Phoenix*

Spesies : *Phoenix dactilyfera L.*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Buah kurma memiliki karakteristik bervariasi, antara lain memiliki berat dua hingga 60 gram, panjang 3 - 7 cm, konsistensi lunak sampai kering, berbiji dan bewarna kuning kecoklatan, coklat gelap dan kuning kemerahan (Sucipto, 2010).

Gambar 2.5 Kurma
(Sumber: http://us.images.detik.com)

2.6.2 Kandungan Kurma

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 (Pravitasari, 2009).

Allah berfirman dalam surat Thahaa ayat 53:

ٱلَّذِى جَعَلَ لَكُمُ ٱلْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَخْرَجْنَا بِهِۦٓ أَزْوَٰجًا مِّن نَّبَاتٍ شَتَّىٰ ﴿٥٣﴾

"Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan dan yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-ja]an, dan menurunkan dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam" (Q.S. Thahaa: ayat 53).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Ayat tersebut menjelaskan Allah dalam penciptaan tumbuhan dengan bermacam-macam jenis, bentuk, rasa warna dan dan manfaatnya untuk memenuhi kebutuhan manusia. Diantaranya ada yang menjadi makanan manusia dan ada pula yang dapat menjadi obat (Shihab, 2004). Kuma termasuk tanaman yang baik karena memiliki banyak manfaat.

Biji kurma memiliki keunggulan asam amino pada asam aspartat, aspatamin, 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 dan stearart juga cukup mendominasi kandungan nutritif dari biji kurma, dengan total sekitar 40-45% berat kering (Rizqiyah, 2014).

2.7 Kopi

2.7.1 Klasifikasi Tanaman Kopi

Habitat tumbuh asli tanaman kopi berada di kawasan hutan hujan tropis di wilayah afrika, dalam pengembangan budidaya kopi memerlukan tanaman penuang sebagai pelindung terhadap pencahayaan matahari langsung guna mengurangi proses *evaprotranspirasi*, dalam biologi tanaman kopi termasuk dalam (USDA, 2002):

Kingdom : Plantea

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Super divisi : *Spermathopita*

Divisi : *Magnoliophyta*

Kelas : *Maglnoliopsida* atau *Dicotyledons*

Sub kelas : *Asteridae*

Ordo : *Rubiales*

Famili : *Rubiaceae*

Genus : *Coffea*

Spesies : *Coffea arabica*.

Kopi sebagai salah satu komoditi andalan Indonesia. Hasil komoditi ini menempati urutan ketiga setelah karet dan lada. Kopi digemari tidak hanya karena cita rasanya yang khas, kopi memiliki manfaat sebagai antioksidan karena memiliki polifenol dan merangsang kinerja otak (Mulato, 2001). 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 (Rima, 2007).

Buah kopi terdiri dari daging buah dan biji, daging buah terdiri dari tiga bagian yaitu lapisan kulit luar *(eksokarp),* lapisan daging buah *(mesokarp)* dan lapisan kulit tanduk *(endocarp)* yang tipis tapi keras. Sedangkan biji kopi kering mempunyai komposisi sebagai berikut: air 12%, protein 13%, lemak 12%, gula 9%, *caffeine* 1-1,5% (*Arabica*), 2-2,5% (robusta), *caffatanic acid* 9%, *cellulose* dan sejenisnya 35%, abu 4%, zat-zat lainya yang larut dalam air 5% (Wachjar, 1984).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.7.2 Kandungan Biji Kopi

Buah kopi yang muda berwarna hijau, tetapi setelah tua menjadi kuning dan kalau masak warnanya menjadi merah. Besar buah kira-kira 1,5 x 1 cm dan bertangkai pendek. Pada umumnya buah kopi mengandung dua butir biji, biji tersebut mempunyai dua bidang, bidang yang datar (perut) dan bidang yang cembung (punggung). Tetapi ada kalanya hanya ada satu butir biji yang bentuknya bulat panjang yang disebut kopi "lanang". Kadang-kadang ada yang hampa, sebaliknya ada pula yang berbiji 3-4 butir yang disebut *polysperma* (AAK, 1988).

Gambar 2.6 Biji Kopi
(Sumber: http://kuyahejo.com/wp-content/uploads/Biji-Kopi)

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,

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

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*. *Chlorogenic acid* merupakan keluarga *esters* yang dibentuk antara *trans cinnamic acids* dan *quinic acid* dan merupakan senyawa *phenolik* utama di dalam kopi yang banyak ditemukan di tanaman lain yang didapatkan dari buah dan daun (Lelyana, 2008).

Chlorogenic acid merupakan keluarga *esters* yang dibentuk antara *trans cinnamic acids* dan *quinic acid* dan merupakan senyawa *phenolik* utama di dalam kopi yang banyak ditemukan di tanaman lain yang didapatkan dari buah dan daun (Lelyana, 2008).

Kopi mengandung kafein antara 1-1,5%. Kafein merupakan senyawa kimia alkaloid dikenal sebagai trimetilsantin dengan rumus molekul $C_8H_{10}N_4O_2$. Selain kafein, juga mengandung antioksidan kuat. Kandungan antioksidan sangat tinggi tersebut dikuatkan oleh adanya studi yang mengatakan bahwa kandungan antioksidan kopi paling tinggi diantara semua jenis buah dan sayuran, bahkan dikatakannya juga bahwa kandungan antioksidannya merupakan sumber antioksidan nomor satu. Studi ini menjadi semakin kuat setelah dikuatkan oleh peneliti Edward Giovannucci dari Harvard, dalam penelitian itu mencatat bahwa kopi memiliki antioksidan lebih dari hampir semua jenis sayuran dan buah (Rima, 2007).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Kandungan kafein maupun antioksidan kuat menjadikan kopi mempunyai khasiat serta manfaat besar bagi kesehatan tubuh manusia. Selama ini kopi tidak banyak terlihat manfaatnya, karena kebanyakan orang hanya menilai dari sisi negatifnya saja, meskipun sebetulnya sudah banyak penelitian yang menemukan manfaat kopi sangat besar bagi kesehatan tubuh manusia, namun belum banyak masyarakat yang bisa menerima keberadaaannya untuk kesehatan. Berbagai penelitian mengenai hal ini diantaranya mengatakan mampu memacu otak untuk berpikir positif, meningkatkan kualitas sperma bagi pria, mencegah batu ginjal, mencegah *stroke*, menghambat penurunan fungsi kognitif, menurunkan risiko terkena penyakit kanker, penyakit diabetes, batu empedu, serta berbagai penyakit jantung (kardiovaskuler), mampu melindungi gigi, mencegah terserang asam urat, mencegah terserang rematik, pembangkit stamina dan energi ekstra, mengurangi rasa sakit kepala maupun migrain (sakit kepala sebelah), membantu menurunkan berat badan, serta mengatasi perubahan suasana hati maupun depresi. Selain itu, manfaat lainnya dapat dilihat dalam bidang kecantikan, diantaranya dapat dimanfaatkan untuk *scrub*, *body message*, *nanicure*, *pedicure*, serta menjaga kesehatan kulit kepala maupun keindahan rambut (Rima A, 2007).

2.8 Tanaman Waru *(Hibiscus tilaceus L.)*

Waru banyak terdapat di Indonesia, di pantai yang tidak berawa, di tanah datar dan di pegunungan hingga ketinggian 1700 meter di atas permukaan laut. Banyak ditanam di pinggir jalan dan di sudut pekarangan sebagai tanda batas pagar. Pada tanah yang baik, tumbuhan itu batangnya lurus dan daunnya kecil.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Pada tanah yang kurang subur, batangnya bengkok dan daunnya lebih lebar (Syamsuhidayat dan Hutapea, 1991).

Gambar 2.7 Tanaman Waru
(Sumber: https://encrypted-tbn0.gstatic.com)

Dalam pengobatan tradisional, akar waru digunakan sebagai pendingin bagi sakit demam, daun waru membantu pertumbuhan rambut, sebagai obat batuk, obat diare berdarah/berlendir dan amandel. Bunga digunakan untuk obat trakhoma dan masuk angin (Martodisiswojo dan Rajakwangun, 1995). Kandungan kimia daun dan akar waru adalah saponin dan flavonoid. Disamping itu, daun waru juga paling sedikit mengandung lima senyawa fenol, sedang akar waru mengandung tanin (Syamsuhidayat dan Hutapea, 1991).

Daun waru (*Hibiscus tiliaceus*) merupakan tumbuh-tumbuhan yang masuk dalam devisi *Spermatophya*, 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.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

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

Penelitian ini menggunakan air perasan daun waru sebagai perekat. Perekat pada rokok filter di pasaran merupakan PEG. PEG merupakan perekat buatan berbahan kimia. Air perasan daun waru digunakan sabagai pengganti PEG karena mempunyai daya rekat yang cukup baik.

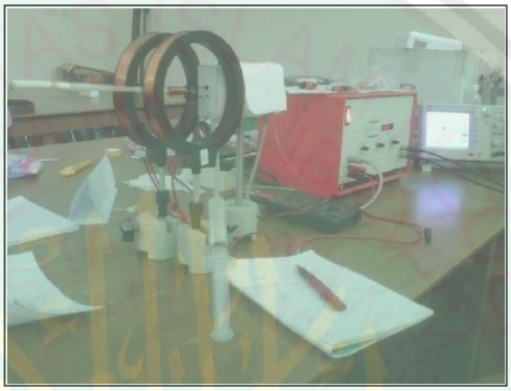
Daun *Hibiscus tiliaceus* mengandung alkanoid, asam-asam amino, karbohidrat, asam organik, asam lemak, saponin, sesquiterpene, sesquiterpenoid quinon, steroid dan triterpene (Bandaranayake, 2002 dalam Rahma 2016). Berdasarkan skrining fitokimia tangkai dan tulang daun waru mengandung senyawa fenol, flavonoid dan saponin (Rahma 2016). Jika daun waru ditumbuk dan diperas akan berwujud seperti lendir. Menurut 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 diperam semalam lalu disaring. Hasil air saringan tersebut langsung dicampur sebagai bahan perekat material.

2.9 Pengujian *Electron Spin Resonance* (ESR)

Elektron tidak berpasangan memiliki *spin* $m_s = \pm ½$ dan membentuk momentum sudut orbital. Energi sebuah elektron yang memiliki *spin* elektron m_s

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dapat dinyatakan sebagai fungsi rasio magnetogirik γ = 9,274 x 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).



Gambar 2.8 Alat ESR (Farihatin, 2014)

Spektroskopi *Electro Spin Resonancy* (ESR) merupakan teknik untuk mengetahui senyawa memiliki elektron tidak berpasangan seperti radikal bebas organik, senyawa radikal bebas anorganik maupun senyawa kompleks anorganik yang memiliki ion logam transisi. Radikal bebas biasanya memproduksi elektron tidak berpasangan turunan elektron yang dihasilkan oleh kerusakan radiasi dari radiasi pengion, senyawa organik stabil biasanya mempunyai kulit elektron tertutup atau tidak mempunyai elektron bebas sehingga tidak ada *spin* elektron yang terukur. Spektroskopis *spin* elektron dalam senyawa organik terbatas untuk mengetahui reaksi intermediet (radikal bebas dalam keadaan triplet), dalam bidang biologi ESR dipakai untuk mengetahui enzim radikal (Rizqiyah, 2014).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

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 lande dan magneton Bohr. Untuk elektron bebas g dan β mempunyai nilai 2,0023 dan 9,274078 x 10-24 J/T. Faktor Lande (g) memberikan informasi tentang hubungan antara interaksi *spin* orbital antara 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 ekternal) (Cristensen, 1994).

Elektron tidak berpasangan memiliki *spin* m_s= ±½ dan membentuk momentum sudut orbital. Energi sebuah elektron yang memiliki *spin* elektron m_s dapat dinyatakan sebagai fungsi rasio magnetogirik γ = 9,274 x 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).

Pada penggunaan ESR ini, sampel diletakkan pada kumparan magnet dan diputar. Perputaran tersebut berfungsi untuk menghilangkan ketidakhomogenan magnet serta diharapkan agar inti magnet terjadi medan yang sama. Selanjutnya akan menghasilkan spektrum yang berupa nilai faktor g yang diperoleh dari

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

besarnya frekuensi dan arus akibat resonansi megnetik yang berbentuk simetri pada layar osiloskop (Atkins, 1999).

Untuk menghubungkan antara momen magnetik dengan medan magnet didapat persamaan:

$$E = -\mu Bv \quad \text{..... (2.1)}$$

Dengan: $\mu = -\frac{e}{2m}L$

Jika diamati pada sumbu Z, diperoleh:

$$E = \frac{e}{2m}B_0L_z \quad \text{..... (2.2)}$$

Dengan: $Lz = \hbar ml$

Sehingga:

$$E = \frac{e\hbar}{2m}B_0m_l \quad \text{..... (2.3)}$$

Apabila momentum sudut atomik total didefinisikan sebagai J, maka hubungan momen magnetik dengan medan magnetik ditunjukkan dengan persamaan:

$$E = -\mu jB_0 \quad \text{..... (2.4)}$$

Dimana komponen Jz pada momentum sudut total J didefinisikan $Jz=\hbar mj$, dan $\mu j= -gj\frac{\mu b}{\hbar}J$, sehingga:

$$E = -gj\mu bB_0mj \quad \text{..... (2.5)}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Oleh karena itu perubahan pada dua tingkat energi ditunjukkan sebagai berikut (Miller, 2001):

Amj = ±1 adalah hf = ΔE = gμbB$_0$ ..... (2.6)

Sebuah elektron yang tidak berpasangan dapat berpindah di antara dua level energi yang menyerap atau memancarkan radiasi elektromagnetik dengan energi sebesar $\in = hv$ dimana kondisi resonansi terpenuhi, $\in = \Delta E$. Melakukan substitusi pada $\in = hv$ dan $\Delta E = g\mu bB0$ akan menghasilkan persamaan dasar untuk ESR spektroskopi: $hv = g\mu bB0$ (Miller, 2001).

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).

Electro Spin Resonance (ESR) spektroskopi mengukur perubahan frekuensi *spin* elektron keadaan m_s= -1/2 dan m_s= +1/2 yang bereaksi dengan medan magnet kuat, ESR membutuhkan variasi kuat medan magnet yang besar yang berpengaruh terhadap energi yang dihasilkan oleh *spin* elektron (Rizqiyah, 2014).

Hasil dari spektrum ESR berupa nilai faktor g akibat adanya radikal atau kompleks. Dimana faktor g dipengaruhi oleh orientasi molekul dengan medan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

magnet dan berpengaruh pada struktur elektron pada molekul. Sedangkan faktor g pada elektron disebut dengan faktor g Ladge. Nilai faktor g merupakan hasil dari frekuensi presisi pada elektron yang tidak berpasangan, semakin kecil nilai faktor g maka semakin besar nilai perbedaan frekuensi presisinya (Macomber, 2001).

Penentuan nilai g didapatkan pada saat terjadi resonansi magnetik yaitu ketika sampel berinteraksi dengan radiasi elektromagnetik sebesar *hf* dan sebanding dengan transisi energi antara 2 tingkatan spin seperti yang ditul**iskan** (Athkins, 1999):

$$g = \frac{hf}{B\mu 0} \quad \text{..... (2.7)}$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 2.3 Nilai faktor g (Miller, 2001)

No	Nama Radiasi	Nilai Faktor g
1	Hydroxyl	2,00047
2	Helium	2,002
3	Methanol	2,00205
4	Methyl	2,00255-2,00286
5	Free Radical	2,00232
6	Peroxy	2,0155-2,0265
7	Alkoxy	2,0016-2,00197
8	Alkyl	2,00206
9	DPPH	2,0036
10	Carbondyoxid	2,0007
11	SO_3	2,0037
12	SO_4	1,9976
13	O_2^-	2,0356
14	Ethyl	2,0044
15	Carbon	2,005-2,00548
16	Hg	4,0-4,5
17	$YB_{a2}C_{u3}O_7$	2,24
18	$CuGeO_3$	2,154
19	Cu-HA	2,289-2,296
20	Cu	1,997
21	CuOx	2,098
22	O	1,501
23	Fe_2^+	1,77
24	Hidroperoksida	1,98
25	FeS	1.86

2.10 Partikel *Ultrafine*

Udara sebagai komponen lingkungan yang penting dalam kehidupan perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan dukungan bagi makhluk hidup untuk hidup secara optimal (Stewart dan Esquire, 2007). Salah satu parameter kualitas udara adalah kandungan zat berbahaya baik berupa gas maupun partikel yang ada di dalamnya. Udara dikatakan tercemar apabila jumlah zat berbahaya di dalamnya melebihi ambang batas yang membahayakan bagi kesehatan manusia (Baldasano, 2002).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Salah satu polutan udara yang berada di dalam ruangan berupa partikel dengan berbagai macam ukurannya. Partikel dengan ukuran kurang dari 100 nm yang disebut partikel *ultrafine* telah menjadi perhatian para peneliti karena dampak dari partikel ini sangat signifikan terhadap kesehatan manusia (Alshawa dan Ahmad, 2008). Partikel *ultrafine* berdampak terhadap efek kesehatan yang merugikan pada manusia. Gangguan yang ditimbulkan dari kualitas udara *indoor* seperti kanker, iritasi selaput lendir, alergi, pengap, nafas atau asma yang pendek atau berat, pusing, mual, temperatur suhu dan kelembapan udara. Gelaja tersebut dapat terjadi dikarena efek dari partikulat yang distribusi ukuran partikulat, konsentrasi, serta komposisi fisik dan kimia (Weichenthal dan Dufresne, 2007).

Ultrafine particle mempunyai ukuran kurang dari 10 µm dihasilkan dari gas dan kondensasi uap bertemperatur tinggi selama pembakaran. Partikel ini terdiri dari beberapa sulfat, senyawa nitrat, karbon, ammonium, ion hidrogen, senyawa organik, logam (Pb, Cd, V, Ni, Cu, Zn dan Fe) dan partikel air terikat (Fierro, 2000).

Keberadaan *Particulate Matter* (PM) di udara sering diabaikan karena akibat yang ditimbulkan pada manusia tidak seketika. Karena ukurannya yang kecil, paartikel berukuran ≤ 10 µm ini akan melayang-layang selama beberapa waktu di udara dan terhirup tanpa mampu disaring oleh bulu-bulu halus hidung dan selanjutnya diteruskan ke organ-organ pernapasan bagian dalam dan akhirnya mengendap di permukaan paru-paru. Endapan ini akan menyebabkan flek yang secara kronis akan menimbulkan *bronchitis*, asma dan kanker paru-paru (Mediastika, 2002).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Partikel atau *Particulate Matter* dibedakan menjadi tiga berdasarkan ukurannya yaitu *coarse particle* (> 2,5µm), *fine particle* (≤ 2,5µm) dan *ultrafine particle* (≤ 0,1µm). *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 (Masruroh, 2005).

Partikel yang sangat kecil, termasuk parikel *ultrafine* (diameter *aerodynamic* ≤0,1µ), dapat dengan mudah masuk ke daerah alveolus dan dalam paru-paru dengan yang sangat banyak dapat berpotensi *negative* terhadap kesehatan. Asap *mainstream* rokok mengandung partikel *ultrafine* dalam jumlah banyak dan membawa karsinogenik semifolatil (misalnya *tobacco-specific nitrosamines nd polycyclic aromatic hydrocarbons*), terlibat sebagai penyebab dari beberapa penyakit yang disebabkan oleh rokok. Sebagai bukti nyatanya dapat ditaksirkan sebagai kemungkinan relatifnya, dapat dikembangkan sebuah metode inovasi untuk mengkuantifikasi jumlah dan konsentrasi dari partikel serta batas karsinogenik partikel *ultrafine* ketika menghisap dan menghembuskan asap rokok (Brinkman dkk., 2010).

Pada saat rokok dinyalakan, temperatur pada pembakaran mencapai 800 ˚C. Selama waktu tertentu pada proses penghisapan, temperatur meningkat menjadi 910–920 ˚C di zona luar yaitu di sekitar batang rokok. Proses endotermik yang terjadi hanya beberapa millimeter di belakang zona pembakaran merupakan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

penyebab utama yang membuat temperatur turun lebih dari 800 ˚C menjadi setara dengan temperatur udara sekitar ketika keluar dari ujung bawah dan dihisap oleh perokok (Borgerding dan Klus, 2005).

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. (Fierro, 2000). Akibat paparan tinggi dari partikel *ultrafine* yang tak terlihat dan mudah sekali terhirup dan masuk dalam saluran pernafasan menjadikannya sebagai konstributor yang sangat berpengaruh untuk timbulnya beberapa jenis penyakit kronis, salah satunya jantung koroner (Stewart, 2007). Dari persatuan 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).

Selama proses merokok kandungan logam berat awalnya hadir dalam partisi tembakau yaitu pada asap *mainstream*, *sidestream*, abu dan puntung rokok. Fraksi yang berada di *mainstream* telah diperiksa, karena hal ini merupakan paparan utama seorang perokok aktif (Pappas dkk, 2005).

2.11 SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Dalam menguji suatu hipotesis kita dapat mengunakan berbagai metode analisis, jika kita mengunakan hipotesis dan kerangka analisis yang cukup sulit dan kompleks, kita dapat mengunakan salah satu teknik analisis, yaitu teknik analisis SEM atau *Structural Equation Modeling* yang dioperasikan melalui

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

program *AMOS.* Dalam buku *Structural Equation Modelling* (Ghozali dan Fuad, 2005).

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) merupakan teknik spektroskopi fotografi untuk menggambarkan struktur permukaan membran material melalui proses scanning menggunakan paparan elektron berenergi tinggi dalam *scan raster*, elektron yang berinteraksi dengan atom pada membran menghasilkan sinyal yang memberikan informasi topografi material, komposisi dan sifat-sifat material seperti konduktivitas listrik (Rizqiyah, 2014).

Gambar 2.10 *Scanning Electron Microscopy* (SEM) (Farihatin, 2014)

Keunggulan SEM untuk menganalisis struktur materi antara lain jalannya berkas elektron menggunakan beberapa lensa untuk merefleksikan berkas elektron sehingga SEM memiliki daya urai tinggi hingga 1.1 - 1,2 nm, SEM mampu menampilkan data permukaan material dengan ketebalan 20 µm dari permukaan akibat intensitas sinyal *Back Scattered Electron* (BSE) bergantung pada nomor atom yang ditumbuk elektron, dan kemudahan penyiapan sampel SEM membuat SEM mampu menganalisis material tebal (Rizqiyah, 2014) .

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Pada saat dilakukan pengamatan, lokasi permukaan benda yang ditembak dengan berkas elektron discan 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 (Abdullah, 2009).

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Bulan Maret sampai Bulan Juli 2017. Untuk pembuatan sampel dilakukan di Laboratorium *Workshop* Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, dan untuk pengujian dilakukan di empat tempat, yaitu Laboratorium *Workshop* Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Laboratorium Pengukuran dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang, Laboratorium Fisika Lanjutan Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang serta Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

1. ESR (*Electro Spin Resonancy*)
2. SEM (*Scanning Electron Microscope*)
3. Masker N95
4. *Oven*
5. *Blender*
6. Ayakan 250 mesh
7. Ayakan 30 mesh
8. Neraca analitik
9. Krusibel
10. Pengaduk gelas
11. Spatula
12. Pipet ukur
13. Pipet tetes
14. Suntikan (*syringe*)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

15. Parutan
16. Neraca analitik
17. *Hairdryer*
18. *Double tape*
19. Selang diameter 0,7cm

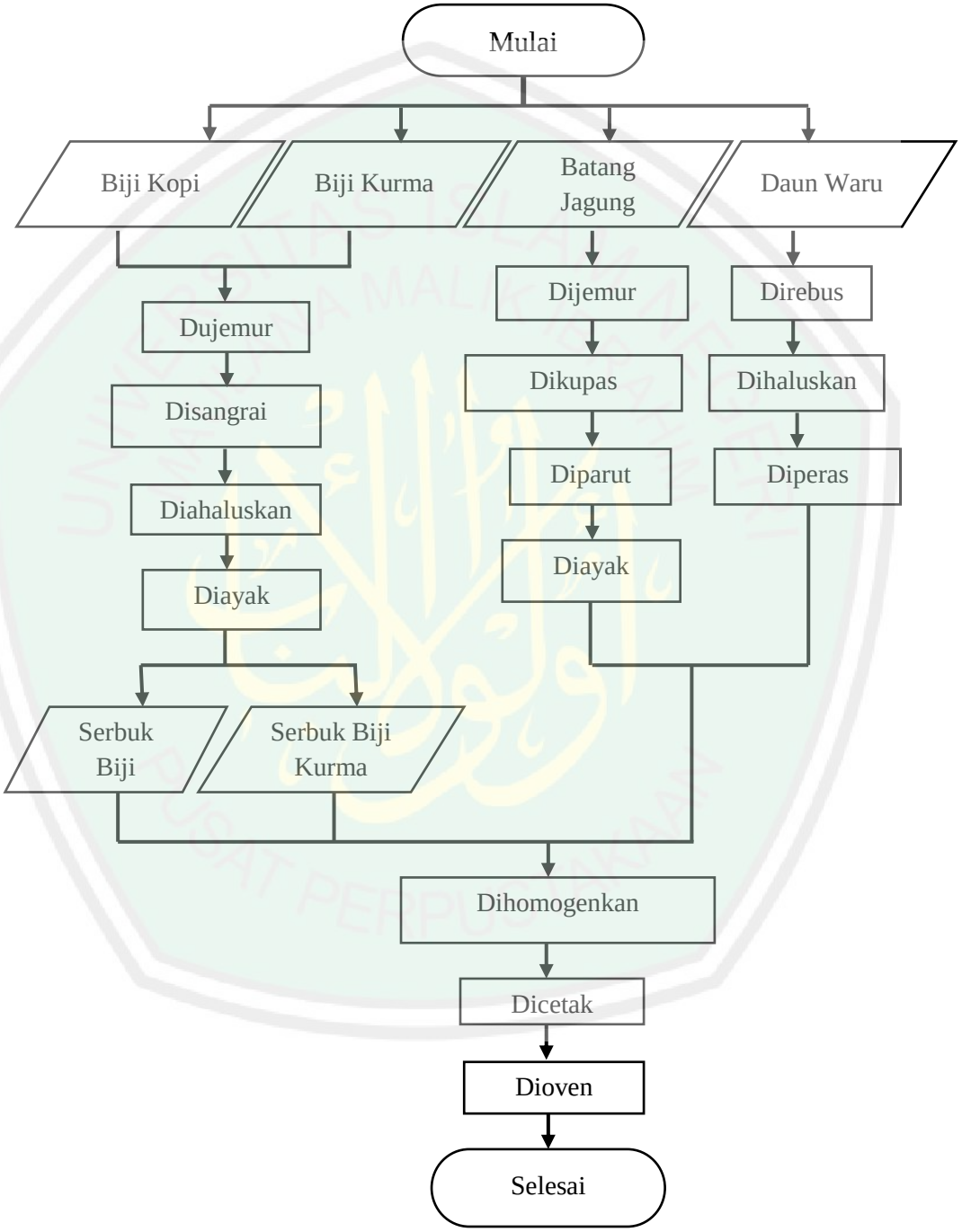
3.2.2 Bahan

1. Rokok kretek
2. Biji Kurma
3. Biji Kopi
4. Daun Waru
5. Batang Jagung

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.3. Rancangan Penelitian

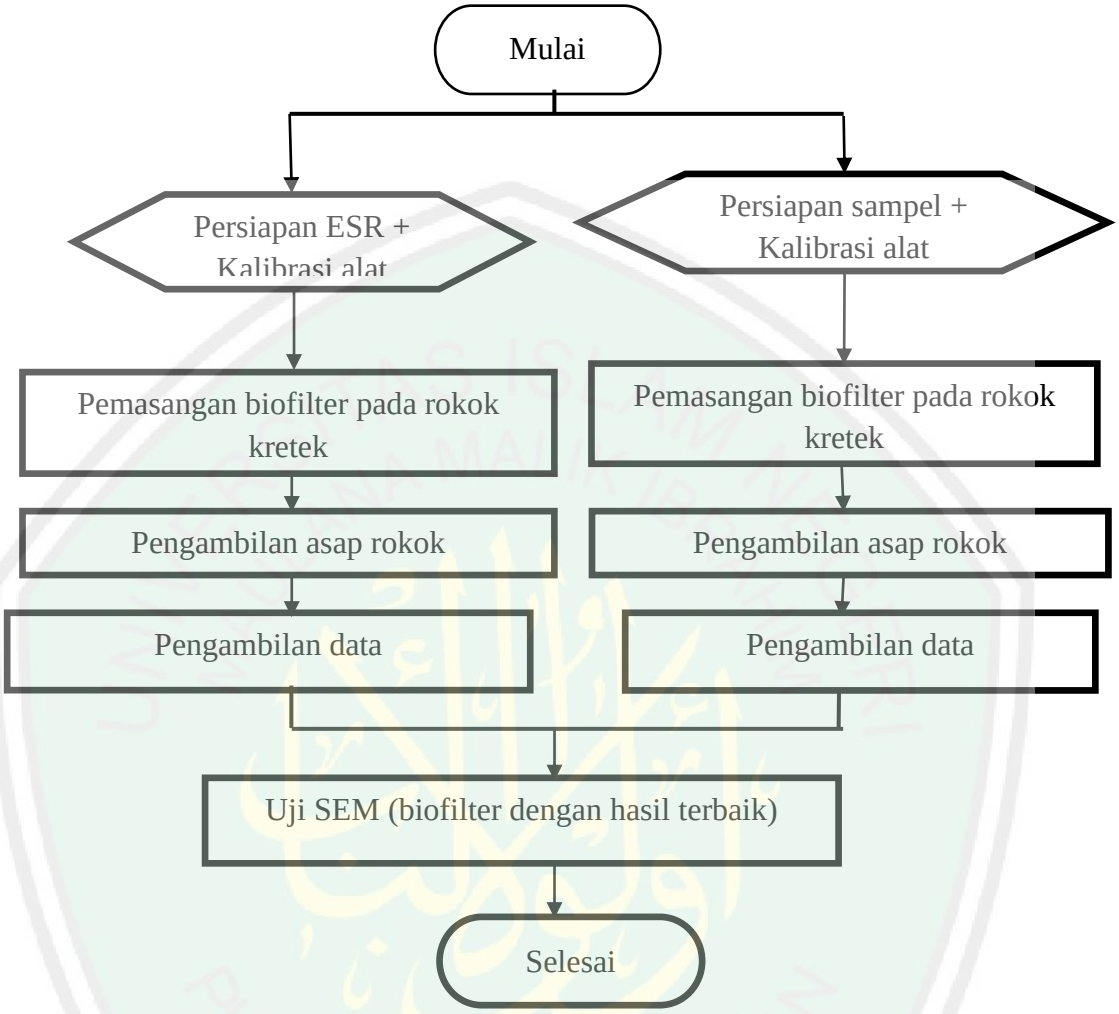
3.3.1 Pembuatan Biofilter



Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Biofilter

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.3.2 Perlakua



Gambar 3.2 Diagram Alir Langkah Pengambilan Data

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Pembuatan Biofilter

1. Diambil biji kurma dan biji kopi kemudian dikeringkan dengan cara disangrai selama 15 menit secara terpisah.
2. Kulit pada batang jagung dihilangkan, sehingga tersisa bagian putih yang ada di dalamnya, setelah itu dijemur.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3. Biji kurma dan biji kopi yang sudah dikeringkan masing-masing kemudian dihancurkan sehingga membentuk serbuk dengan menggunakan *blender*.
4. Batang jagung yang sudah kering lalu diparut dengan cara memutar.
5. Biji kurma dan biji kopi yang sudah halus kemudian disaring menggunakan ayakan 250 mesh. Untuk serbuk batang jagung disaring dengan ayakan 30 mesh.
6. Masing-masing hasil saringan kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik dengan takaran seperti berikut:
   a. Biofilter batang jagung penambahan serbuk biji kurma (% serbuk biji kurma + % serbuk batang jagung): 50% + 50%, 40% + 60%, 30% + 70%, 20% + 80% dan 10% + 90%, dengan 100% massa serbuk batang jagung = 0,21 gram. Biofilter ini disingkat jakur (jagung kurma).
   b. Biofilter batang jagung penambahan serbuk biji kopi (% serbuk biji kopi + % serbuk batang jagung): 50% + 50%, 40% + 60%, 30% + 70%, 20% + 80% dan 10% + 90%, dengan 100% massa serbuk batang jagung = 0,21 gram. Biofilter ini disingkat jakop (jagung kopi).
7. Serbuk kemudian dicampur dengan air perasan daun waru sebanyak 0,3 ml lalu dihomogenkan.
8. Dipadatkan dan dicetak menggunakan selang berdiameter 0,7 cm dengan panjang 1,5 cm. Biofilter dibiarkan mengering dan padat.
9. Setelah padat, biofilter dilepaskan dari cetakan dan kemudian dioven kembali dengan suhu 150 ^{o}C selama 10 menit.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.4.2 Perlakuan

1. ESR (*Electro Spin Resonance*)

Gambar 3.3 Pengujian ESR

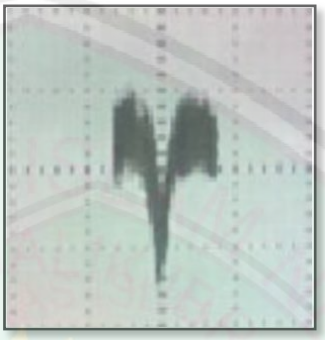
a. Dihubungkan *coil* dengan biofilter yang telah dipasang pada bagian pangkal batang rokok kretek melalui bagian pangkal pipet tetes yang berfungsi sebagai *holder* dan pipa aliran asap menuju *coil*, sebelumnya pipet tetes disambungkan dengan selang berdiameter 10 mm sebagai penghubung antara rokok kretek dan pipet tetes. Bagian ujung pipet tetes dihubungkan dengan selang berdiameter 5 mm sepanjang 20 cm dan berakhir pada *syringe* yang berfungsi sebagai penghisap asap rokok ketika dinyalakan.

b. Pengambilan asap rokok dengan cara membakar rokok, kemudian dihisap dengan menarik suntikan secara berkala sehingga asap mengalir dan terkumpul pada pipet tetes dan tabung penghisap.

c. Pengambilan data dilakukan pada kurva yang terbentuk pada osiloskop, terjadinya resonansi ditunjukkan dengan terbentuknya

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

cekungan pada kurva. Diamati dan direkam data kurva pada osiloskop, dicatat frekuensi dan arusnya sambil menghisap asap rokok melalui suntikan.



Gambar 3.4 Contoh Pengambilan Data Ukur Resonansi ESR
(Farihatin, 2014)

2. Pengujian Partikel *Ultrafine*

   a. Masker N95 digunting sesuai dengan ukuran tabung penahan, setelah itu ditimbang massanya.

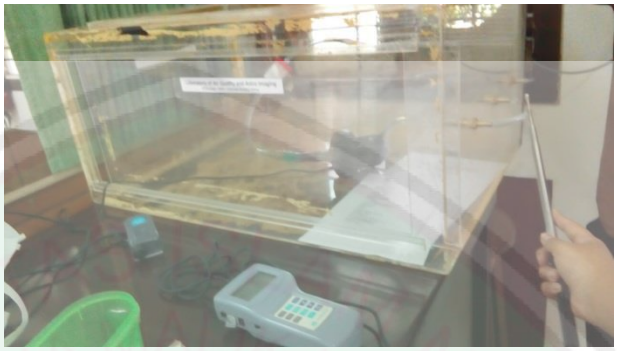
   b. Rokok ditempatkan dipompa penghisap yang dihubungkan dengan selang kemudian dibakar dengan waktu hisap yang sudah ditentukan yaitu 60 detik.

   c. Asap pembakaran kemudian masuk ke *chamber* melalui selang penghubung yang dihisap oleh pompa penghisap, asap rokok akan ditampung di dalam tabung kecil berisi filter yang berfungsi untuk menyaring asap menuju pompa.

   d. Dicatat waktu tertinggi pada panel pompa penghisap saat tombol diputar.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

e. Selanjutnya filter masker N95 dilepas dari tabung dan ditimbang massa sesudah percobaan dan dilakukan perhitungan.



Gambar 3.5 Rangkaian Alat Percobaan *Ultrafine*

.

3. *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

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 3.6 Rangkaian Alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.5 Teknik Pengambilan Data

3.5.1 Teknik Pengambilan Data Jenis Radikal Bebas

Tabel 3.1 Teknik Pengambilan Data Jenis Radikal Bebas

Jenis	Serbuk	Uji	Jenis Radikal Bebas yang Ditemukan						
			Hydro-peroxida	CO^{2-}	C	*Peroxy*	O^{2-}	CuOx	$CuGeO_2$
Jakur	10%	1							
		2							
		3							
	20%	1							
		2							
		3							
	30%	1							
		2							
		3							
	40%	1							
		2							
		3							
	50%	1							
		2							
		3							
Jakop	10%	1							
		2							
		3							
	20%	1							
		2							
		3							
	30%	1							
		2							
		3							
	40%	1							
		2							
		3							
	50%	1							
		2							
		3							

Perlakuan dengan membakar rokok kretek yang diganti dengan biofilter berbahan campuran serbuk batang jagung dengan serbuk biji kurma dan campuran

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

serbuk batang jagung dengan serbuk biji kopi lalu dihubungkan dengan pipet serta penghisap (*syringe*). Penghisapan dilakukan secara berkala hingga asap mengalir melalui biofilter, kemudian asap dalam tabung/pipet diletakkan di tengah kumparan sesuai jangkauan frekuensi sampel 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 suntikan sehingga asap tetap berada dalam pipet pengukuran, pengubahan nilai hanya berlaku untuk nilai frekuensi.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.5.2 Teknik Pengambilan Data Jenis Emisi Partikel *Ultrafine*

Tabel 3.2 Teknik Pengambilan Data Jenis Emisi Partikel *Ultrafine*

Membran biofilter batang jagung			
Jenis	**Penambahan serbuk**	**Uji**	**Faktor Emisi**
Jakur	50%	1	
		2	
		3	
	40%	1	
		2	
		3	
	30%	1	
		2	
		3	
	20%	1	
		2	
		3	
	10 %	1	
		2	
		3	
Jakop	50%	1	
		2	
		3	
	40%	1	
		2	
		3	
	30%	1	
		2	
		3	
	20%	1	
		2	
		3	
	10%	1	
		2	
		3	

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.5.3 Teknik Pengambilan Data Porositas

1. Ditimbang piknometer keadaan kosong dengan neraca analitik.
2. Ditimbang massa piknometer dan biofilter secara bersamaan.
3. Biofilter yang sudah ditimbang selanjutnya dimasukkan pada *beaker glass* berisi air dan didiamkan sampai terendam sepenuhnya.
4. Setelah itu ditimbang massa biofilter basah dan piknometer secara bersamaan.
5. Piknometer diisi air sampai penuh dan ditimbang massanya.
6. Langkah selanjutnya yaitu biofilter dimasukkan ke dalam piknometer dan diisi air sampai penuh.
7. Ditimbang massa campuran antara air dan biofilter yang terdapat pada piknometer.
8. Dicatat masing-masing nilainya.

Tabel 3.3 Teknik Pengambilan Data Kerapatan

Membran biofilter batang jagung		Massa (Piknometer + sampel basah) (gr)	Massa (piknometer + sampel basah) (gr)	Massa (piknometer + air + sampel) (%)	Porositas membran (%)
Jenis	Serbuk				
Jakur	10%				
	20%				
	30%				
	40%				
	50%				
Jakop	10%				
	20%				
	30%				
	40%				
	50%				

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.6 Analisis Data

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:

$$B = \mu_0 \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{n}{r} I \quad \text{.....(3.1)}$$

B = Medan magnet
μ_0 = 1,2566*10^{-6}
n = Jumlah lilitan kumparan
r = Besar jari-jari kumparan
I = Arus (didapatkan dari pengukuran ESR)

2. Setelah didapatkan nilai medan magnet (B), selanjutnya dicari faktor g DPPH dengan rumus:

$$faktor\ g = \frac{6{,}625 \times 10^{-34}.f}{9{,}273 \times 10^{-24}.B} \quad \text{.....(3.2)}$$

f = Frekuensi (didapatkan dari pengukuran ESR)

B = Medan magnet

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

$$faktor\ kalibrasi = \frac{faktor\ g\ literatur}{faktor\ g\ eksperimen} \quad \text{.....(3.3)}$$

4. Setelah didapatkan faktor kalibrasi, kemudian dilanjutkan dengan mengetahui faktor g pada setiap sampel (biofilter) dengan perhitungan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

yang sama yaitu mencari medan magnet (B) dan faktor g. Setelah itu faktor g dari setiap sampel (biofilter) dibagi dengan faktor kalibrasi:

$$faktor\ g\ emisi = faktor\ g\ \times faktor\ kalibrasi \quad \text{..... (3.4)}$$

5. 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).
6. Penelitian *ultrafine*, data yang diperoleh berupa selisih massa filter (mg), diameter selang (m) dan *flow rate* atau kecepatan emisi (m/s). Data-data tersebut digunakan untuk menghitung debit emisi (m^3/s). Debit merupakan volume fluida yang melewati suatu titik per satuan waktu (m^3/s). Debit diperoleh dari hasil kali luasan selang (m^2) dengan *flow rate* emisi (m/s), untuk menghitung debit emisi digunakan persamaan:

$$Q = A.\ v \quad \text{..... (3.5)}$$

7. Volume total emisi (m^3) diperoleh dari hasil perkalian dari debit (m^3/s) dengan waktu pemaparan emisi (s), ditunjukkan oleh persamaan:

$$V_{tot} = Q \cdot t \quad \text{..... (3.6)}$$

8. Volume total emisi merupakan banyaknya emisi yang dihasilkan selama paparan.
9. Konsentrasi total zat anorganik PM 0,1 (mg/m^3) diperoleh dari hasil bagi selisih massa *filter* (mg) dengan volume total emisi (m^3), ditunjukkan persamaan:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$C = \frac{\Delta m}{Vtot} \quad \text{.....(3.7)}$$

10. Volume total emisi partikel selanjutnya diubah menjadi jumlah partikel dengan menghitung nilai volume partikel *ultrafine* terlebih dahulu dengan persamaan:

$$V_{PM\ 0,1} = \frac{4}{3}\,\pi\, r^3 \quad \text{.....(3.8)}$$

11. Nilai volume partikel *ultrafine* telah diketahui, selanjutnya diubah menjadi jumlah partikel dengan persamaan:

$$N = \frac{V_{ukur}}{V_{PM\ 0,1}} \quad \text{.....(3.9)}$$

12. Setelah dilakukan pengujian tentang ESR dan *Ultrafine*, langkah selanjutnya diambil satu sampel terbaik dan dilakukan pengujian SEM EDX untuk mengetahui bentuk permukaan sampel serta unsur yang terdapat pada sampel.
13. Lalu dilakukan uji porositas unruk mengetahui besar pori-pori biofilter dengan rumus:

$$\rho = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_i}\ x\ 100\% \quad \text{.....(3.10)}$$

m_s = (massa piknometer + sampel basah) – massa piknometer kosong.
m_d = (massa piknometer + sampel kering) – massa piknometer kosong.
m_i = (massa piknometer + sampel + air penuh) – massa piknometer + air.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Sampel dan Metode Pengujian

4.1.1 Pembuatan Biofilter

Pembuatan komposit biofilter berbahan batang jagung dengan penambahan serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi dilakukan di Laboratorium *Workshop* Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang. Langkah pertama biji kurma dan biji kopi disangrai selama 15 menit secara terpisah. Selanjutnya biji kurma dan biji kopi dihaluskan dengan cara di*blender* secara terpisah. Lalu masing-masing dari keduanya diayak dengan ayakan yang berukuran 250 mesh. Batang jagung dijemur sampai kering dan selanjutnya diparut. Parutan batang jagung diayak dengan ayakan yang berukuran 30 mesh. Ukuran 30 mesh untuk batang jagung dipilih karena untuk mempertahankan bentuk asli dari batang jagung yaitu gabus.

Langkah selanjutnya batang jagung ditimbang sesuai dengan massa dari panjang filter rokok, yaitu 1,5 cm. Massa dari batang jagung yang didapatkan sesuai dengan panjang filter adalah 0,21 gr. Selanjutnya ditimbang massa dari batang jagung dengan variasi 90%, 80%, 70%, 60% dan 50%. Serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi masing-masing ditimbang dengan variasi 50%, 40%, 30%, 20% dan 10% dari massa 100% batang jagung. Massa yang didapatkan dari variasi batang jagung adalah 0,19 gr, 0,17 gr, 15 gr, 13 gr dan 0,11 gr. Serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi variasi kedua massanya adalah 0,11 gr, 0,084 gr, 0,063 gr, 0,043 gr dan 0,021 gr.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Perekat untuk biofilter yang akan dicetak tidak menggunakan PEG. Perekat yang digunakan dalam pembuatan biofilter ini menggunakan perekat alami yaitu dari daun waru. 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 diperam semalam lalu disaring. Hasil air saringan tersebut langsung dicampur sebagai bahan perekat material.

Serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi dihomogenkan dengan serbuk dari batang jagung dengan variasi keduanya 90%+10%, 80%+20%, 70%+30%, 60%+40% dan 50%+50%. Setelah itu campuran antara serbuk batang jagung maupun serbuk biji kurma dan biji kopi masing masing dihomogenkan dengan 0,3 ml air perasan daun waru. Selanjutnya dicetak pada selang dengan panjang 1,5 cm serta diameter 0,7 cm. Biofilter yang masih dalam cetakan dikeringkan pada suhu ruangan dan tidak terpapar sinar matahari secara langsung. Ketika biofilter sudah kering maka biofilter dikeluarkan dari cetakan lalu di*oven* dalam suhu 150˚C selama 10 menit. Peng*oven*an biofilter bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang masih tersisa.

Sampel kemudian dilakukan beberapa pengujian. Pengujian pertama adalah pengujian dengan ESR, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa efektif biofilter dalam menangkal radikal bebas. Pengujian kedua untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi massa batang jagung terhadap penyerapan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

partikel *ultrafine*. Selanjutnya dilanjutkan dengan pengujian SEM untuk mengetahui morfologi permukaan biofilter.

4.1.2 Pengujian Radikal Bebas

Pengujian radial bebas dilakukan dengan menggunakan alat ESR (*Electro Spin Resonance*) Leybold Heracus dilakukan di Laboratorium Fisika Lanjutan Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang. Langkah kerja penelitian ini rokok dan biofilter dihubungkan pada ujung selang berdiameter 0.7 cm. Setelah itu disambungkan ke *coil* dengan selang berdiameter 0,4 cm, penyambungan ini dilakukan untuk menyesuaikan diameter lubang pada *coil*. Selanjutnya *coil* dipasang pada alat ESR. Selang yang penghubung antara rokok kretek, biofilter dan *coil* berakhir pada pompa hisap yang berfungsi sebagai penghisap asap rokok ketika dinyalakan. Proses penekanan dan pelepasan pompa dilakukan secara perlahan, hal ini dilakukan agar asap yang akan dideteksi mengalir secara perlahan dan alat mampu bekerja secara optimal untuk mendeteksi jenis radikal bebas yang terdapat pada asap rokok.

Pengujian dilakukan dengan kalibrasi alat terlebih dahulu. Alat yang digunakan untuk proses kalibrasi adalah *diphenylphicryl hedrazyl* (DPPH). Langkah pertama proses kalibrasi dimulai dengan meletakkan tabung yang berisi DPPH pada kumparan yang terpasang di alat ESR. Selanjutnya variabel resistor yang terdapat pada alat ESR diputar yang ditandai dengan adanya frekuensi sampai terjadi impuls resonansi magnetik. Fase yang terdapat pada ESR dapat diubah dengan tombol yang terpasang pada alat. Tombol perubahan fase yang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

terdapat pada ESR diubah-ubah sampai impuls resonansi berhimpit dengan kurva cekung yang menyerupai huruf V dan hasilnya akan terlihat pada layar osiloskop.

Kalibrasi dilakukan untuk mengetahui nilai faktor g. Saat mengubah-ubah arus (I) maka akan didapatkan nilai faktor g dan nilai frekuensi (f) akan diperoleh saat terjadi resonansi yang simetris. Data yang diperoleh dari perhitungan selanjutnya dibandingkan nilainya dengan tabel 2.3 untuk mengetahui jenis radikal bebas yang terdapat di dalamnya.

Gambar 4.1 Contoh Pengambilan Data Ukur Resonansi ESR
(Farihatin, 2014)

Pertama dilakukan perhitungan faktor kalibrasi dari DPPH:

$$B = \mu_0 \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{n}{r} I \quad \text{..... (3.1)}$$

B = Medan magnet
μ_0 = 1,2566*10^-6
n = Jumlah lilitan kumparan
r = Besar jari-jari kumparan
I = Arus (didapatkan dari pengukuran ESR)

Langkah kedua, setelah didapatkan hasil dari medan magnet (B), selanjutnya dicari faktor g DPPH dengan menggunakan rumus:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$faktor\ g = \frac{6.625 \times 10^{-34}.f}{9.275\ \times 10^{-24}.B} \quad \text{.....(3.2)}$$

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 menggunakan faktor kalibrasi:

$$faktor\ kalibrasi = \frac{faktor\ g\ literatur}{faktor\ g\ eksperimen} \quad \text{.....(3.3)}$$

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

$$faktor\ g\ emisi = faktor\ g\ \times faktor\ kalibrasi \quad \text{.....(3.4)}$$

Data kalibrasi untuk kontrol DPPH diperoleh hasil frekuensi 34,6 Hz, nilai arus I 0,297 A dan nilai medan magnet 0.001158316 T. Hasil menunjukkan bahwa faktor g dari DPPH diperoleh sebesar 2.09817. Kemudian DPPH dilepas dari kumparan dan diganti dengan selang. Selang tersebut nantinya akan dipasang biofilter yang terbuat dari batang jagung dengan penambahan serbuk biji kopi dan serbuk biji kurma serta rokok kretek agar dapat terdeteksi kandungan radikal bebas yang terdapat didalamnya.

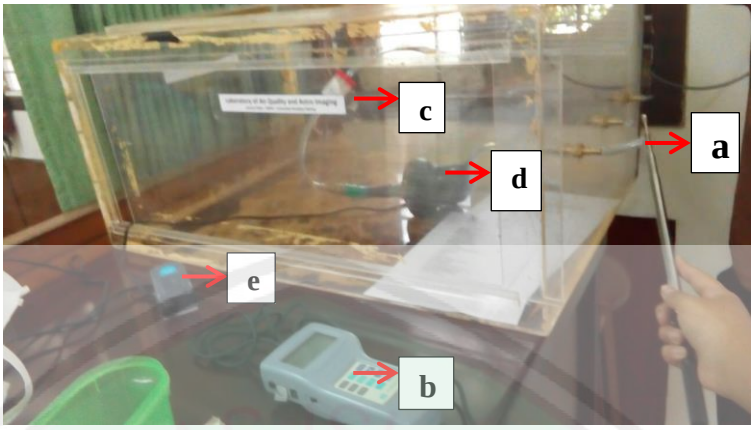
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DPPH digunakan sebagai kalibrasi karena sampel DPPH merupakan struktur standar dimana struktur molekulnya memiliki satu elektron yang tak berikatan dalam molekul, sehingga hal ini dapat mendeteksi elektron dalam keadaan bebas. DPPH adalah molekul organik, material dengan paramagnetik dengan radikal stabil dan mempunyai satu elektron yang tidak berikatan. Sehingga kurva yang ditampilkan pada layar osiloskop hampir sempurna seperti gambar 4.1.

4.1.3 Pengujian Partikel *Ultrafine*

Pengujian kandungan emisi *ultrafine* dilakukan di Laboratorium Pengukuran dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang dengan menggunakan filter N95. Filter N95 dipilih karena mampu menyaring partikel yang ada pada asap rokok sampai berukuran partikulat. Langkah pertama pengujian *ultrafine* dimulai dengan memotong filter N95. Filter N95 dipotong sesuai dengan bentuk tabung yang dihubungkan pada biofilter dan disambungkan dengan selang. Sebelum dipapari asap, ditimbang massa dari masing-masing filter. Selanjutnya dirangkai seperti pada gambar 4.2.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.2 Rangkaian Alat Percobaan *Ultrafine*. (a) Sensor *Probe* Anemomaster, (b) Layar Panel anemomaster, (c) Tabung Tempat Filter N95, (d) *Electric Air Pump*, (d) Tombol *Electric Air Pump*

Masing-masing alat yang ada dihubungkan dengan selang berukuran 0,7 cm. Ujung selang terdapat rokok kretek dan biofilter yang selanjutnya disambungkan dengan tabung yang di dalamnya telah diisi dengan filter N95. Kemudian tabung tersebut dihubungkan dengan masukan pada alat penghisap (*electric air pump*) yang kecepatannya bisa diatur dengan memutar tombol kontrol. Keluaran pada alat penghisap (*air pump*) disambungkan dengan selang. Pemaparan masing-masing sampel dilakukan selama satu menit. Ujung selang dipasangi *probe* anemomaster dan kecepatannya dapat dilihat pada layar panel anemomaster. Kecepatan yang dicatat adalah kecepatan yang paling besar. Selanjutnya ditimbang massa dari filter setelah dipapari asap. Setelah serangkaian penelitian selesai, lalu dilakukan penelitian dan dianalisis.

Data yang diperoleh berupa selisih massa filter (mg), diameter selang (m) dan *flow rate* atau kecepatan emisi (m/s). Data-data tersebut digunakan untuk menghitung debit emisi (m^3/s). Debit merupakan volume fluida yang melewati suatu titik per satuan waktu (m^3/s). Debit diperoleh dari hasil kali luasan selang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

(m^2) dengan *flow rate* emisi (m/s), untuk menghitung debit emisi digunakan persamaan:

$$Q=A.\ v \quad \text{.....(3.5)}$$

Volume total emisi (m^3) diperoleh dari hasil perkalian dari debit (m^3/s) dengan waktu pemaparan emisi (s), ditunjukkan oleh persamaan:

$$V_{tot}=Q\cdot t \quad \text{.....(3.6)}$$

Volume total emisi merupakan banyaknya emisi yang dihasilkan selama paparan.

Konsentrasi total zat anorganik PM 0,1 (mg/m^3) diperoleh dari hasil bagi selisih massa *filter* (mg) dengan volume total emisi (m^3), ditunjukkan persamaan:

$$C = \frac{\Delta m}{Vtot} \quad \text{.....(3.7)}$$

Volume total emisi partikel selanjutnya diubah menjadi jumlah partikel dengan menghitung nilai volume partikel *ultrafine* terlebih dahulu dengan persamaan:

$$V_{PM\ 0,1} = \frac{4}{3}\ \pi\ r^3 \quad \text{.....(3.8)}$$

Nilai volume partikel *ultrafine* telah diketahui, selanjutnya diubah menjadi jumlah partikel dengan persamaan:

$$N = \frac{V_{ukur}}{V_{PM\ 0,1}} \quad \text{.....(3.9)}$$

4.1.4 Pengujian SEM

Pengujian SEM dilakukan dilakukan di Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang dengan mengambil satu sampel terbaik antara pengujian ESR dan *ultrafine*. Dari 30 sampel yang telah diuji radikal bebas maupun *ultrafine*,

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dihitung dengan menggunakan metode sesuai dengan masing-masing percobaan dan dianalisis. Sampel terbaik yang bisa menangkal radikal bebas dan menghasilkan sedikit emisi partikel *ultrafine* selanjutnya dilakukan pengujian SEM EDX. Pengujian SEM EDX dilakukan agar dapat mengetahui permukaan biofilter dengan pembesaran tertentu serta dapat mengetahui unsur-unsur yang terdapat pada biofilter. Pada dasarnya SEM EDX merupakan pengembangan dari SEM. Analisa SEM EDX dilakukan untuk memperoleh gambaran permukaan atau fitur material dengan resolusi yang sangat tinggi hingga memperoleh suatu tampilan dari permukaan sampel yang kemudian dikomputasikan dengan *software* untuk menganalisis komponen materialnya.

SEM EDX merupakan suatu sistem analisis yang menggabungkan SEM dan EDX ke dalam satu unit dirancang pada konsep pengembangan produk memungkinkan orang untuk mencapai pengamatan cepat, jelas dan akurat dengan menggunakan analisis elemen EDX mudah pengoperasiannya. Konfigurasi sistem dan fungsi dengan sistem konvensional, yang berdiri sendiri EDX adalah dikombinasikan dengan SEM yang terpisah dan setiap sistem harus dioperasikan secara terpisah. Fungsi dari sebuah SEM dan EDX digabungkan menjadi satu unit, sehingga konfigurasi SEM EDX dapat dibagi ke dalam unit SEM dan EDX unit. Unit SEM EDX berisi *detektor* dan panel operasi terdiri dari dua monitor, *keyboard* dan sebuah *mouse*. Pekerjaan operasi dapat lebih disederhanakan dan gambar dilihat lebih mudah, oleh pengaturan salah satu monitor untuk menampilkan gambar pengamatan dan yang lain untuk menampilkan data analitis.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Pengujian selanjutnya tentang porositas bertujuan untuk mengetahui besar pori-pori dari sampel. Porositas menentukan seberapa efektif biofilter terhadap penyerapan emisi partikel *ultrafine* serta radikal bebas asap rokok.

4.2 Data Hasil Pengujian

4.2.1 Data Hasil Pengujian Radikal Bebas

Radikal bebas mempunyai macam-macam jenis. Hal tersebut dipengaruhi oleh nilai faktor g dari hasil pengujian radikal bebas. Rokok mempunyai jenis radikal bebasnya sendiri.

Tabel 4.1 Jenis Dugaan Radikal Bebas Asap Rokok (Farihatin, 2014)

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

Pengujian Radikal bebas pada asap rokok menggunakan ESR (*Electron Spin Resonance*) Leybold Heracus. Hasil pengujian pada biofilter didapatkan nilai faktor g dan jenis radikal bebas.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Biofilter Berbahan Batang Jagung dengan Penambahan Serbuk Biji Kopi

Sampel		Frekuensi (Hz)	Arus (I)	Medan Magnet (T)	Faktor g*	Faktor g	Radikal Bebas
Kontrol DPPH		34600000	0.297	0.00118	2.09817		-
Serbuk	Uji						
Kopi 10%	1	33700000	0.297	0.00118	2.04359	1.83242	-
	2	34000000	0.276	0.00109	2.21866	1.9894	-
	3	33400000	0.289	0.00115	2.08147	1.86638	Hidroperoksida
Kopi 20%	1	34600000	0.297	0.00118	2.09817	1.88136	-
	2	34000000	0.276	0.00109	2.21866	1.9894	-
	3	33500000	0.29	0.00115	2.0805	1.86552	Hidroperoksida
Kopi 30%	1	34500000	0.275	0.00109	2.25948	2.02599	Peroksi
	2	34500000	0.28	0.00111	2.21913	1.98982	-
	3	33600000	0.292	0.00116	2.07242	1.85827	Hidroperoksida
Kopi 40%	1	34000000	0.288	0.00114	2.12622	1.90651	-
	2	33400000	0.292	0.00116	2.06008	1.84721	-
	3	34700000	0.281	0.00111	2.22405	1.99423	-
Kopi 50%	1	33700000	0.297	0.00118	2.04359	1.83242	-
	2	34000000	0.276	0.00109	2.21866	1.9894	-
	3	33400000	0.289	0.00115	2.08147	1.86638	-

Tabel 4.2 menujukkan bahwa biofilter berbahan batang jagung dengan penambahan serbuk biji kopi menangkap lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas pada asap rokok.

Hasil dari penelitian ini, tidak semua sampel rokok kretek yang dipasang biofilter terdapat radikal bebas di dalamnya. Biofilter dari batang jagung dengan penambahan serbuk biji kopi mendeteksi dua dari tujuh jenis dugaan radikal bebas yang ada pada asap rokok, yaitu pada biofilter dengan variasi pencampuran antara batang jagung dengan serbuk biji kopi 90%: 10% didapatkan radikal bebas jenis hidroperoksida dengan nilai 1.9894, frekuensi 34 Hz dan arus (I) 0,287 A. Selanjutnya pada variasi filler 80%: 20% juga terdeteksi adanya radikal bebas jenis hidroperoksida dengan nilai faktor g, frekuensi dan arus yang sama seperti

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

pada perbandingan 90%: 10%. Selanjutnya radikal bebas jenis peroksi ditemukan pada sampel biofilter batang jagung dengan penambahan serbuk biji kurma dengan variasi pencampuran 70%: 30% dengan nilai dari faktor g 2.02599, frekuensi 34,5 Hz dan arus (I) sebesar 0,275 A.. Selain itu tidak terdeteksi adanya radikal bebas asap rokok pada sampel dengan penambahan serbuk biji kopi yang lain.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Biofilter Berbahan Batang Jagung dengan Penambahan Serbuk Biji Kurma

Sampel		Frekuensi (Hz)	Arus (I)	Medan Magnet (T)	Faktor g*	Faktor g	Radikal Bebas
Kontrol DPPH		34600000	0.297	0.00118	2.09817		-
Serbuk	Uji						
Kurma 10%	1	33900000	0.283	0.00112	2.15742	1.93448	-
	2	34000000	0.276	0.00109	2.21866	1.9894	Hidroperoksida
	3	34000000	0.293	0.00116	2.08993	1.87397	-
Kurma 20%	1	33700000	0.292	0.00116	2.07859	1.8638	-
	2	33500000	0.285	0.00113	2.117	1.89824	-
	3	34500000	0.28	0.00111	2.21913	1.98982	Hidroperoksida
Kurma 30%	1	33400000	0.292	0.00116	2.06008	1.84721	-
	2	33500000	0.285	0.00113	2.117	1.89824	-
	3	34000000	0.277	0.0011	2.21065	1.98222	Hidroperoksida
Kurma 40%	1	33400000	0.28	0.00111	2.14837	1.92637	-
	2	33600000	0.291	0.00115	2.07954	1.86465	-
	3	33900000	0.297	0.00118	2.05572	1.8433	-
Kurma 50%	1	33600000	0.296	0.00117	2.04441	1.83316	-
	2	33700000	0.297	0.00118	2.04359	1.83242	-
	3	33800000	0.297	0.00118	2.04966	1.83786	-

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa biofilter berbahan batang jagung dengan penambahan serbuk biji kurma dapat menangkap enam dari tujuh dugaan radikal bebas yang ada pada asap rokok.

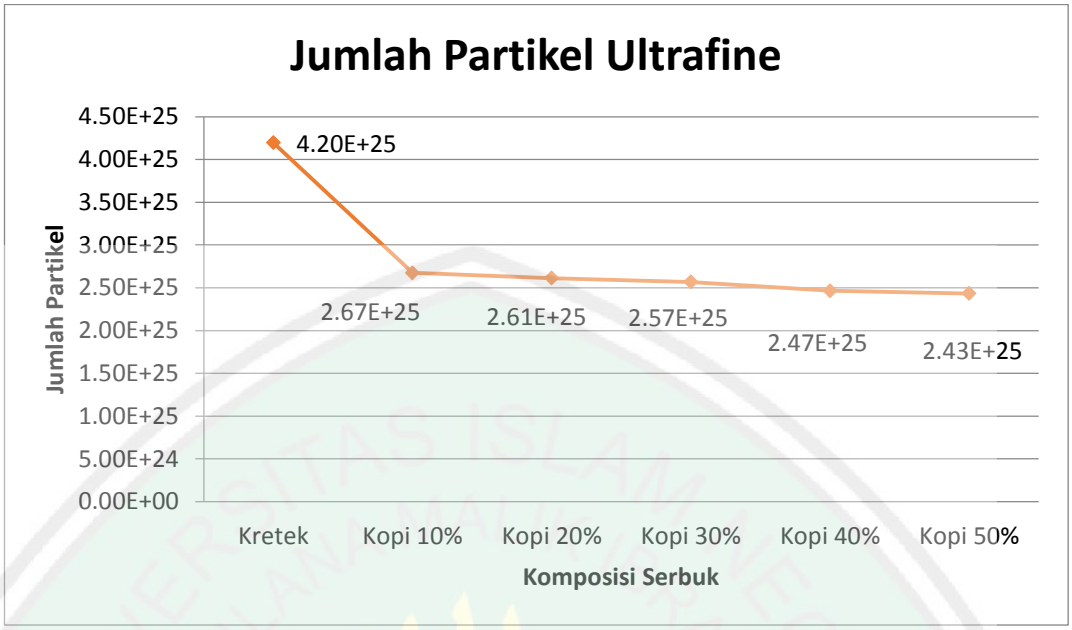
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Pengujian ESR dengan sampel biofilter batang jagung dengan penambahan serbuk biji kurma mampu mendeteksi dua dari tujuh dugaan radikal bebas pada asap rokok. Radikal bebas jenis hidroperoksida ditemukan pada tiga jenis sampel. Radikal bebas jenis hidroperoksi pertama ditemukan pada variasi 90%: 10% dengan nilai 1.9894, mempunyai frekuensi sebesar 34 Hz dengan arus (I) sebesar 0,276 A. Radikal bebas jenis hidroperoksi kedua ditemukan pada variasi 80%: 20% dengan nilai dari faktor g sebesar 1.98982, frekuensi 34,5 Hz dan arus (I) sebesar 0,28 A. Sedangkan radikal bebas hidroperoksida ketiga ditemukan pada sampel dengan variasi 70%: 30% dengan nilai dari faktor g sebesar 1.98222, frekuensi 34 Hz dan arus (I) 0,277 A. Selain itu tidak terdeteksi tujuh jenis dugaan radikal bebas asap rokok pada sampel biofilter dengan penambahan serbuk biji kurma yang lain.

4.2.2 Data Hasil Pengujian Partikel *Ultrafine*

Data yang didapat dari pengujian emisi partikel *ultrafine* pada penelitian ini berupa debit asap (Q), volume total emisi (V) dan jumlah partikel dapat dilihat pada gambar 4.3 dan gambar 4.4.

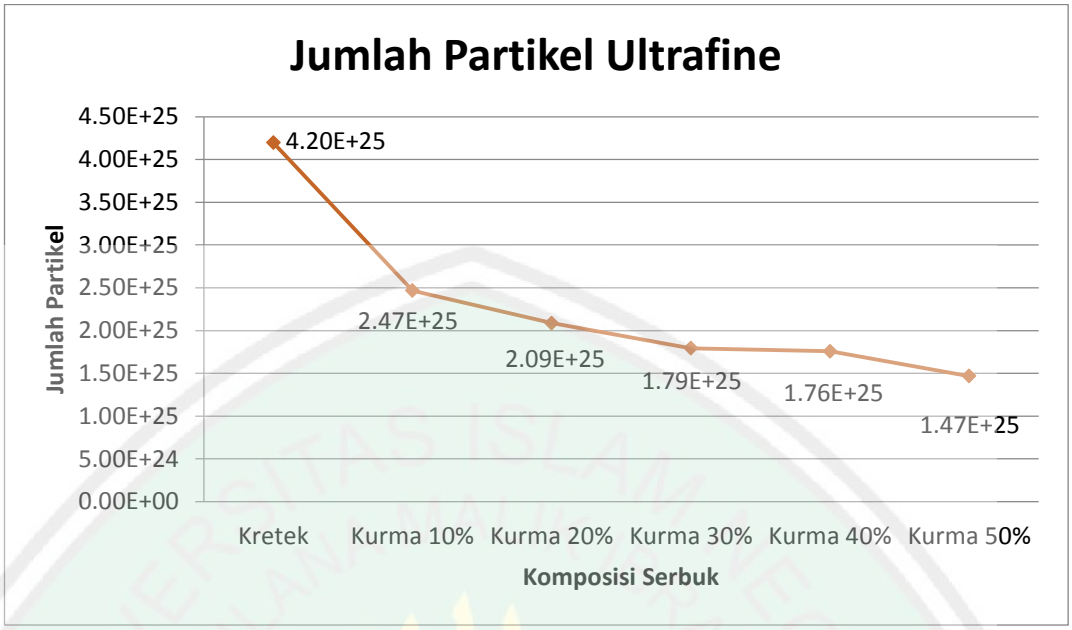
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian *Ultrafine* Biofilter Batang Jagung dengan Penambahan Serbuk Biji Kopi

Hasil pengujian *ultrafine* biofilter berbahan batang jagung dengan penambahan serbuk biji kopi variasi penambahan 10% serbuk biji kopi didapatkan nilai rata-rata debit asap (Q) sebesar 0.0002189, volume total emisi (V) 0.01399357 dan jumlah partikel 2.67 x 10^{25}. Untuk variasi penambahan 20% serbuk biji kopi didapatkan nilai rata-rata debit asap (Q) sebesar 0.000228, volume total emisi (V) 0.01367815 dan jumlah partikel 2.61 x 10^{25}. Selanjutnya variasi penambahan 30% serbuk biji kopi didapatkan nilai rata-rata debit asap (Q) sebesar 0.000224, volume total emisi (V) 0.01343967 dan jumlah partikel 2.57 x 10^{25}. Variasi penambahan 40% serbuk biji kopi didapatkan nilai rata-rata debit asap (Q) sebesar 0.000215, volume total emisi (V) 0.01290116 dan jumlah partikel 2.47 x 10^{25}. Untuk variasi penambahan 50% serbuk biji kopi didapatkan nilai rata-rata debit asap (Q) sebesar 0.0002123, volume total emisi (V) 0.01273961 dan jumlah partikel 2.43 x 10^{25}.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



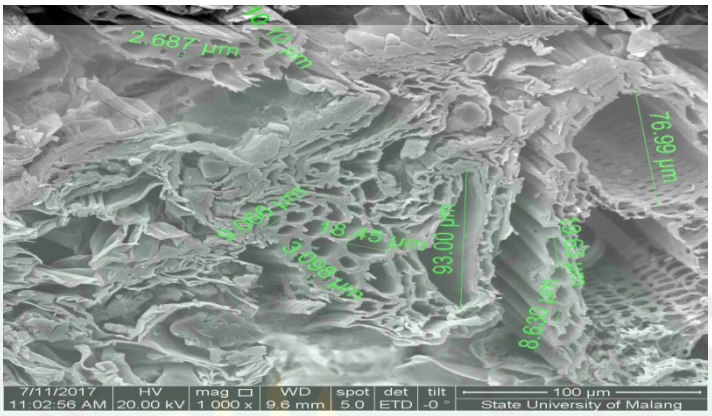
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian *Ultrafine* Biofilter Batang Jagung dengan Penambahan Serbuk Biji Kurma

Hasil pengujian *ultrafine* biofilter berbahan batang jagung dengan penambahan serbuk biji kurma variasi penambahan 10% serbuk biji kurma didapatkan nilai rata-rata debit asap (Q) sebesar 0.0002151, volume total emisi (V) 0.01290885 dan jumlah partikel 2.47 x 10^{25}. Untuk variasi penambahan 20% serbuk biji kurma didapatkan nilai rata-rata debit asap (Q) sebesar 0.0001821, volume total emisi (V) 0.01092406 dan jumlah partikel 2.09 x 10^{25}. Selanjutnya variasi penambahan 30% serbuk biji kurma didapatkan nilai rata-rata debit asap (Q) sebesar 0.0001564, volume total emisi (V) 0.00938546 dan jumlah partikel 1.78 x 10^{25}. Variasi penambahan 40% serbuk biji kurma didapatkan nilai rata-rata debit asap (Q) sebesar 0.0001533, volume total emisi (V) 0.00920083 dan jumlah partikel 1.76 x 10^{25}. Untuk variasi penambahan 50% serbuk biji kurma didapatkan nilai rata-rata debit asap (Q) sebesar 0.000128, volume total emisi (V) 0.00767838 dan jumlah partikel 1.47 x 10^{25}.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4.3.3 Data Hasil Pengujian SEM

1. Hasil Pengujian SEM

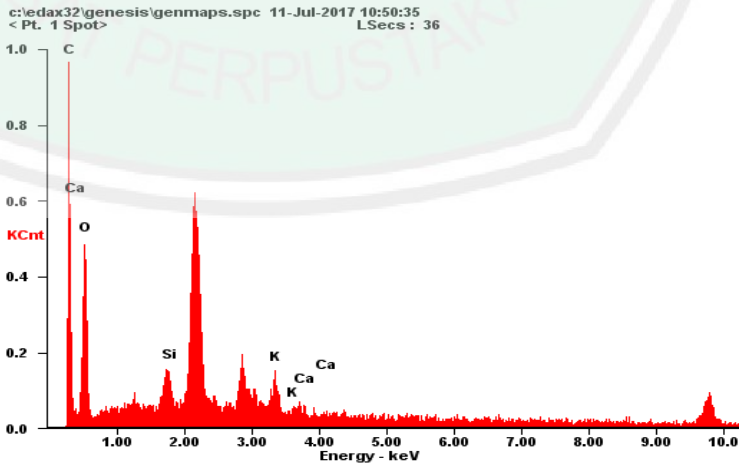


Gambar 4.5 Uji SEM Perbesaran 1000 Kali

Gambar 4.5 pengujian SEM dengan perbesaran 1000 kali menunjukkan bahwa biofilter mempunyai rata-rata ukuran pori-pori sebesar 26.850 µm.

2. Hasil Pengujian EDX

Hasil uji SEM EDX untuk mengetahui komposisi unsur penyususun dari biofilter ditunjukkan pada gambar 4.6.



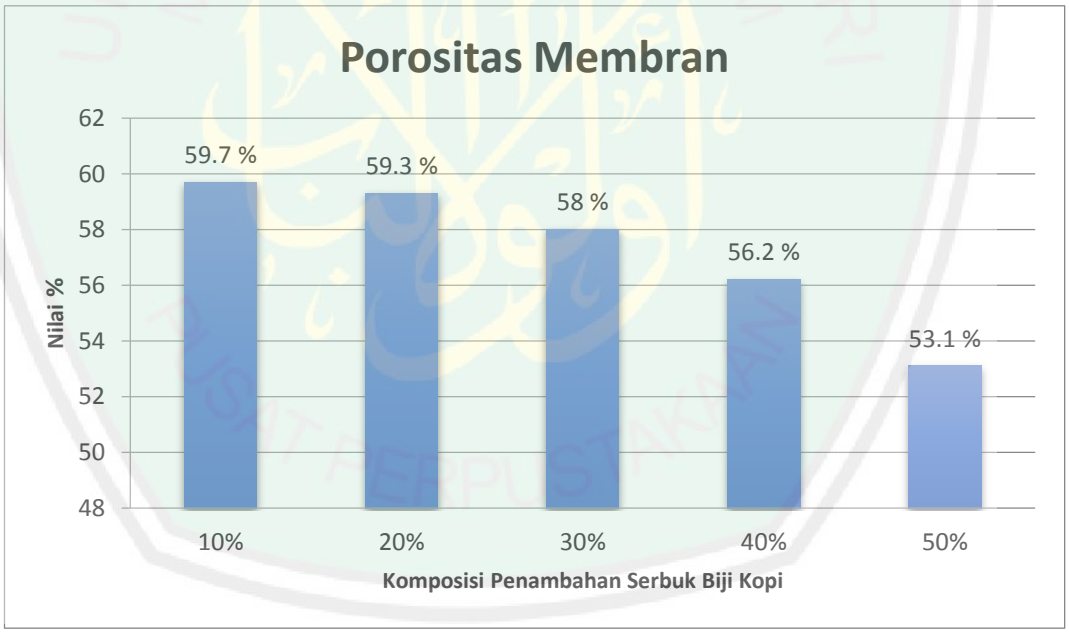
Gambar 4.6 Hasil Grafik Pengujian SEM EDX Perbesaran 1000x Biofilter Berbahan Batang Jagung dengan Penambahan Serbuk Biji Kurma 0,105 gram

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Hasil karakterisasi *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX) pada biofilter berbahan batang jagung dengan penambahan serbuk biji kurma dengan variasi 50%: 50%, yaitu masing-masing campuran 0,105 gram. Unsur yang dapat terdeteksi adalah karbon (C) dengan komposisi 54.46 (Wt %), oksigen (O) dengan komposisi 40.89 (Wt%), silikon (Si) dengan komposisi 1,73 (Wt%), kalium (K) dengan komposisi 2.45 (Wt%) serta karbon (Ca) dengan komposisi 0,46 (Wt%).

3. Porositas Membran

Keefektifan pori biofilter juga dapat diketahui dengan cara perhitungan manual dengan cara ditimbang dan menggunakan piknometer. Perhitungan porositas biofilter didapatkan grafik yang menunjukkan hasil:

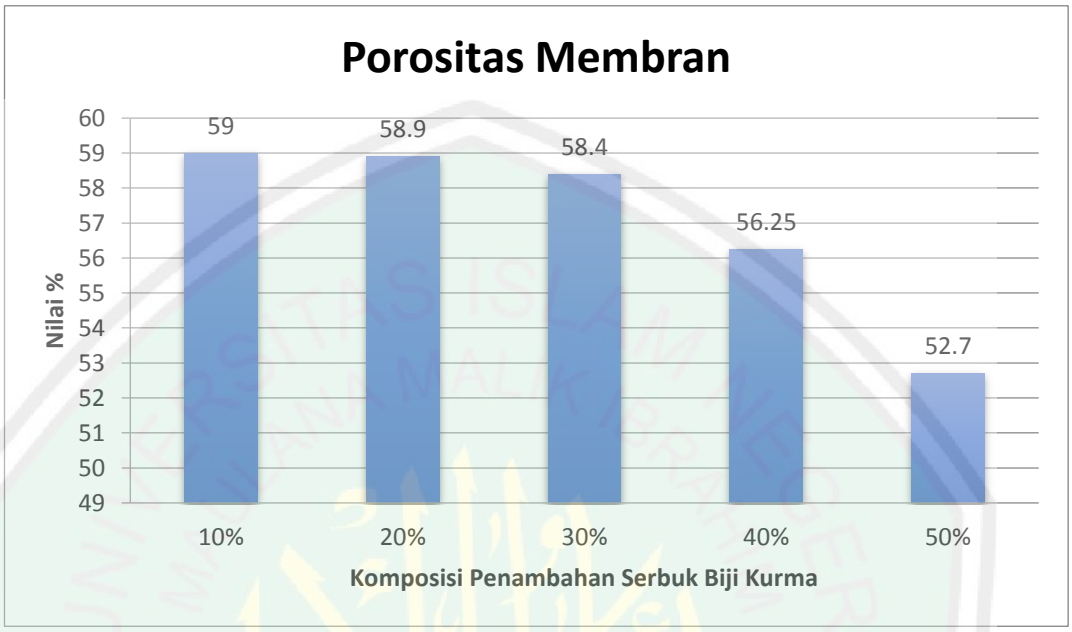


Gambar 4.7 Grafik Hasil Porositas Membran Penambahan Serbuk Biji Kopi

Grafik 4.7 menunjukkan nilai porositas membran biofilter berbahan batang jagung dengan penambahan serbuk biji kopi nilai porositas terendah terdapat pada komposisi 50% batang jagung dan 50% serbuk biji kopi dengan nilai 53,1 %.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Sedangkan nilai porositas tertinggi dihasilkan biofilter pada komposisi 90% batang jagung dan 10% serbuk biji kopi dengan nilai 59,7%.



Gambar 4.8 Grafik Hasil Porositas Membran Penambahan Serbuk Biji Kurma

Gambar 4.8 menunjukkan data hasil porositas dari biofilter berbahan batang jagung dengan penambahan serbuk biji kurma. Nilai porositas terendah terdapat pada biofilter komposisi 50% batang jagung dan 50% batang kurma. Sedangkan porositas terendah terdapat pada komposisi 90% batang jagung dan 10% serbuk biji kurma.

Data dari semua variasi penambahan serbuk biji kopi maupun serbuk biji kurma. Porositas membran terendah dihasilkan oleh biofilter batang jangung dengan penambahan serbuk biji kopi pada variasi komposisi 90%:10% dengan nilai 59.7%. Sedangkan porositas membran tertinggi dihasilkan oleh biofilter batang jagung dengan penambahan serbuk biji kurma dengan variasi komposisi 50%:50% dengan nilai 52.7%. Nilai porositas tergantung pada seberapa optimal

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

bahan yang ditambahkan saat proses penghomogenan maupun pencetakkan biofilter.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Pembahasan Hasil Pengujian Radikal Bebas

Hasil pengujian ESR dapat diambil kesimpulan bahwa biofilter berbahan batang jagung dengan penambahan serbuk biji kurma lebih efektif menangkal radikal bebas dari pada dengan penambahan serbuk biji kopi. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.2, penambahan serbuk biji kopi yang rata-rata menghasilkan radikal bebas pada masing-masing sampel. Sedangkan pada tabel 4.3, penambahan serbuk biji kurma pada sampel variasi pencampuran antara batang jagung dan serbuk biji kurma 50%:50% tidak ditemukan adanya radikal bebas yang terdeteksi.

Tabel 4.2 dan 4.3 menampilkan nilai faktor g dan jenis radikal bebas yang terdapat pada pengujian dengan menggunakan biofilter. Nilai faktor g dan jenis radikal bebas asap rokok tanpa menggunakan biofilter dapat diketahui pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengujian Radikal Bebas pada Asap Rokok Kretek maupun Rokok Putih (Anggraini, 2013)

Jenis Rokok	Faktor g	Jenis Radikal
Kretek	2,0389	Oksigen O_2
	1,9775	Karbon dioksida (CO_2)
	1,8368	Mn_2O_2
	1,5060	Oksigen (O)
Putih	2,2060	Ikatan Cu kompleks/Ni
	1,8618	FeS
	2,0025	Ikatan karbon (C)
	2,0994	CuOx
	1,9985	SO_4/CO_2
	2,2241	Ikatan Cu kompleks

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Data yang dihasilkan dari pengujian ESR penelitian ini dapat menangkal lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas pada asap rokok, yaitu hidroperoksi dan peroksi. Tujuh dugaan jenis radikal bebas tersebut adalah hidroperoksida, CO^{2-}, C, peroksi, O^{2-}, CuOx dan $CuGeO_2$. Kedua radikal bebas tersebut mampu lolos melewati biofilter. Biofilter yang dijadikan sampel telah ditambah dengan campuran serbuk biji kopi dan serbuk biji kurma. Kedua bahan tersebut dipilih karena mempunyai kandungan antioksidan yang mampu menangkal radikal bebas.

Berdasarkan uji ESR, diketahui bahwa beberapa biofilter tidak terdeteksi mempunyai kandungan radikal bebas. Tidak terdeteksinya radikal bebas pada biofilter merupakan hal yang wajar. Hal ini sangat erat kaitannya dengan proses penyerapan radikal bebas yang dilakukan oleh antioksidan, yaitu dengan ditambahkannya serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi pada pembuatan biofilter.

Biji kurma dan biji kopi merupakan salah satu hasil alam yang mengandung zat antioksidan. Antioksidan merupakan zat yang mudah sekali mengikat radikal bebas. Peranannya sebagai pendonor elektron, sehingga memungkinkan untuk menghambat terjadinya reaksi berantai dari pembentukan radikal bebas yang berpengaruh pada terjadinya *stress* oksidatif yang diakibatkan oleh asap rokok. Kandungan antioksidan pada biji kurma dan biji kopi pada pengujian ini didapatkan hasil yang berbeda pada tiap komposisi variasi yang diberikan terhadap hasil radikal bebas yang muncul kecuali pada perbandingan 40%:60% dan 50%:50%. Antioksidan bekerja secara optimal pada sampel biofilter serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi variasi 40%:60% dan 50%:50% yang ditandai dengan tidak ditemukan adanya deteksi radikal bebas.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Biji kurma dan biji kopi mengandung senyawa flavonoid dan fenolik, kedua senyawa tersebut bermanfaat sebagai antioksidan. Zat ini sangat besar peranannya pada manusia untuk mencegah terjadinya penyakit. Antioksidan melakukan proses tersebut dengan cara menekan kerusakan sel yang terjadi akibat proses oksidasi radikal bebas.

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). 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

Kandungan fenolik yang terdapat pada biji kurma mampu menangkap radikal peroksi pada asap rokok. Radikal bebas mampu menarik oksida hidrogen, dari kejadian tersebut menghasilkan radikal fenoksi. Selanjutnya, radikal fenoksi yang dihasilkan dimantapkan oleh resonansi dan bereaksi dengan radikal peroksi, akibatnya radikal peroksi rusak dan tidak mampu mengoksidasi dan akhirnya menjadi radikal bebas yang terdeteksi oleh ESR.

Antioksidan dalam kedua biji yang digunakan termasuk dalam senyawa fenolik seperti vitamin E (alfa tokoferol) dan flavonoid. Selain itu, Mekanisme

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

kerja antioksidan melalui jalur tanpa melibatkan penangkapan radikal bebas. Antioksidan ini disebut dengan antioksidan sekunder yang mekanismenya melalui pengikatan logam, menangkap oksigen dan mengubah hiperoksida menjadi spesies non radikal.

Ukuran serbuk biji kurma dan serbuk biji kopi yang digunakan pada penelitian ini juga berpengaruh terhadap penyerapan radiakal bebas, pada penelitian ini kedua serbuk diayak dengan menggunakan ayakan yang mempunyai ukuran 250 mesh, sedangkan senyawa radikal bebas yang terkandung pada emisi rokok berukuran lebih kecil, yaitu berukuran <80 nm sehingga untuk mengoptimalkan penyerapan kandungan radikal bebas pada asap rokok dapat dilakukan dengan cara memperkecil ukuran serbuk biji kurma maupun biji kopi menggunakan ayakan yang ukurannya lebih rapat, besar luasan permukaan serbuk biji kurma maupun serbuk biji kopi dapat menghasilkan antioksidan yang semakin banyak sehingga semakin efektif dalam penyerapan radikal bebas asap rokok, serta ukuran partikel komposit juga berpengaruh terhadap karakteristik sifat fisis dari biofilter.

Kandungan kimia daun dan akar waru adalah saponin dan flavonoid. Disamping itu, daun waru juga paling sedikit mengandung lima senyawa fenol, sedang akar waru mengandung tannin (Syamsuhidayat dan Hutapea, 1991). Pada penelitian kali ini mendapatkan hasil uji ESR dengan tingkat radiasi rendah pada rokok yang dipasang pada biofilter. Hal ini menunjukkan bahwa selain atioksidan yang terdapat pada serbuk biji kopi maupun serbuk kurma, air perasan waru yang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

digunakan sebagai perekat juga turut dalam proses pendononoran elektron sehingga menghasilkan biofilter yang efektif menangkal radikal bebas.

Callister (2007) menjelaskan bahwa jari-jari radikal bebas memiliki rata-rata ukuran nm sehingga penyerapan radikal bebas pada asap rokok tidak dipengaruhi oleh pori-pori membran, namun dapat dipengaruhi oleh kandungan pada *filler* yang ada pada membran komposit tersebut.

Kerapatan membran berhubungan dengan variasi penambahan serbuk biji yang terdapat pada biofilter. Semakin banyak serbuk biji yang ditambahkan berarti bahwa semakin banyak bahan antioksidan yang ditambahkan. Banyaknya antioksidan juga berpengaruh terhadap proses penangkapan radikal bebas yang dilakukan. Semakin banyak bahan antioksidan, maka biofilter akan lebih efektif dalam menangkal radikal bebas dan kemungkinan terdeteksi radikal bebas juga rendah. Namun pada sampel uji pengulangan dengan variasi komposisi sampel yang sama menghasilkan nilai yang berbeda. Hal tersebut bisa terjadi karena faktor pembuatan biofilter.

Penelitian ini menggunakan variasi pencampuran pada komposisi *filler* antara batang jagung dengan penambahan serbuk biji kurma maupun serbuk biji kopi. Jika semakin banyak serbuk yang ditambahkan, maka semakin banyak kandungan antioksidan yang ditambahkan. Pada penelitian ini, penambahan serbuk juga berpengaruh terhadap kerapatan membran biofilter, karena serbuk biji kurma maupun serbuk biji kopi yang ditambahkan merupakan *filler* dengan ukuran yang kecil (250 mesh) sedangkan batang jagung mempunyai ukuran yang jauh lebih besar (30 mesh). Apabila massa dari serbuk biji yang ditambahkan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

semakin banyak, maka kemampuan serbuk biji bercampur batang jagung akan menjadi lebih rapat pada saat proses penghomogenan.

4.3.2 Pembahasan Hasil Pengujian Partikel *Ultrafine*

Banyak orang yang mengabaikan tentang bahaya asap rokok karena dampak yang ditimbulkan adalah dampak jangka panjang. Perokok aktif terus-menerus mengumpulkan endapan yang terdapat pada asap rokok di dalam tubuhnya karena asap rokok memiliki jenis kelembapan yang tinggi. Partikel-partikel masuk ke organ dalam seperti paru-paru ketika seseorang menghisap rokok. Partikel yang masuk ke dalam organ manusia saat merokok bermacam-macam jenis, salah satunya adalah partikel yang sangat kecil yaitu partikel *ultrafine.*

Partikel *ultrafine* mempunyai ukuran <100 µm. Dengan ukuran sekecil itu, partikel dapat masuk dengan mudah ke dalam tubuh manusia saat menghirup asap rokok. Partikel akan mengendap di dalam tubuh manusia seperti pada paru-paru. Apabila partikel sering terhirup, maka akan mengakibatkan kerusakan fungsi organ dalam manusia bahkan memicu penyakit kronis yang lain. Maka dari itu diperlukan suatu alternatif bahan yang mampu menyaring partikel *ultrafine*. Salah satunya adalah filter yang digunakan pada rokok.

Dewasa ini filter rokok yang beredar di pasaran merupakan selulosa asetat. Penggunaan terbesar serat selulosa ini yaitu sebagai serat material pada filter rokok. Banyak bahan kimia yang tercampur dan kemungkinan besar berdampak buruk bagi kesehatan perokok ditambah proses pembakaran dari tembakau.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Penelitian ini menggunakan filter alami yang komponen pembuatannya tersedia di alam. Faslah (2013) menyebutkan bahwa serabut kelapa yang mempunyai presentase selulosa 43% dapat dijadikan sebagai biofilter pada rokok. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan filter rokok yang dari sabut kelapa dengan beberapa densitas filter akan menghasilkan faktor emisi partikel *ultrafine* yang berbeda. Faktor emisi partikel *ultrafine* asap *mainstream* rokok berkurang seiring dengan besarnya densitas filter yang digunakan.

Selulosa alami dapat ditemukan pada berbagai jenis tumbuhan baik tumbuhan kayu maupun non kayu. Selulosa alami merupakan serat yang tersedia di alam tanpa melalui proses pengolahan. Penelitian kali ini akan menggunakan selulosa alami yang bersal dari batang jagung. Batang jagung dipilih karena ketika selesai panen, batang jagung akan dibakar dan terbuang sia-sia. Hagutami (2001) mengatakan bahwa batang jagung memiliki kandungan selulosa 45%, pentosa 35% dan lignin 15%. Kandungan selulosa yang terdapat pada batang jagung lebih tinggi dibandingkan dengan selulosa serabut kelapa. Hal ini dapat menjadikan batang jagung sebagai bahan utama pada pembuatan biofilter.

Data hasil emisi *ultrafine* antara penambahan serbuk biji kopi dan serbuk biji kurma sangat berbeda. Kandungan emisi *ultrafine* pada sampel biofilter dengan penambahan serbuk biji kurma nilainya lebih rendah dibandingkan dengan penambahan serbuk biji kopi. Rendahnya nilai hasil jumlah *ultrafine* berlaku pada tiap sampel dengan komposisi variasi penambahan serbuk yang sama.

Hal ini dapat disimpulkan bahwa serbuk kurma maupun serbuk kopi yang ditambahkan mampu menyatu dengan bahan lain. Pada penelitian ini, kemampuan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

serbuk biji kurma untuk bercampur pada proses penghomogenan lebih optimal dibandingkan dengan serbuk biji kopi. Hasil dari data menunjukkan bahwa serbuk biji kurma mampu menyatu dengan batang jagung maupun air perasan daun waru yang digunakan sebagai perekat. Pencampuran antar bahan menghasilkan komposit yang tingkat kepadatannya tinggi dan dapat meminimalisir emisi asap rokok yang melewatinya sehingga nilai emisi yang dihasilkan lebih rendah daripada serbuk kopi.

Variasi komposisi pada biofilter dengan penambahan serbuk kurma pada perbandingan 70%:30% nilai yang dihasilkan mengalami perbedaan yang signifikan dengan sampel lainnya. Pada variasi komposisi sampel tersebut menghasilkan nilai yang sangat tinggi dibandingkan dengan lainnya, yaitu 7.72 x $10^{25.}$ Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satu faktor utamanya adalah saat proses pencetakan sampel. Pada penelitian ini, semua sampel biofilter dicetak dengan cara manual dan di*press* dengan cara manual yaitu dengan menggunakan tangan, yang berarti bahwa tenaga digunakan tidak konstan.

Pengujian hasil emisi *ultrafine* didapatkan bahwa semakin padat membran biofilter, maka semakin sedikit nilai emisi yang dihasilkan. Jika semakin padat membran, maka semakin sedikit emisi yang mampu melewatinya. Hal ini berarti bahwa semakin padat membran biofilter, maka semakin banyak penambahan serbuk biji yang dilakukan karena serbuk yang berfungsi sebagai *filler* akan menyatu saat dilakukan proses penghomogenan pada semua matriks penyusun biofilter. Hal ini berhubungan dengan penangkapan radikal bebas pada asap rokok dengan penggunaan biofilter.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Hubungan antara emisi partikel *ultrafine* dan kandungan radikal bebas yang dihasilkan tergantung pada variasi komponen biofilter. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa seiring padatnya membran, maka semakin menurun pula kandungan radikal bebas maupun nilai emisi partikel *ultrafine.*

Proses pencetakkan biofilter merupakan salah satu faktor penting dalam pembuatan biofilter. Pada penelitian ini, proses pencetakkan menggunakan tenaga manual (tangan). Proses pencetakkan tersebut yang dapat menjadikan perbedaan porositas membran pada biofilter meskipun dengan variasi komposisi yang sama.

4.3.3 Pembahasan Hasil Pengujian SEM

Pengujian SEM yang dilakukan dengan memilih salah satu dari sampel biofilter yang menunjukkan hasil optimal pada saat pengujian ESR maupun hasil pengujian *ultrafine.* Dari kedua pengujian tersebut dipilih sampel biofilter batang jagung dengan penambahan serbuk biji kurma pada variasi 50%:50%. Sampel tersebut dipilih karena menghasilkan emisi partikel *ultrafine* yang rendah dibandingkan dengan sampel lainnya, serta pada sampel tersebut tidak ditemukan adanya deteksi jenis radikal bebas dengan alat ESR.

Ukuran *filler* berpengaruh terhadap nilai porositas biofilter. Ukuran partikel memegang peranan penting dalam menentukan kualitas ikatan material komposit. Ukuran partikel yang besar (cenderung kasar) memiliki kepadatan yang besar, namun luas permukaan kontak antar partikel menjadi kecil sehingga memungkinkan terjadinya banyak pori pada komposit. Semakin kecil ikuran partikel yang berikatan maka kualitasnya semakin baik. Semakin kecil partikel pada komposit kemungkinan terdistribusi secara merata lebih besar. Distribusi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ukuran partikel sangat menentukan kemampuan partikel dalam mengisi ruang kosong antar untuk mencapai volume terpadat dan pada akhirnya akan menentukan porositas (Tarigan dkk, 2013). Hal ini terbukti pada penelitian ini, semakin banyak penambahan serbuk biji kurma maupun serbuk biji kopi maka nilai porositas yang dihasilkan semakin kecil. Serbuk biji kopi maupun serbuk biji kurma yang ditambahkan berukuran 250 mesh, sedangkan batang jagung berukuran 30 mesh. Semakin banyak serbuk yang ditambahkan, maka komposit yang dihasilkan semakin padat.

Nilai porositas terkecil terdapat pada biofilter dengan penambahan serbuk biji kurma dengan variasi perbandingan 50%:50%. Nilai tersebut berpengaruh terhadap kemampuan emisi yang mampu melewati biofilter. Pada biofilter dengan penambahan biji kurma perbandingan 50%:50% mempuyai nilai partikel *ultrafine* terendah. Pada hasil pengujian SEM, biofilter kurma 50% memiliki rata-rata ukuran pori-pori sebesar 26850 µm.

Selain pengujian SEM, juga dilakukan pengujian SEM EDX, karena selain menampilkan bentuk permukaan sampel, EDX mampu menampilkan unsur yang terdapat pada sampel. Pada penelitian ini, unsur yang terdeteksi pada sampel adalah karbon (C), oksigen (O), silikon (Si), kalsium (Ca) dan kalium (K). Selain unsur-unsur tersebut, terdapat pula unsur yang tidak dapat terdeteksi.

Unsur yang tidak terdeteksi biasanya merupakan gabungan dari beberapa unsur maupun pengaruh dari penyimpanan sampel yang akan diuji. Sebaiknya sebelum dilakukan pengujian SEM EDX sampel disimpan dalam tempat vakum yang steril. Perlakuan tersebut dilakuan agar sampel tidak mendapat pengaruh dari

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

lingkungan. Sampel yang akan diuji pada penelitian ini tidak ditempatkan pada tempat yang steril, hal ini tentu saja berpengaruh terhadap kemampuan EDX dalam membaca data dari sampel.

Biji kurma mengandung banyak mineral, seperti natrium (Na), kalium (K), magnesium (Mg), kalsium (Ca), *ferum* atau besi (Fe), mangan (Mn), *zinc* (Zn), *cuprum* (Cu), *nickel* (Ni), *cobalt* (Co), dan *cadmium* (Cd). Ion mineral yang paling banyak terkandung pada biji kurma sama dengan yang terkandung pada buah kurma, yaitu kalium (K), magnesium (Mg), dan natrium (Na) (Ali-Mohamed dan Khamis, 2004). Hasil pengujian pada sampel biofilter dengan tambahan serbuk biji kurma yang terdapat pada data seperti pada literatur. Kandungan unsur yang terdapat pada biofilter tidak lengkap seperti literatur, hal tersebut disebabkan karena beberapa faktor. Salah satunya adalah biofilter sebelumnya telah melalui proses pembakaran. Asap rokok yang melewati biofilter bersifat mengoksidasi kandungan yang ada pada biofilter, sehingga menyebabkan kandungan alami yang terdapat pada biji kurma. Proses pembakaran rokok yang terjadi menimbulkan terdeteksinya unsur karbon (C) pada saat pengujian EDX.

Salah satu perbedaan nilai porositas dapat dilihat pada biofilter dengan penambahan serbuk biji kurma pada variasi komposisi 70%:30%. Nilai hasil *ultrafine* pada salah satu biofilter tersebut adalah 7.72×10^{24} sedangkan nilai *ultrafine* lainnya berkisar antara 1.34×10^{25} sampai 2.99×10^{25}. Dapat dikatakan bahwa porositas pada membran biofilter sangat berpengaruh terhadap nilai *ultrafine* yang dihasilkan. Perbedaan nilai porositas membran pada biofilter dikarenakan proses pencetakkannya. Prosses pencetakkan biofilter (*press*) lebih

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

baik dilakukan dengan suatu alat bantu (mesin) agar tenaga yang digunakan konstan.

4.4 Integrasi Hasil Penelitian dengan Qur'an dan Hadits

Selama ini rokok dianggap berbahaya, hal ini didukung dengan sebagian besar penelitian yang mengatakan bahwa rokok mempunyai dampak negatif terutama bagi kesehatan. Rokok berbahaya karena mempunyai kandungan radikal bebas yang terdapat pada asap saat proses pembakaran. Senyawa berbahaya dalam asap tersebut akan mengendap pada organ dalam manusia karena emisi rokok mempuyai tingkat kelembapan yang tinggi. Endapan tersebut akan bertambah seiring dengan semakin sering seseorang menghirup asap rokok. Mayoritas penyakit yang ada dalam tubuh manusia seperti penyakit jantung, kanker serta disfungsi organ disebabkan oleh akumulasi radikal bebas yang membentuk senyawa beracun dalam tubuh.

Radikal bebas merupakan suatu elektron yang tidak berpasangan. Saat seseorang menghirup asap rokok, maka elektron yang tidak berpasangan tersebut akan mencari elektron pasangannya di dalam tubuh (organ dalam) dengan cara mengikat elektron yang sudah berpasangan dan kejadian tersebut dapat mengakibatkan rusaknya jaringan serta penurunan sistem imun dalam tubuh.

Firman Allah SWT:

وَمِن كُلِّ شَيْءٍ خَلَقْنَا زَوْجَيْنِ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ﴿٤٩﴾

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Kata "*tadzakkaruun*" berarti kita harus senantiasa mengingat kekuasaan Allah dalam segala hal. Allah menciptakan segala sesuatu di muka bumi ini tidak ada yang sia-sia. Ayat di atas menjelaskan bahwa segala sesuatu di alam semesta diciptakan Allah dalam keadaan berpasang-pasangan agar diperoleh suatu keadaan yang harmonis dalam kinerja alam yang dinamis. Konsep berpasang-pasangan menjadikan antara satu dengan yang lain saling melengkapi dalam kekurangan masing-masing. Komponen-komponen yang ada secara otomatis akan saling bekerja sama untuk memperoleh keadaan stabil dan tidak saling merugikan.

Elektron yang dihasilkan oleh asap rokok merupakan jenis radikal bebas karena elektronnya tidak berpasangan. Jika keadaan ini dibiarkan begitu saja maka akan berdampak negatif bagi kesehatan, oleh karena itu diperlukan adanya antioksidan yang berfungsi sebaga pendonor elektron.

Allah menciptakan segala sesuatu yang bermanfaat di bumi ini. Radikal bebas yang terdapat pada asap rokok dapat ditangkal dengan antioksidan. Antioksidan banyak terdapat pada tumbuhan, salah satunya adalah pada buah-buahan. Firman Allah SWT:

يُنۢبِتُ لَكُم بِهِ ٱلزَّرۡعَ وَٱلزَّيۡتُونَ وَٱلنَّخِيلَ وَٱلۡأَعۡنَٰبَ وَمِن كُلِّ ٱلثَّمَرَٰتِۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَأٓيَةٗ لِّقَوۡمٖ يَتَفَكَّرُونَ ١١

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah menciptakan alam semesta beserta isinya. Tidak hanya menikmati apa yang ada, namun pada ayat tersebut secara tidak langsung menegaskan bahwa manusia harus selalu berpikir dalam kehidupannya. Manusia harus selalu berinovasi dan tidak cepat puas dengan apa yang didapat. Salah satunya seperti penggunaan bahan pada penelitian ini yang mrnggunakan bahan alami.

Kata "*yatafakkaruun*" pada ayat di atas dapat diartikan bahwa manusia diakruniai pemikiran oleh Allah SWT, berarti manusia harus senantiasa berpikir dan berinovasi. Allah menciptakan alam dan seisinya dengan beragam jenis serta manfaat. Semua ciptaan Allah di muka bumi ini tidak ada yang sia-sia.

Penelitian ini yang menggunakan bahan-bahan alami yang tersedia di alam. Pemanfaatan batang jagung serta penambahan serbuk biji kopi dan serbuk biji kurma dapat dijadikan sebagai penangkal radikal bebas maupun pengurangan emisi partikel *ultrafine*. Kandungan antioksidan dalam serbuk biji kopi maupun serbuk biji kurma bertambah efektif seiring dengan banyaknya komposisi yang ditambahkan. Sedangkan emisi berkurang seiring dengan padatnya membran dari biofilter.

Kandungan radikal bebas dan emisi *ultrafine* terendah dihasilkan oleh biofilter dengan penambahan serbuk kurma. Zat antioksidan yang terdapat pada serbuk biji kurma mampu menangkal radikal bebas yang terdapat pada asap rokok. Penambahan serbuk biji kurma pada data hasil *ultrafine* menunjukkan hasil yang rendah dibandingkan penambahan serbuk biji kopi. Hal ini terjadi karena serbuk biji kurma mampu tercampur secara optimal pada proses penghomogenan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

sehingga menghasilkan membran biofilter yang lebih padat dibandingkan penambahan dengan serbuk biji kopi.

Penambahan serbuk biji kurma pada biofilter mampu menangkal radikal bebas yang optimal dibandingkan dengan serbuk biji kopi. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.2 dan 4.3, penambahan serbuk biji kopi mampu menangkal lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas pada asap rokok, sedangkan penambahan serbuk biji kurma mampu menangkal enam dari tujuh dugaan radikal bebas pada asap rokok. Dari data hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa serbuk biji kurma lebih efektif dalam menangkal radikal bebas maupun pengurangan emisi *ultrafine* pada asap rokok.

Kurma merupakan salah satu buah yang menjadi favorit Rasulullah SAW. Rasulullah menganjurkan mengkonsumsi buah kurma di pagi hari. Hal ini terdapat pada Hadits:

مَنْ تَصَبَّحَ بِسَبْعِ تَمَرَاتٍ عَجْوَةً, لَمْ يَضُرُّهُ ذَلِكَ الْيَوْمَ سُمَّ وَلاَ سِحْرٌ

"*Barang siapa memakan tujuh butir kurma ajwah di pagi hari maka racun dan sihir tidak akan membahayakannya pada hari itu*." (HR Bukhari).

Anjuran Rasulullah SAW untuk mengkonsumsi buah kurma setiap hari sangat erat kaitannya dengan kandungan yang terdapat pada kurma. Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa terdapat senyawa-senyawa positif pada buah kurma. Kurma mempunyai kandungan phenol dan flavonoid yang sangat baik bagi manusia dan dapat menjadi antioksidan untuk menangkal radikal bebas. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan serbuk biji

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

kurma pada biofilter, maka semakin efektif menangkal radikal bebas maupun partikel *ultrafine* pada asap rokok.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Kandungan radikal bebas yang terdapat pada rokok dengan biofilter lebih rendah dibandingkan dengan rokok tanpa biofilter. Penggunaan biofilter mampu menangkap lima dari tujuh jenis dugaan radikal bebas pada asap rokok. Sedangkan emisi *ultrafine* pada rokok kretek lebih tinggi dibandingkan dengan rokok yang dipasang biofilter yaitu 4.196×10^{25} sedangkan rokok dengan biofilter memiliki rata-rata jumlah partikel 2.086×10^{25}.
2. Penambahan serbuk biji kopi dan serbuk biji kurma mampu mengurangi senyawa radikal bebas pada asap rokok dengan prosentase 71,42%. Sedangkan semakin banyak penambahan serbuk biji kopi maupun serbuk biji kurma, maka semakin sedikit emisi *ultrafine* yang dihasilkan karena semakin kecil partikel pada komposit kemungkinan terdistribusi secara merata lebih besar. Pengurangan emisi partikel dengan menggunakan biofilter mencapai 49.71%.
3. Semakin banyak bahan antioksidan yang ditambahkan, maka semakin banyak radikal bebas yang tertangkap. Dan semakin padat tekstur dari biofilter, maka semakin sedikit partikel *ultrafine* yang dapat melewati biofilter. Semakin banyak serbuk biji kopi maupun serbuk biji kurma yang ditambahkan maka hasilnya akan semakin baik, biofilter variasi 50%:50%

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

merupakan biofilter terbaik dari segi penyerapan radikal bebas, emisi *ultrafine*, maupun nilai porositas.

5.2 Saran

1. Pada saat pencetakan biofilter, pengepresan sebaiknya menggunakan tenaga konstan (menggunakan alat).
2. Perlu dilakukan uji coba pada makhluk hidup untuk mengetahui keefektifannya secara fisik

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR PUSTAKA

AAK, 1998. *Budidaya Tanaman Kopi*. Yogyakarta: Kanisius.

Abdullah, M. (2009). *Pengantar Nanosains*. Bandung: ITB.

Aditama, Tjandra Yoga. 1997. *Rokok dan Kesehatan*. Jakarta: UI Press.

Albert, B., D. Bray, J., Lewis M Raf, K., Roberts, J.D. Watson. 1994. *Molecular Biology of The Cell 3rd ed*. New York: Garland Publish inc.

Al Sahib, Walid, Richard, J. Marshall. 2003. *The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future. International Journal of Food Sciences and Nutrition*. London, p:24-259.

Alsahwa, A. 2008. *Hygroscopicity of Mixed Inorgani/Surfactant Ultrafine Aerosol Particle*. Proques, Disertation and Theses: 18-24.

Anggraini, Ni Kadek Nova. 2012. *Pendeteksian Radikal Bebas pada Asap Rokok dengan Menggunakan Electron Spin Resonance (ESR) Leybold Heracus.* Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.

Arief, Sjamsul. 2010. *Radikal Bebas*. Surabaya: FK Unair.

Atkins. 1999. *Kimia Fisika*. Erlangga. Jakarta.

Aula, L.E. 2010.*Stop Merokok*. Jogjakarta: Graha Ilmu.

Baker, Glynn R.C., et al., 2006. *Altered Tear Composition in Smokers and Patients with Graves Ophthalmopathy.* Arch Opht Halmol 124: 1452.

Best, B. 2007. *Free Radical-General Antioxidant Actions*. Available from: www.//http.GeneralAntioxidantActions.html. Accesed: 2017.

Brinkman, M.C., s. m. Gordon dan P.A. Richter. 2010. *Does Smoking Menthol Cigarettes Result in Higher Exposures to Ultrafine Particles?.* Centers for Desease Control and Prevention.

Borgerding, M. dan H. Klus. 2005. *Analysis of complex mixtures – Cigarette smoke*. Experimental and Toxicologic Pathology 57 (2005) : 43–73.

Callister, William D. 2007. *Material Science and Engineering An Introduction*. New York: John Wiley and Sons, Inc.

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

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 KelapaTerhadap Emisi Partikel Ultrafine Asap Mainstream Rokok.* Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.

Fierro, M. (2000). *Particulate Matter*. 1-11.

Fisher, P. 1999. *Cigarette Manufacture-Tobacco Blending-Tobacco Production*. Chemistry and Technology Blackwell Science. 52:346.

Gretha Z, Sutiman BS. 2011. *Kretek Rokok Sehat Masyarakat Bangga Produk Indonesian (MBPI)*. Malang: Universitas Brawijaya.

Hagutami, Y. 2001. *Budidaya Jamur Merang*. Cianjur: Yapentra Hagutani.

Halliwell B, Gutteridge J. M.C. 1999. Free Radicals, Reactive Species and Toxicology. Dalam: Free radicals in biology and medicine Third edition. New York: Oxford University Press: 547-550.

Halliwell, B. & Whiteman, M. 2004. *Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what do the results mean?*. Br J Pharmacol, 142, 231-55.

Hart, Harold. 2004. *Kimia Organik; Suatu Kuliah Singkat*. Jakarta: Erlangga.

Idrus, Ahmad Ziyad. B. 2010. *Biofilter Aplication for Leachate Treatmen. Undergraduate Theses*. Kuala Lumpur: Universiti Teknologi Malaysia.

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.

Krik, R.E dan D.F. Othmer. 1993. *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*. New York: Interscience Publisher.

Klemm, D. 1998. *Comprehensive Cellulose Chemistry*. Volume I. New York: Wiley-VCH.

Kumalaningsih, Sri. 2007. *Antioksidan Alami Penangkal Radikal Bebas*. Surabaya: Trubus Agrisarana.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lehninger, A.L. 1993. *Dasar - dasar Biokimia*. Jakarta: Erlangga.

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

Macomber, S. A Song, C., Woodcock, C. E., Seto, K. C., Lenney, M. P. (2001). *Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects?*. Remote Sensing of Environment Journal. Vol. 75 p230-244.

Mediastika, C. E. 2002. *Memanfaatkan Tanaman untuk Mengurangi Polusi Partikulate Matter ke dalam Bangunan*. Dimensi Teknik Arsitektur. Jurnal: Vol 30 159-166.

Miller, J.N. 2001. *Statistika untuk Kimia Analitik.* Bandung: ITB.

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.

Norman, V. 1977. *An Overview of The Vapor Phase, Semivolatille and Vovolatille Components of Cigarette Smoke*. Rec Advan Tob Sci 3: 28-58.

Pandev, S. K. 2010. A *review of Enviromental Tobacco Smoke and its Determination in Air*. Trends in Analytical Chemistry 29: 8.

Pappas, R. S., G. M. P, L. Zhang, C. H. Watson, D. C. Paschal dan D. L. Ashley. 2005. *Cadmium, lead, and thallium in mainstream tobacco smoke particulate*. Food and Chemical Toxicology. 44: 714-723.

Percival DB dan Walden AT. 2000. *Wavelet Methods for Time Series Analysis*.. Cambridge United Kingdom: Cambridge University Press.

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

Pham - Huy L.A.P, He H, Pham – Huy C. 2008. *Free Radicals, Antioxidants in Diseasa and Health.*Int J Biomed Sci 4:89 -96.

Pravitasari. 2009. *Efek Ekstrak Buah Kurma terhadap Peningkatan Kadar Hemoglobin Darah Secara in Vitro pada Tikus Putih Jantan*. Jurnal: Universitas Airlangga Surabaya.

Purnamasari, D., 2009. *Diagnosis dan Klasifikasi Diabetes Mellitus*. In: Sudoyo, A.W., Setiyohadi, B., Alwi, I., K. Simardibrata M., Setiati, S. Ilmu Penyakit Dalam Jilid III. 5thed. Jakarta: InternaPublishing, 1880-1883.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

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.

Rahmatullah, P. 2006. *Penyakit Paru Lingkungan –Kerja*. Semarang: Bagian Penyakit Dalam FK UNDIP.

Rima A, Suradi, Surjanti E, dan Yunus F. *Korelasi antara Jumlah Makrofag Neitrophil dan Kadar Enzim Matrix Metallaproteinase MMP)-9 pada Cairan Kurasan Bronkial Perokok*. Surakarta: J Respir Indo. 2007:27:3.

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.

Rossidy, I. 2008. *Fenomena Flora dan Fauna dalam Perspektif Al-quran*. Malang: UIN Malang Pres

Satuhu, S. 2010. *Kurma, Kasiat dan Olahannya*. Jakarta: Penebar Swadaya.

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

Sheila, Soraya. 2011. *Pengaruh Merokok Terhadap Viskositas Darah Melalui Pemeriksaan Hematokrit*. Skripsi. Jember: Universitas Negeri Jember.

Shihab, M. Quraish. 2001. *Tafsir Al-Mishbah. Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jilid 4. Jakarta: Lentera Hati.

Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al-Mishbah. Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jilid 6. Jakarta: Lentera Hati.

Sianturi, G., 2003. *Merokok dan Kesehatan*. Available from: http://aguscoy.wordpress.com. Accessed: 2017.

Sitepoe, M, 1997. *Usaha Mencegah Bahaya Merokok*. Cetakan I. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia.

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

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.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Syamsuhidayat, S.S dan Hutapea, J.R. 1991. *Inventaris Tanaman Obat Indonesia* edisi kedua. Departemen Kesehatan RI: Jakarta.

Tandra, Hans. 2003. *Segala Sesuatu yang Harus Anda Ketahui Tentang Diabetes*. Jakarta: Gramedia.

Triswanto, Sugeng D. 2007. *Stop Smoking*. Jakarta : Progresif Books.

USDA. 2002. *Plants Profile for Coffea Arabica L.* Department of Agriculture: United States.

Wachjar, Ade. 1984. *Laporan pengaruh perlakuan beberapa senyawa kimia terhadap perkecambahan dan tumbuhan bibit kopi robusta (Coffea canephora pierre ex frochner)*. Bogor: IPB.

Winarsi, 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Yogyakarta: Kanisius.

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LAMPIRAN

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LAMPIRAN 1

Data Hasil Perhitungan Ultrafine

Biofilter			Masssa Sebelum Dipapari	Massa Sesudah Dipapari	Massa Total Partikel	Kecepatan Alir
Jakop	10%	1	0.6143	0.6147	0.0004	6.74
		2	0.4431	0.4432	0.0001	5.76
		3	0.4001	0.4003	0.0002	5.69
	Σ		0.485833333	0.486066667	0.000233333	6.063333
	20%	1	0.55	0.5504	0.0004	6.03
		2	0.4764	0.4767	0.0003	6.32
		3	0.5248	0.5256	0.0008	5.43
	Σ		0.517066667	0.517566667	0.0005	5.926667
	30%	1	0.4821	0.4829	0.0008	6.01
		2	0.7783	0.7786	0.0003	5.6
		3	0.4813	0.4819	0.0006	5.86
	Σ		0.580566667	0.581133333	0.000566667	5.823333
	40%	1	0.4266	0.427	0.0004	5.49
		2	0.5316	0.5318	0.0002	6.72
		3	0.3696	0.3708	0.0016	4.56
	Σ		0.4426	0.4432	0.000733333	5.59
	50%	1	0.5265	0.5266	0.0001	5.71
		2	0.5648	0.5649	0.0001	5.5
		3	0.5188	0.5194	0.0006	5.35
	Σ		0.5367	0.536966667	0.000266667	5.52
Jakur	10%	1	0.5528	0.5529	0.0001	5.51
		2	0.5548	0.5553	0.0005	6.2
		3	0.6144	0.6151	0.0007	6.79
	Σ		0.574	0.574433333	0.000433333	6.166667
	20%	1	0.471	0.4713	0.0003	5.45
		2	0.4178	0.418	0.0002	4.11
		3	0.6853	0.6856	0.0003	4.64
	Σ		0.5247	0.524966667	0.000266667	4.733333
	30%	1	0.5296	0.5299	0.0003	5.33
		2	0.5573	0.5577	0.0004	5.12
		3	0.537	0.5376	0.0006	5.86

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

	Σ		0.5413	0.541733333	0.000433333	5.436667
	40%	1	0.4546	0.4549	0.0003	3.64
		2	0.4681	0.4685	0.0004	4.76
		3	0.4763	0.4766	0.0003	3.56
	Σ		0.466333333	0.466666667	0.000333333	3.986667
	50%	1	0.4498	0.4503	0.0005	3.57
		2	0.5409	0.5414	0.0005	3.381
		3	0.7579	0.7583	0.0004	3.03
	Σ		0.582866667	0.583333333	0.000466667	3.327

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LAMPIRAN 2

Tabel Hasil Perhitungan ESR

Sampel		Frekuensi (Hz)	Arus (I)	Medan Magnet (T)	Faktor g*	Faktor g	Radikal Bebas
Kontrol DPPH		34600000	0.297	0.00118	2.09817		-
Serbuk	Uji						
Kopi 10%	1	33700000	0.297	0.00118	2.04359	1.83242	-
	2	34000000	0.276	0.00109	2.21866	1.9894	-
	3	33400000	0.289	0.00115	2.08147	1.86638	Hidroperoksida
Kopi 20%	1	34600000	0.297	0.00118	2.09817	1.88136	-
	2	34000000	0.276	0.00109	2.21866	1.9894	-
	3	33500000	0.29	0.00115	2.0805	1.86552	Hidroperoksida
Kopi 30%	1	33800000	0.288	0.00114	2.11371	1.89529	-
	2	34500000	0.28	0.00111	2.21913	1.98982	-
	3	33600000	0.292	0.00116	2.07242	1.85827	Hidroperoksida
Kopi 40%	1	34000000	0.288	0.00114	2.12622	1.90651	-
	2	33400000	0.292	0.00116	2.06008	1.84721	-
	3	34700000	0.281	0.00111	2.22405	1.99423	-
Kopi 50%	1	33700000	0.297	0.00118	2.04359	1.83242	-
	2	34000000	0.276	0.00109	2.21866	1.9894	-
	3	33400000	0.289	0.00115	2.08147	1.86638	-

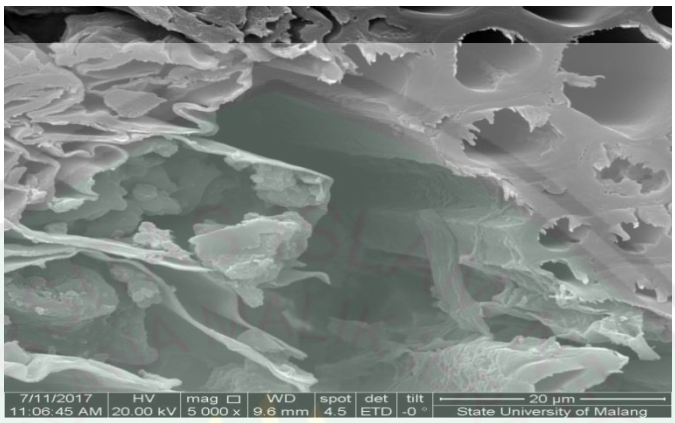
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Sampel		Frekuensi (Hz)	Arus (I)	Medan Magnet (T)	Faktor g*	Faktor g	Radikal Bebas
Kontrol DPPH		34600000	0.297	0.00118	2.09817		-
Serbuk	Uji						
Kurma 10%	1	33900000	0.283	0.00112	2.15742	1.93448	-
	2	34000000	0.276	0.00109	2.21866	1.9894	Hidroperoksida
	3	34000000	0.293	0.00116	2.08993	1.87397	-
Kurma 20%	1	33700000	0.292	0.00116	2.07859	1.8638	-
	2	33500000	0.285	0.00113	2.117	1.89824	-
	3	34500000	0.28	0.00111	2.21913	1.98982	Hidroperoksida
Kurma 30%	1	34500000	0.275	0.00109	2.25948	2.02599	Peroksi
	2	33500000	0.285	0.00113	2.117	1.89824	-
	3	34000000	0.277	0.0011	2.21065	1.98222	Hidroperoksida
Kurma 40%	1	33400000	0.28	0.00111	2.14837	1.92637	-
	2	33600000	0.291	0.00115	2.07954	1.86465	-
	3	33900000	0.297	0.00118	2.05572	1.8433	-
Kurma 50%	1	33600000	0.296	0.00117	2.04441	1.83316	-
	2	33700000	0.297	0.00118	2.04359	1.83242	-
	3	33800000	0.297	0.00118	2.04966	1.83786	-

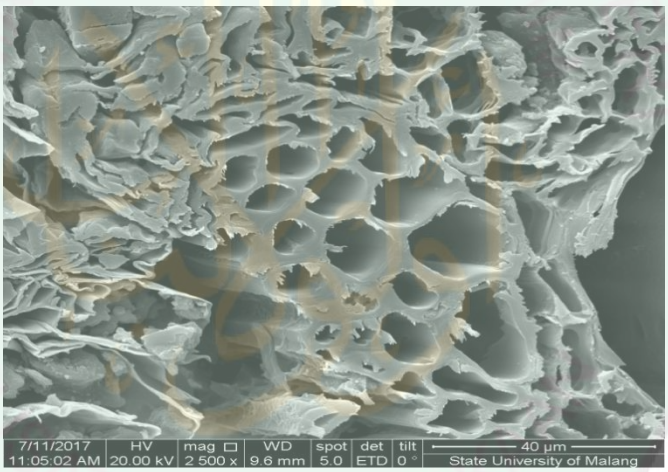
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LAMPIRAN 3

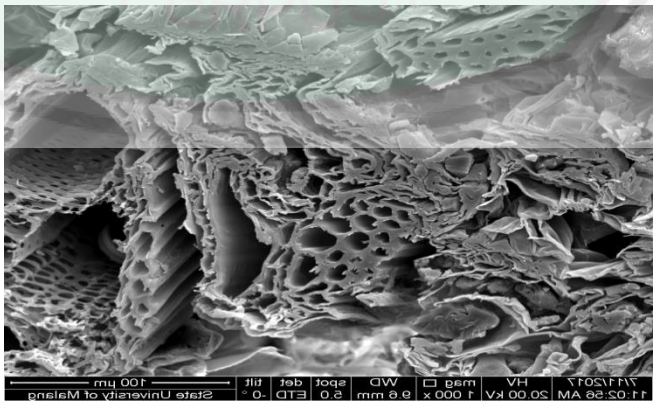
Hasil Pengujian SEM



Perbesaran 5000 kali

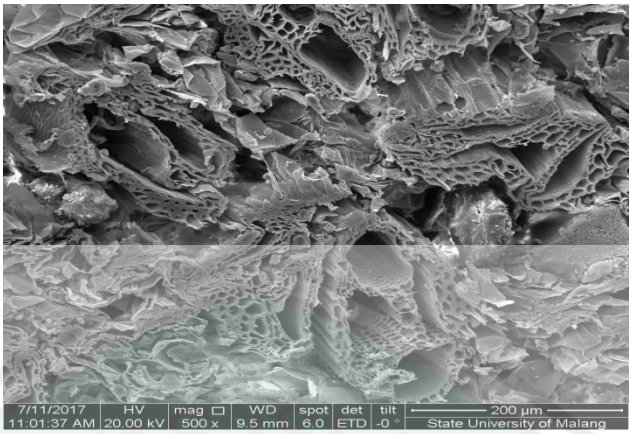


Perbesaran 2500 kali

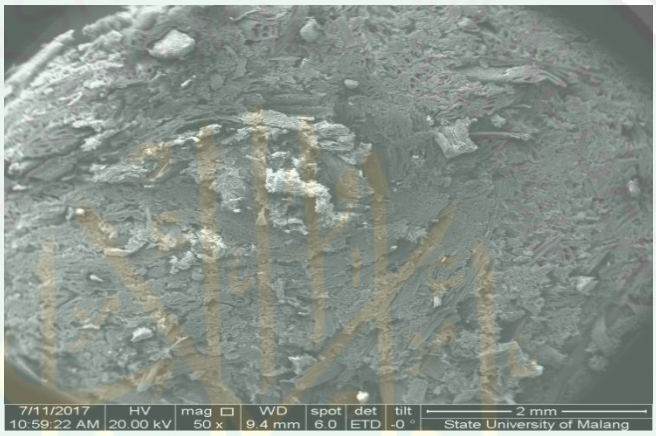


Perbesaran 1000 kali

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Perbesaran 500 kali

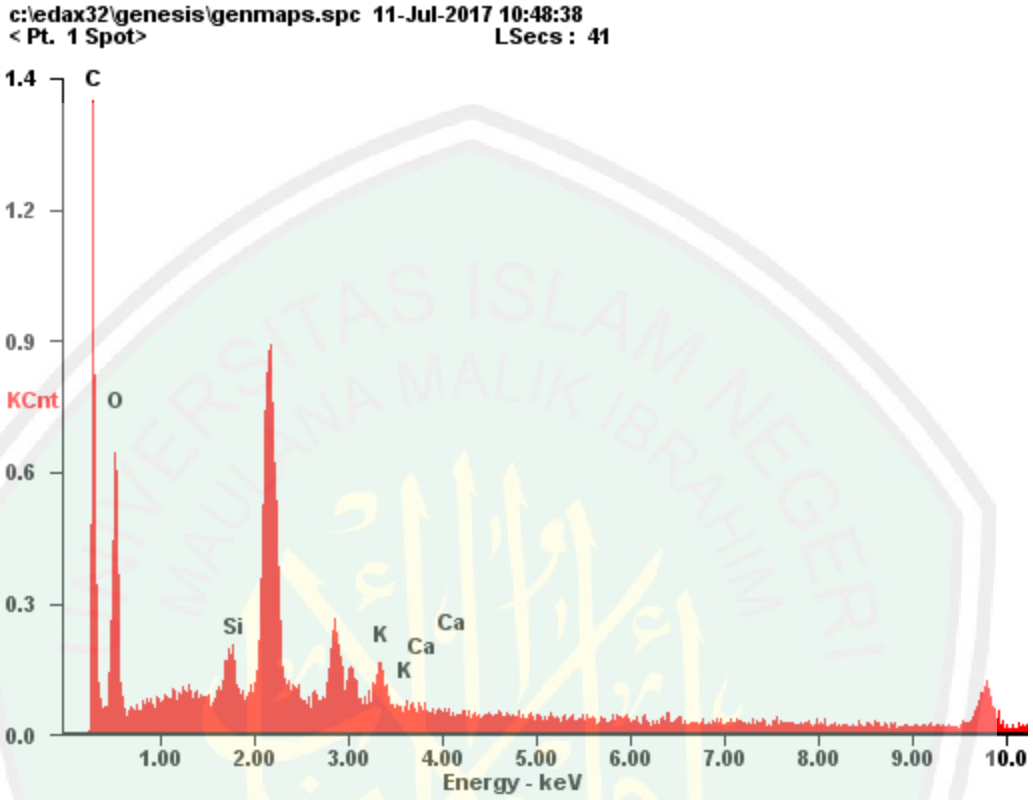


Perbesaran 50 kali

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LAMPIRAN 4

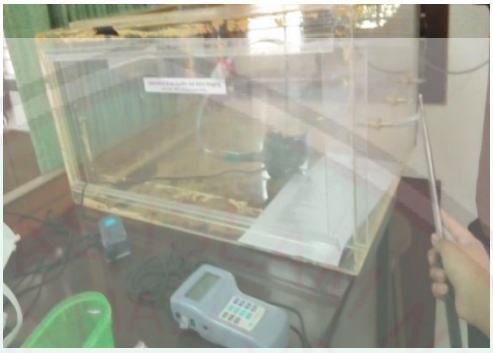
Data Hasil Pengujian SEM EDX



CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LAMPIRAN 5

Dokumentasi Kegiatan



Pengujian *Ultrafine*

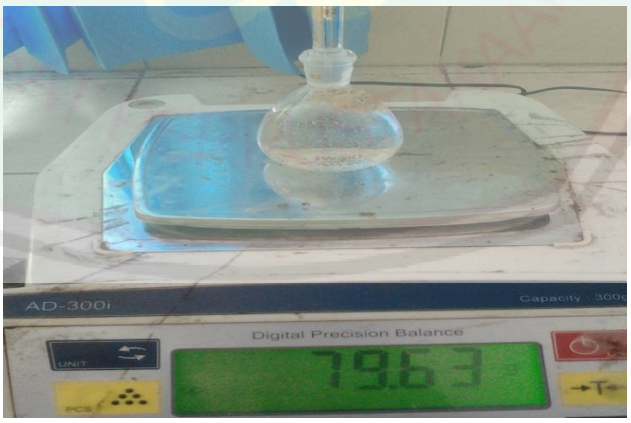
Pengujian ESR

Kurva ESR

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Proses Pembuatan Biofilter

Proses Pengovenan Biofilter



Proses Pengukuran Porositas Membran

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG