PEMBUATAN BIOFILTER SERBUK BIJI JINTAN HITAM (*Nigella sativa)* DAN KAYU SIWAK (*Salvadora persica*) UNTUK MENANGKAL RADIKAL BEBAS ASAP ROKOK

SKRIPSI

Oleh:
AULIA EKA RAHMA
NIM. 11640042

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016

PEMBUATAN BIOFILTER SERBUK BIJI JINTAN HITAM (*Nigella sativa*) DAN KAYU SIWAK (*Salvadora persica*) UNTUK MENANGKAL 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:
AULIA EKA RAHMA
NIM. 11640042

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2016

HALAMAN PERSETUJUAN

PEMBUATAN BIOFILTER SERBUK BIJI JINTAN HITAM (*Nigella sativa*) DAN KAYU SIWAK (*Salvadora persica*) UNTUK MENANGKAL RADIKAL BEBAS ASAP ROKOK

SKRIPSI

Oleh:
AULIA EKA RAHMA
NIM. 11640042

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 29 Desember 2015

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Ahmad Abtokhi, M.Pd	Dr. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes
NIP. 19761003 200312 1 004	NIP.19750808 199903 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

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

HALAMAN PENGESAHAN

PEMBUATAN BIOFILTER SERBUK BIJI JINTAN HITAM (*Nigella sativa*) DAN KAYU SIWAK (*Salvadora persica*) UNTUK MENANGKAL RADIKAL BEBAS ASAP ROKOK

SKRIPSI

Oleh:
AULIA EKA RAHMA
NIM. 11640042

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 6 Januari 2016

Penguji Utama:	Erna Hastuti, M.Si NIP. 19811119 2008012009	
Ketua Penguji:	dr. Avin Ainur F NIP. 19800203 200912 2 002	
Sekretaris Penguji:	Ahmad Abtokhi, M.Pd NIP.19761003 200312 1 004	
Anggota Penguji:	Dr. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes NIP.19750808 199903 1 003	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 2008012009

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	AULIA EKA RAHMA
NIM	:	11640042
Jurusan	:	FISIKA
Fakultas	:	SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian	:	Pembuatan Biofilter Serbuk Biji Jintan Hitam (*Nigella sativa*) Dan Kayu siwak (*Salvadora persica*) Untuk Menangkal Radikal Bebas Asap Rokok

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 29 Desember 2015

Yang Membuat Pernyataan,

AULIA EKA RAHMA

NIM. 11640042

MOTTO

"Keberhasilan adalah sebuah proses. Niatmu adalah awal keberhasilanmu. Peluh keringatmu adalah penyedapnya.Tetesan air matamu adalah pewarnanya. Doamu dan doa-doa orang disekitarmu adalah bara api yang mematangkannya. Kegagalan di setiap langkahmu adalah pengawetnya. Maka dari itu, bersabarlah! Allah selalu menyertai orang-orang yang penuh kesabaran dalam proses menuju keberhasilan. Sesungguhnya kesabaran akan membuatmu mengerti bagaimana cara mensyukuri arti sebuah keberhasilan."

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

HALAMAN PERSEMBAHAN

Allah Swt
Segala puji hanya milik-Mu, Tuhan semesta alam dan seisinya,
yang telah memberi kesempatan mencari bekal untuk dunia dan akhiratku di UIN Malang.
Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan,
akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan
Semoga hamba - Mu ini selalu dijalan yang Engkau Tunjuki dan Engkau Ridhoi..

Rasulullah Muhammad Saw
Yang menjadi Suri Tauladan dalam setiap Kehidupan,
Shalawat dan Salam senantiasa tercurahkan kepada Beliau
Semoga kita semua mendapatkan Syafa'atnya di Hari Akhir nanti..

Untuk kedua orang tuaku,
Abah Abdur Rohim dan Ibu Estutik Rahmawati
Yang telah memberikan semangat moril dan materil selama 4 tahun perkuliahanku
Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga
kupersembahkan karya kecil ini kepada Abah dan Ibu

Untuk suami yang tercinta,
Mas Kuswantono
Terimakasih atas segala cinta, kasih sayang, dukungan,
dan nasehat yang tiada terhingga

Bapak Ibu guru dan Dosen-dosen
Yang telah memberikanku ilmu dan pengalaman yang sangat berharga untuk hidupku di dunia dan akhirat

Untuk semua orang terkasih,
Keluarga, saudara, teman dan sahabat yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikumWr. Wb

Alhamdulillaahirabbil'aalamiin, segala puji bagi Allah Swt yang senantiasa memberikan taufik, rahmat, dan hidayah-Nya pada kehidupan manusia, khususnya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul **"Pembuatan Biofilter Serbuk Biji Jintan Hitam (*Nigella sativa*) Dan Kayu siwak (*Salvadora persica*) Untuk Menangkal Radikal Bebas Asap Rokok''** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si). Shalawat serta salam semoga tetap terlimpahkan kepada Nabi Muhammad Saw, keluarga, sahabat, serta pengikutnya sebagai penuntun umat seluruh alam kepada cahaya ilmu.

Kepada semua pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Dengan ketulusan hati, iringan doa, dan ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah selaku Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku dosen pembimbing I yang dengan sabar senantiasa membimbing dan mengarahkan penulisan skripsi ini.

5. DR. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan agama pada penulisan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Fisika yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan dan informasi yang berhubungan dengan penulisan skripsi ini.
7. Seluruh Staf Admin yang telah membantu kepentingan administrasi dan seluruh Laboran Fisika yang telah memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian.
8. Suami dan Orangtua tercinta serta segenap keluarga yang selalu mendoakan, memberi kepercayaan dan memberikan motivasi kepada penulis dalam menuntut ilmu.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penulisan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Malang, 29 Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMANPENGAJUAN 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
BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 9
1.3 Tujuan Penelitian 9
1.4 Manfaat Penelitian 9
1.5 Batasan Masalah 10
BAB II KAJIAN PUSTAKA
2.1 Radikal Bebas Asap Rokok 11
2.1.1 Radikal Bebas 11
2.1.2 Asap Rokok 12
2.2 Antioksidan 14
2.3 Mekanisme Kerja Antioksidan 16
2.4 Klasifikasi Antioksidan 17
2.5 Reaksi Destruktif Antioksidan.. 19
2.6 Biji Jintan Hitam (*Nigella sativa*) 20
2.7 Antioksidan Biji Jintan Hitam (*Nigella sativa*) 21
2.8 Hadist Rasulullah Tentang Jintan Hitam 23
2.9 Siwak (*Salvadora persica*) 25
2.10 Klasifikasi Tanaman Siwak (*Salvadora persica*) 26
2.11 Komponen Siwak 26
2.12 Hadist Rasulullah Tentang Siwak 27
2.13 Komposit 28
2.14 Matriks Biofilter 28
2.14.1 PEG (*Polyethilen Glicol*) 28
2.14.2 Daun Waru (*Hibiscus tiliaceus*) 29
2.15 Biofilter 32
2.16 ESR (*Electron Spin Resonance*) 33
2.17 SEM (*Scanning Electron* Microscopy) 36
2.18 FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*) 37

BAB III METODOLOGI PENELITIAN
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 38
3.2 Jenis Penelitian 38
3.3 Alat Dan Bahan 38
3.3.1 Alat 38
3.3.2 Bahan 39
3.4 Rancangan Penelitian 40
3.4.1 Pembuatan Biofilter 40
3.4.2 Perlakuan 41
3.5 Langkah Penelitian 41
3.5.1 Pembuatan Biofilter 41
3.5.2 Pembuatan Matriks Daun Waru 42
3.5.3 Perlakuan 42
3.5.4 Teknik Pengambilan Data 44
3.6 Pengambilan Data 48
3.7 Teknik Analisis Data 49
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN
4.1 Data Hasil Penelitian 50
4.1.1 Pembuatan Biofilter 50
4.1.2 Pengujian ESR (*Electron Spin Resonance*) 51
4.1.3 Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*) 53
4.1.4 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) 56
4.1.4 Pengujian Kerapatan Dan Porositas 59
4.2 Pembahasan 60
BAB V PENUTUP
5.1 Kesimpulan 73
5.2 Saran …… 74
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Biji Jintan Hitam	20
Gambar 2.2	Daun Waru (*Hibiscus tiliaceus*)	30
Gambar 3.1	Diagram Alir Pembuatan Biofilter	40
Gambar 3.2	Diagram Alir Perlakuan Penelitian.....	41
Gambar 4.1	Perbandingan nilai porositas biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks PEG dan daun waru	54
Gambar 4.2	Hasil uji SEM biofilter perbandingan (7:3) dengan matriks daun waru perbesaran 1000 kali	58
Gambar 4.3	Hasil uji SEM biofilter perbandingan (7:3)	
Gambar 4.4	Perbandingan nilai kerapatan biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks PEG dan daun waru.....	60
Gambar 4.5	Perbandingan nilai porositas biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks PEG dan daun waru	60
Gambar 4.6	Gugus fungsi thymoquinone.....	62
Gambar 4.7	Reaksi penjeratan radikal peroxy oleh antioksidan thymoquinone.....	64
Gambar 4.8	Reaksi resonansi radikal thymoquinone.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai faktor-g untuk beberap jenis radikal bebas 35
Tabel 3.1 Nilai faktor-g.....46
Tabel 3.6.1 Data pengukuran radikal bebas biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks PEG 48
Tabel 3.6.2 Data pengukuran radikal bebas biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks daun waru 48
Tabel 4.1 Jenis radikal bebas yang terdeteksi dalam rokok kretek 52
Tabel 4.2 Pengujian radikal bebas oleh biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks daun waru 53
Tabel 4.3 Pengujian radikal bebas oleh biofilter serbuk biji Jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks PEG 53
Tabel 4.4 Gugus fungsi yang terbentuk pada biofilter dengan matriks daun waru perbandingan (7:3) sebelum di uji ESR.....55
Tabel 4.5 Gugus fungsi yang terbentuk pada biofilter dengan matriks daun waru perbandingan (7:3) setelah di uji ESR.....55
Tabel 4.6 Hasil uji kerapatan dan porositas biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks daun waru dan PEG 59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Penyerapan Radikal Bebas
Lampiran 2 Gambar Resonansi Uji ESR (*Electron Spin Resonance*)
Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM
PUSAT PERPUSTAKAAN

ABSTRAK

Rahma, Aulia Eka. 2016. **Pembuatan Biofilter Serbuk Biji Jintan Hitam (*Nigella sativa*) Dan Kayu Siwak (*Salvadora persica*) Untuk Menangkal Radikal Bebas Asap Rokok**. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Ahmad Abtokhi, M.Pd (II) Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes

---

Kata kunci: Biofilter. Jintan Hitam, Kayu Siwak. Radikal Bebas

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi biofilter berbahan komposit serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak terhadap kemampuan menghambat radikal bebas asap rokok dan mengetahui karakteristik fisis kerapatan dan porositas biofilter berbahan komposit serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan sampel berupa biofilter sejumlah 24 biji berbahan serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak. Perbandingan variasi massa (10:0), (7:3), (5:5) dan (0:10) masing-masing sebanyak 0.8 gr. Diharapkan penelitian ini bisa lebih maksimal untuk menangkal radikal bebas asap rokok. Untuk mengetahui radikal bebas yang tertangkap dilakukan pengujian ESR (*Electron Spin Resonance*), uji FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*), pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*), dan uji karakteristik fisis kerapatan dan porositas biofilter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dapat menangkal radikal bebas asap rokok pada perbandingan massa (7:3), yaitu dengan komposisi serbuk biji jintan hitam sebanyak 0.5 gr dan serbuk kayu siwak sebanyak 0.3 gr menggunakan matriks daun waru. Biofilter dapat menangkap 6 jenis asap rokok yaitu Hidroperoksida, CO_2^-, C, Peroxy, O_2^- dan $CuGeO_3$. Penggunaan biji jintan hitam sebagai bahan untuk membuat biofilter sangat efektif karena mengandung senyawa thymoquinone dan senyawa tersebut bersifat sebagai antioksidan. Begitu juga dengan matriks yang berasal dari material hayati yakni daun waru yang mengandung senyawa alkaloid dan saponin sehingga dapat berperan aktif dalam menangkal radikal bebas asap rokok.

ABSTRACT

Rahma, Aulia Eka. 2016. **Making of Biofilter with Black Seeds Powder (*Nigella sativa*) and wood Siwak (*Salvadora persica*) To Prevent Free Radicals Cigarette Smoke**. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Lecturer : (I) Ahmad Abtokhi, M.Pd (II) Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes

Key words: Biofilter, Black Seeds, wood Siwak, Free Radicals

The research aimed to find out the effect variations of biofilter composition made of black cumin seeds powder composite and wood Siwak to inhibit ability smoke free radicals and find out the density physical characteristics and biofilter porosity made of black cumin seed powder composite and wood siwak. This research used experimental method with a sample of biofilter amount 24 seeds made of black caraway seed powder and wood siwak. Comparison of the mass variation (10:0), (7:3), (5:5) and (0:10) each as much as 0.8 grams. This research is expected to be more leverage to ward off smoke free radicals.to find out the free radicals that caught tested using ESR (*electron spin resonance*), FTIR (*fourier transform infra-red*), SEM (*scanning electron microscopy*), and the density physical characteristics and biofilter porosity. The results showed that the biofilter black caraway seed powder and wood siwak usage can ward smoke free radicals the mass comparison (7:3), used black cumin seed powder composition as much as 0.5 grams and wood siwak powder as much as 0.3 grams using matrix hibiscus leaves. Biofilter can catch 6 types of cigarette smoke that hydroperoxide, CO2-, C, Peroxy, O_2^- and CuGeO3. Black caraway seed usage as made of biofilter is very effective because it contains compounds of thymoquinone and the compounds of act as antioxidants. Likewise with matrix derived from biological material is hibiscus leaves that contain alkaloids and saponins so that it can play an active role in counteracting free radicals smoke.

مستخلص البحث

رحمة، أوليا إيكا. 2016. صناعة بذور الكمون الأسود المسحوق مرشح بيولوجى (حبة البركة) و السواك الخشب (أراك) على درء الدخان الجذور الحرة. البحث. قسم الفيزياء . الكلية العلومية والتكنولوجيا. الجامعة الحكومية الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف (1) أحمد أبطاخى الماجستير (2) دوكتور الحج أكوس موليانا الماجستير

الكلمات الرئيسية: مرشح بيولوجى، الكمون الأسود، السواك الخشب، الجذور الحرة

وتهدف هذه الدراسة إلى تحديد التأثير الاختلافات في تركيب مرشح بيولوجى المصنوعة بذور الكمون الأسود المسحوق المركب و السواك الخشب إلى القدرة على تثبط الدخان الجذور الحرة و تحديد الخصائص الفيزيائية للكثافة و مسامية مرشح بيولوجى المصنوعة بذور الكمون الأسود المسحوق المركب و السواك الخشب. يستخدم هذا البحث المنهج التجريبي مع عينة من مرشح بيولوجى عدد 24 بذرة المصنوعة بذور الكمون الأسود المسحوق و السواك الخشب. مقارنة الاختلاف الشامل (10:0), (7:3), (5:5) و (0:10) كل بقدر 0.8 غرام. ويمكن توقع هذا البحث أن الحد الأقصى لدرء الدخان الجذور الحرة. لتحديد الجذور الحرة اشتعلت الاختبارات ESR (الإلكترون تدور الرنين)، FTIR (تحويل فورييه الأشعة تحت الحمراء)، SEM (المجهر الإلكتروني)، والاختبار الخصائص الفيزيائية للكثافة و مسامية مرشح بيولوجى. أظهرت النتائج أن استخدام بذور الكمون الأسود المسحوق مرشح بيولوجى و السواك الخشب يمكن درء الدخان الجذور الحرة نسبة جماهيرية (7:3)، وهي تركيبة بذور الكمون الأسود المسحوق بقدر 0.5 غرام و السواك الخشب المسحوق 0.3 غرام باستخدام مصفوفة أوراق الكركديه. مرشح بيولوجى يمكن التقاط 6 أنواع من الدخان هي هيدرو بيروكسيد ,C ,CO2- البروكسي O_2^- و $CuGeO_3$. استعمال بذور الكمون الأسود كمادة لصنع مرشح بيولوجى هي فعالة جدا لأنه يحتوي على مركبات تيموقوينون و ذلك المركبات بدور مضاد للأكسدة. وبالمثل مع مصفوفة المستمدة من المواد البيولوجية هي أوراق الكركديه التي تحتوي على قلويدات والصابونين بحيث يمكن أن تلعب دورا نشطا في درء الدخان الجذور الحرة.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rokok merupaan salah satu penyebab penyakit utama di dunia dan merupakan satu-satunya produk legal yang menyebabkan penyakit kronis hingga setengah penggunanya. Kebiasaan merokok sedikitnya menyebabkan 30 jenis penyakit pada manusia. Tetapi pada kenyataannya kebiasaan merokok ini sulit dihilangkan dan jarang diakui orang sebagai suatu kebiasaan buruk. Apalagi orang yang merokok untuk mengalihkan diri dari stress dan tekanan emosi, lebih sulit melepaskan kebiasaan ini dibandingkan perokok yang tidak memiliki latar belakang depresi. Bagi seorang perokok kebiasaan merokok sulit dihentikan karena merokok sudah menjadi kebutuhan hidupnya (punya kenikmatan sendiri saat merokok).

Konsumsi rokok di Indonesia mencapai 215 miliyar batang per tahun. Di indonesia ada 60% perokok, 59% diantaranya adalah laki laki dan 37% perempuan. Di Indonesia tembakau ditambah cengkeh dan bahan-bahan lain dicampur untuk dibuat rokok kretek. Selain kretek tembakau juga dapat digunakan sebagai rokok linting, rokok putih, cerutu, rokok pipa dan tambakau tanpa asap (tembakau kunyah), silinder dari kertas berukuran panjang antara 70-120 mm dengan diameter 10 mm yang berisi daun-daun tembakau yang telah di cacah. Rokok dibakar disalah satu ujungnya dan dibiarkan membara agar asapnya dihirup melalui mulut pada ujung lain. Bahan dasar rokok adalah tembakau. Tembakau terdiri dari berbagai bahan kimia yang dapat membuat seseorang

ketagihan, walaupun mereka tidak ingin mencobanya lagi. Beberapa bahan bahkan begitu beracun sehingga beberapa pabrik “rokok” besar biasanya akan memiliki standar yang tinggi untuk membuang bahan-bahan beracun yang sangat berbahaya tersebut, jumlah perokok di Indonesia menduduki peringkat ketiga tertinggi di dunia. Jumlah perokok di negara-negara berkembang jauh lebih banyak dibanding jumlah perokok di negara maju (Hasbihtc, 2011).

Rokok merupakan sumber penyebab dari berbagai penyakit. Sebagaimana kita ketahui di dalam asap sebatang rokok yang dihisap oleh perokok, tidak kurang dari 4000 zat kimia yang beracun dan setidaknya 200 antaranya berbahaya bagi kesehatan. Zat kimia yang dikeluarkan ini terdiri dari komponen gas (85 persen) dan partikel. Racun utama pada rokok adalah (1) Tar yang bersifat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker) (2) Nikotin suatu bahan adiktif yang dapat membuat orang menjadi ketagihan, menimbulkan ketergantungan dan toleransi (memerlukan jumlah yang semakin bertambah) dan gejala-gejala ketagihan apabila berhenti merokok (3) karbon monoksida (Note-way, 2013).

Tidak semua produk rokok merugikan bagi tubuh, penelitian yang dilakukan oleh Prof. Sutiman BS dan Dr. Gretha Z menunjukkan bahwa tembakau pada rokok kretek mampu menjadi antitoksik bagi tubuh manusia dengan penambahan filter khusus (filter dengan tambahan *scavanger*), *scavenger* berfungsi sebagai agen pengubah asap rokok yang mengandung partikel berbahaya bagi kesehatan dan radikal bebas menjadi tidak berbahaya. Solusi pengendalian radikal bebas dan modifikasi elemen beracun dalam asap rokok menjadi tidak berbahaya bagi kesehatan, dengan riset menggunakan formula *scavenger* untuk mengendalian dan

memodifikasi asap rokok beracun menjadi tidak beracun. Dr. Arinto Yudi Ponco Wardoyo membuktikan bahwa rokok kretek yang filternya telah dibubuhi *scavenger* menghasilkan partikel asap yang lebih kecil 30 nm daripada partikel asap rokok kretek tanpa scavenger>80 nm, rokok dengan penambahan *scavenger*, radikal bebas tersaring dan tertangkap ketika asap melewati filter (Zahar, dkk, 2011).

Rokok kretek merupakan salah satu produk budaya yang berurat akar pada kearifan lokal bangsa Indonesia, tanaman tembakau oleh masyarakat Indonesia sering digunakan sebagai pelengkap aktifitas sehari-hari, namun hingga saat ini isu pro-kontra rokok masih menjadi perbincangan hangat dikalangan masyarakat. Vonis negatif rokok sebagai penyebab berbagai penyakit mematikan dari dunia kesehatan tidak mengurangi konsumen produk tembakau ini, gangguan kesehatan akibat paparan asap pangkal batang (*Main stream*) dan asap samping (*Side stream*) yang mengandung nikotin dinilai sebagai penyebab penyakit karsinogenik bagi manusia (Rizqiyah, 2014).

Rokok yang terbuat dari tembakau jika dibakar akan menghasilkan beberapa reaksi kimia. Reaksi pembakaran tidak sempurna pada suhu tinggi (400^{o}C) rokok dengan oksigen menghasilkan senyawa radikal seperti NO_X, SO_X, dan CO. reaksi pirolisa (pembakaran suhu 400^{o}C-800^{o}C) dalam rokok membentuk senyawa kompleks yang mudah berdifusi dalam darah dan berbahaya bagi tubuh. Reaksi penguapan air dan nikotin dan terkondensasi, nikotin terkondensasi juga mengalami kondensasi kembali dalam paru-paru sehingga terjadi deposit nikotin yang menyebabkan penyakit kanker. Dr Sonny Harry B Harmadi, kepala lembaga

demografi FEUI menyebutkan bahwa pengeluaran penduduk untuk membeli rokok Rp 3.545 per hari atau Rp 106.350 per bulan yang setara dengan seperempat persen penghasilan buruh tani di pedesaan. Buruh tani merupakan golongan masyarakat kurang mampu yang keberadaan status gizinya kurang terjamin, jika diperparah dengan kebiasaan merokok maka masyarakat tak akan pernah lepas dari jerat kemiskinan, hal ini juga menjadi dasar ketidaksetujuan masyarakat terhadap rokok (Rizqiyah, 2014).

Industri rokok yang berpijak pada kearifan lokal, mampu menjaga stabilitas perekonomian Bangsa lewat sumbangsihnya dalam berbagai sektor salah satunya adalah ekonomi. Industri tembakau memberikan kontribusi yang sangat besar bagi Negara. Dari hulu hingga hilir, industri rokok mampu menyerap 7 juta tenaga kerja dan 24 juta orang yang mendukung keberlangsungan proses produksinya. Cukai tembakau menjadi salah satu pemasok devisa Negara, selama tahun 1990-2008 telah menyumbang devisa sebanyak 87 Triliyun Rupiah, Industri ini juga memacu pertumbuhan daerah karena kebijakan implementasi 10% pajak pokok daerah (Rizqiyah, 2014).

Merujuk pada keterangan dalam Al-Quran, Allah SWT telah mengisyaratkan bahwa segala sesuatu yang ada di alam semesta tidak diciptakan dengan kesia-siaan, bahkan debu kosmik juga memberikan manfaat bagi manusia. Sudah sepantasnya manusia bersyukur atas karunia Allah yang maha luar biasa, serta menggunakannya dengan bijak sesuai tuntunan yang telah digariskan. Namun, tak sedikit manusia yang menjadi ingkar akan tugas utamanya menjadi *Khalifah fil Ardh*, hingga tak jarang kenikmatan yang diturunkan Allah berubah

menjadi bencana. Pemanfaatan yang sesuai porsi dan seimbang akan mendatangkan manfaat yang besar akan menimbulkan mudlarat bagi tubuh.

Dunia sama sekali tidak mengenal filter rokok sebelum tahun 1950. Pada masa itu orang-orang menggunakan rokok yang tidak memakai filter. Pada saat itu juga timbul persepsi di sebagian besar kalangan yang memperdebatkan apakah rokok memiliki unsur berbahaya terhadap tubuh manusia. Semua itu berubah ketika muncul studi medis pertama yang menyatakan bahwa merokok dapat menyebabkan kanker. Ternyata perusahaan rokok langsung melakukan *countermeasure* dengan membuat filter rokok pada tahun 1960. Tujuan dari pembuatan filter ini adalah untuk menahan tar dan nikotin sehingga rokok menjadi lebih aman.

Filter rokok ternyata tidak dapat mengurangi ketergantungan terhadap rokok. Tubuh perokok membutuhkan nikotin. Mereka menjadi adiktif secara fisik. Filter yang dianggap dapat mengurangi tar dari rokok ternyata memiliki efek yang cukup berbahaya juga. Benang-benang kecil yang ada di filter terhirup dan mengendap di paru-paru, ternyata hal tersebut menimbulkan efek yang sangat berbahaya bagi paru-paru manusia.

Masih menjadi perdebatan apakah benang-benang kecil yang terdapat di filter ini dapat menyebabkan kanker paru-paru atau tidak. Beberapa ahli menyatakan bahwa kedua hal tersebut cukup signifikan. Tentunya hal ini dapat menjadi salah satu alasan pendukung untuk melakukan kampanye anti rokok. Dr. Michael Thun dari American Cancer Society menyatakan bahwa penelitian mengenai filter rokok ini sangat menarik dan hal ini menambahkan deretan bukti-

bukti yang menyebutkan bahwa filter tidak membuat rokok menjadi jauh lebih aman untuk dikonsumsi (Rizkiyah, 2014).

Penelitian yang dilakukan oleh Dr. John Pauly di Roswell Park Cancer Institute New York dilaporkan bahwa benar terdapat benang filter dari rokok yang menyangkut pada lidah manusia dan di paru-paru perokok yang dioperasi. Dr. Pauly mengatakan bahwa jalur udara terkecil di paru-paru adalah sebesar 0,5 milimeter. Lubang ini cukup besar untuk dimasuki oleh benang filter yang memiliki ukuran 20 mikron (empat kali lebih besar dari sel darah merah) (Rizkiyah, 2014).

Benang-benang filter ini merupakan salah satu dari sekian banyak bahaya yang dapat ditimbulkan oleh filter rokok. Salah satu bahaya lainnya yang cukup terkenal adalah jika filter tersebut mengalami pemanasan akibat pembakaran rokok yang hampir mencapai filter hingga sedikit banyak turut membakar filter. Bahayanya akan sama seperti menghirup asap dari ban yang dibakar (Rizkiyah, 2014).

Beberapa penelitian juga membuktikan bahwa dengan penambahan filter pada pangkal batang rokok mampu mengurangi efek buruk pada asap rokok. Lolivianda (2013) melakukan pengukuran faktor emisi partikel ultrafine pada sampel rokok di Indonesia menunjukkan bahwa terdapat konsentrasi partikel ultrafine (partikel yang berdiameter kurang dari 0.1 μm) pada semua jenis rokok dengan range antara 7.56×10^{-10}m sampai 1.43×10^{-11}m yang bergantung pada tipe dan jenis rokok. Pemanfaatan bahan alam sebagai filter asap rokok untuk mengurangi emisi partikel ultrafine juga dilakukan oleh Sa'diyah (2013) dengan

menambahkan kain sutera pada filter rokok dan Sholihah (2013) menggunakan arang batok kelapa untuk mengurangi emisi partikel ultrafine pada asap mainstream pada rokok. Sulistiasari dan Isna (2013) menggunakan komposit filter rokok berbahan cangkang kepiting, biji kopi dan tembakau untuk menangkap radikal bebas yang diemisikan oleh asap rokok. Bilqis (2014) menggunakan komposit filter biji kurmauntuk menangkap radikal bebas asap rokok, hasilnya menunjukkan bahwa filter yang diberi bahan tersebut mampu menangkap beberapa radikal bebas yang terkandung dalam rokok dibandingkan dengan filter buatan pabrik. Kemampuan menangkap radikal bebas pada filter rokok dikarenakan oleh adanya kandungan antioksidan pada bahan filter.

Antioksidan merupakan senyawa yang mampu melindungi sel dari oksidasi biologis yang merusak sistem sel karena keberadaan elektron bebas dalam antioksidan yang mendonorkan elektronnya pada senyawa radikal bebas sehingga aktivitas radikal bebasnya teredam dan menjadi senyawa yang stabil.Antioksidan sintetik seperti Butil Hidroksil Anisol (BHA), Butil Hidroksi Toluen (BHT), dan Tert-Butil Hidroquinon (TBHQ) telah digunakan secara luas sebagai penghambat oksidasi lipid. Meskipun demikian, antioksidan sintetik bukan merupakan pilihan utama karena memiliki sifat toksik.Hal tersebut yang menyebabkan banyaknya penelitian yang ingin lebih mengeksplorasi senyawa antioksidan alami khususnya pada buah-buahan dan sayuran, salah satunya adalah jintan hitam. Senyawa utama yang terdapat dalam jintan hitam adalah thymoquinon (TQ), dihidrothymoquinon (DTQ), thymol (THY) dan carvacrol yang bersifat non polar. Senyawa-senyawa tersebut bersifat sebagai antioksidan (Rababah et.al., 2004).

Berdasarkan pernyataan diatas, disebutkan bahwa biji jintan hitam mempunyai kandungan antioksidan yang tinggi, sehingga dapat digunakan untuk menjadi bahan pembuatan biofilter untuk menangkap radikal bebas pada asap rokok. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk memanfaatkan tumbuhan yang telah disabdakan oleh Rasulullah SAW sebagai obat untuk kesembuhan dari berbagai penyakit serta memiliki berbagai macam khasiat untuk bahan pembuatan biofilter penangkap radikal bebas asap rokok.

Ash-Shohihain diriwayatkan hadist dari Ummu Salamah dari Abu Hurairah R.A, bahwa Rasulullah Saw bersabda:

عَلَيْكُمْ بِهَذِهِ الْحَبَّةِ السَّوْدَاءِ فَإِنَّ فِيهَا شِفَاءً مِنْ كُلِّ دَاءٍ إِلَّا السَّامَ وَالسَّامُ الْمَوْتُ.

"Hendaklah kalian mengkonsumsi Habbatus Sauda', karena didalamnya terdapat kesembuhan dari setiap penyakit, kecuali saam. Sedangkan saam artinya kematian." (HR. Bukhari).

Nabi Saw mengabarkan bahwa Habbatus Sauda berkhasiat menyembuhkan setiap penyakit. Kata syifa' (kesembuhan) dalam seluruh hadist disebut tanpa dima'rifahkan dengan alif dan lam. Semuanya dalam struktur positif, sehingga dengan demikian kata tersebut bersifat nakiroh (indefinite, tidak spesifik) yang biasanya bermakna umum. Selanjutnya, kita bisa mengatakan bahwa dalam Habbatus Sauda' terdapat potensi penyembuhan terhadap setiap penyakit.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut diatas, dapat ditarik sebuah rumusan masalah yang berakar dari beberapa persoalan, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi biofilter berbahan komposit serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak terhadap kemampuan menghambat radikal bebas asap rokok?
2. Bagaimana karakteristik fisis kerapatan dan porositas biofilter berbahan komposit serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi komposisi biofilter berbahan komposit serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak terhadap kemampuan menghambat radikal bebas asap rokok.
2. Mengetahui karakteristik fisis kerapatan dan porositas biofilter berbahan komposit serbuk biji jintan hitam hitam dan kayu siwak.

1.4 Manfaat

Penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi masyarakat, peneliti, maupun industri:

1. Menambah khasanah keilmuan tentang pemanfaatan serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak sebagai bahan komposit biofilter
2. Memperoleh bahan alternatif filter rokok sehat bagi masyarakat yang mampu menangkal radikal bebas dari asap rokok sehingga memperkecil resiko penyakit bagi perokok aktif

3. Memperoleh solusi bagi problem pro dan kontra asap rokok yang menimbulkan keresahan bagi petani tembakau dan pekerja industri rokok di Indonesia

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, diberlakukan beberapa batasan masalah untuk menghasilkan data yang lebih fokus pada tujuan penelitian, adapun batasan yang tersebut adalah:

1. Komposit biofilter berasal dari bahan serbuk jintan hitam.
2. Komposisi komposit serbuk jintan hitam dan serbuk siwak adalah 0.8 gr dengan variasi perbandingan; (10:0), (7:3), (5:5), (0:10).
3. Ukuran ayakan serbuk jintan hitam dan serbuk siwak adalah 200 mesh.
4. Menggunakan matriks biofilter berbahan polietilen glikol (PEG) dan air perasan daun waru (*Hibiscus tiliaceus* L.).
5. Biofilter berbahan biji jintan hitam dan kayu siwak digunakan untuk menangkap radikal bebas dari asap rokok dan tidak meneliti efek radikal bebas terhadap biofilter.
6. Asap rokok yang digunakan sebagai bahan uji adalah asap *main stream* hasil emisi pangkal batang rokok yang dilewati oleh filter rokok dan dihisap oleh perokok aktif.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM
PUSAT PERPUSTAKAAN

BAB II
KAJIAN PUSTAKA

2.1 Radikal Bebas Asap Rokok

2.1.1 Radikal Bebas

Radikal bebas adalah atom atau molekul apa saja yang memiliki satu atau lebih atom tak berpasangan. Karena jumlah elektron ganjil, maka tidak semua elektron dapat berpasangan. Suatu radikal tidak bermuatan positif atau negatif, spesi semacam ini sangat reaktif karena adanya elektron yang tidak berpasangan. Suatu radikal bebas dijumpai sebagai zat antara yang tak dapat diisolasi usia pendek, sangat reaktif dan berenergi tinggi (Fessenden dan Fessenden, 1997).

Radikal bebas akan bereaksi dengan molekul disekitarnya untuk memperoleh pasangan elektron sehingga akan mencapai kestabilan atom atau molekul. Reaksi ini akan berlangsung terus-menerus dalam tubuh dan bilatidak dapat dihentikan akan menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker, jantung, katarak, penuaan dini, serta penyakit degeneratif lainnya (Anayani, et.al, 2003).

Molekul-molekul penting dalam tubuh diubah menjadi zat lain sebagai sisa metabolisme yang harus diekresikan keluar karena umumnya zat buang ini bersifat toksik bagi tubuh, zat ini dibuang melalui organ eksresi seperti paru-paru, kulit, urinaria. Proses metabolisme makanan dalam tubuh tidak seluruhnya diubah menjadi energi, jika terjadi kehilangan elektron maka terbentuk radikal bebas. Radikal bebas merupakan salah satu bentuk senyawa oksigen reaktif yang mempunyai elektron tidak berpasangan yang mudah bereaksi dengan elektron

senyawa lain. Radikal bebas memiliki kecenderungan untuk menstabilkan muatannya dengan cara mengionisasi elektron senyawa lain dan terbentuk senyawa radikal bebas baru sehingga terbentuk reaksi berantai pembentukan radikal bebas. Jika elektron yang terikat radikal bebas dengan senyawa berikatan kovalen, akan berbahaya karena elektron digunakan bersama-sama pada elektron valensi, pada umumnya ikatan kovalen terjadi pada biomakromolekul seperti lipid, protein, dan DNA akibatnya terjadi kerusakan struktur maupun fungsi dalam sel (Rizqiyah, 2014).

Radikal bebas merupakan produk sampingan dari pembentukan energi selama proses metabolisme tubuh. Oksidasi lemak, karbohidrat, dan protein menghasilkan ATP (*Adenosine triphospate*) juga diperoleh anion superoksida dan hidroksil radikal yang biasa kita kenal sebagai radikal bebas. Selain dihasilkan oleh proses metabolisme dalam tubuh, radikal bebas juga dapat terbentuk melalui aktivitas pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor, merokok, dan paparan sinar ultraviolet juga mampu merubah elektron setimbang dalam atom menjadi bersifat radikal (Wardhan, W.A. 1999).

2.1.2 Asap Rokok

Asap yang dihembuskan para perokok dapat dibagi atas 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. Telah ditemukan 4.000 jenis bahan kimia dalam rokok, dengan 40 jenis di antaranya bersifat karsinogenik (dapat menyebabkan

kanker), di mana bahan racun ini lebih banyak didapatkan pada asap samping, misalnya karbon monoksida (CO) 5 kali lipat lebih banyak ditemukan pada asap samping daripada asap utama, benzopiren 3 kali, dan amoniak 50 kali. Bahan-bahan ini dapat bertahan sampai beberapa jam lamanya dalam ruang setelah rokok berhenti.Asap rokok dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna tembakau dengan suhu tinggi sehingga dihasilkan emisi yang berupa gas dan partikel.

Asap rokok meliputi asap utama (*main stream*) yang keluar dari pangkal batang rokok yang dihisap oleh perokok aktif dan asap sampingan (*side stream*) berasal dari pembakaran pada ujung rokok dan dikeluarkan ke lingkungan sekitar. Konsentrasi emisi asap yang dihasilkan oleh asap sampingan lebih besar dibandingkan dengan asap utama, karena tidak melalui proses penyaringan filter rokok. Asap rokok mengandung lebih dari 4000 bahan kimia, partikel yang dihasilkan berukuran nanometer sampai mikrometer. Partikel ini terbentuk dari senyawa aromatik dan asap yang mempunyai gugus radikal bebas sehingga mudah bereaksi dengan sel tubuh. Komponen yang terbentuk dari pembakaran asap rokok terdiri dari fase gas dan fase partikel. Pada fase gas meliputi amonia (NH_3), karbon monoksida (CO), CO_2, NO, NO_2, hidrogen sianida (HCN), *volatile aldeheide* (*ethanol, formaldehyde, acroleine, crotonldehyde*), *benzen vapour, acetone, vinyl chloride, unsaturated hydrocarbons* (*butadiene, isoprene*), dan fase partikel seperti Tar, nicotine, metals (Cd, Ni, Fe, Sn, *chromium, arsenic*), *phenols*, *hydrogenic carsinogenic* (*benzopyrene, benzantharacene, chrysene*) mampu bereaksi secara kimiawi dengan sel dan mengganggu sistem organ dalam tubuh manusia (Lovianda, 2013).

Adanya konsentrasi senyawa radikal bebas dalam asap rokok menjadi penjelasan munculnya penyakit pada perokok aktif. Salah satu cara mengurangi dampak kesehatan asap rokok adalah dengan mengganti filter buatan pabrik dengan filter yang berfungsi sebagai penghambat emisi partikel radikal bebas dalam tubuh. Beberapa penelitian juga menyebutkan radikal bebas dalam asap rokok mampu dinetralisir oleh antioksidan yang dikandung oleh beberapa jenis tanaman seperti flavonoid, polifenol, isoflavon, betakaroten, vitamin C dan vitamin E.

2.2 Antioksidan

Antioksidan biasa digunakan untuk menunjukkan senyawa yang mencegah proses oksidasi karena fungsinya sebagai donor elekron bagi radikal bebas. Vitamin E, α-tochopherol sangat penting bagi kesehatan beberapa hewan, atau yang biasa dikenal sebagai antioksidan. Hidroksil radikal segera bereaksi dengan anion radikal superperoksida (Logan, 1998). Secara alami tubuh manusia memiliki kemampuan proteksi terhadap radikal bebas melalui produksi enzim superperoksida dismutase (SOD), glutation peroksidase (GSH Px), katalase, dan protein glutatio yang merupakan antioksidan endogen, cara kerja antioksidan ini denagn didukung oleh antioksidan eksogen dari luar tubuh seperti fenol, betakaroten, vitamin E, vitamin C, flavonioid yang banyak dihasilkan oleh tumbuhan (Minarno, 2008).

Menurut Best (2006), antioksidan adalah molekul yang menetralkan radikal bebas dengan cara menerima atau memberikan elektron untuk mengeliminasi kondisi tidak berpasangan. Ini berarti antioksidan menjadi radikal pada proses

netralisasi molekul radikal bebas. Tetapi radikal bebas antioksidan lebih tidak reaktif dari pada radikal bebas yang akan dinetralisasi. Radikal bebas antioksidan ini dapat menetralkan oleh antioksidan lain dan atau dengan mekanisme lain yang menghentikan radikal.

Berdasarkan mekanisme kerjanya, antioksidan dibedakan menjadi (Winarsi, 2011):

a. Antioksidan primer (Antioksidan endogenos), merupakan antioksidan enzimatis yang secara langsung mendonorkan atom hidrogen bebas pada radikal bebas sehingga membentuk senyawa stabil atau kurang reaktif. Enzim secara aktif memutus reaksi polimerasi dan mengubahnya menjadi molekul stabil, antioksidan primer meliputi enzim superoksida dismutase (SOD), katalase, dan glutation peroksidase (GSH-Px)
b. Antioksidan sekunder (Antioksidan Eksogenus), adalah antioksidan non-enzimatis yang berfungsi sebagai pertahanan, antioksidan jenis ini biasa ditemukan dalam sayur dan buah. Cara kerja antioksidan sekunder dengan memotong rantai reaksi polimerasi atau dengan menangkap radikal bebas (*free radical scavenger*), mencegah pembentukan radikal bebas, reparasi kerusakan oksidatif, memotong molekul rusak, memicu aktivitas enzim fase II, dan mencegah terjadinya mutasi sel. Antioksidan sekunder berupa vitamin C, vitamin E, polifenol, flavonoid, betakaroten, asam liponeat dan turunannya
c. Antioksidan tersier, antioksidan jenis ini adalah enzim DNA-repair dan metionin sulfoksida reduktase. Enzim ini berfungsi untuk memperbaiki kerusakan struktur biomolekul akibat pengaruh radikal bebas.

2.3 Mekanisme Kerja Antioksidan

Berdasarkan mekanisme kerjanya, antioksidan digolongkan menjadi tiga kelompok, yaitu antioksidan primer, sekunder, dan tersier (Winarsi, 2007).

a) Antioksidan Primer, antioksidan primer meliputi enzim superoksida dismutase (SOD), katalase, dan glutation peroksidase (GSH-Px). Antioksidan primer disebut juga antioksidan enzimatis. Suatu senyawa dikatakan sebagai antioksidan primer, apabila dapat mendonorkan atom hidrogen secara cepat kepada senyawa radikal, kemudian senyawa radikal yang terbentuk segera berubah menjadi senyawa yang lebih stabil sedangkan radikal antioksidan yang terbentuk memiliki keadaan lebih stabil dibandingkan dengan radikal semula. Belleville-Nabert menyebutkan bahwa antioksidan primer bekerja dengan cara mencegah pembentukan senyawa radikal bebas baru, atau mengubah radikal bebas yang telah terbentuk menjadi molekul yang kurang reaktif. Sebagai antioksidan, enzim-enzim tersebut menghambat pembentukan radikal bebas, dengan memutuskan reaksi berantai (polimerisasi), kemudian mengubahnya menjadi bentuk yang lebih stabil. Antioksidan kelompok ini disebut juga chain-breaking-antioxidant.

b) Antioksidan Sekunder, antioksidan sekunder disebut juga antioksidan eksogenus atau nonenzimatis. Antioksidan dalam kelompok ini juga disebut sistem pertahanan preventif. Dalam sistem pertahanan ini, terbentuknya senyawa oksigen reaktif dihambat dengan cara penangkapan oksigen dan mengubah hidroperoksida menjadi spesies non radikal, pengkelatan metal, menyerap sinar ultraviolet dan mendeaktivasi oksigen

singlet. Antioksidan non-enzimatis dapat berupa nonnutrisi dan komponen nutrisi dari sayuran dan buah-buahan. Kerja sistem antioksidan ini yaitu dengan memotong reaksi oksidasi berantai dari radikal bebas atau dengan cara menangkapnya. Akibatnya, radikal bebas tidak akan bereaksi dengan komponen seluler.

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

2.4 Klasifikasi Antioksidan

Antioksidan sangat bermanfaat bagi kesehatan danberperan penting untuk mempertahankan mutu produk pangan. Berbagai kerusakan seperti ketengikan, perubahan nilai gizi, perubahan warna dan aroma, serta kerusakan fisik lain pada produk. Berdasarkan sumbernya antioksidan dibagi dalam dua kelompok, yaitu antioksidan sintetik dan antioksidan alami (Trilaksani, 2003):

a) Antioksidan Alami

Antioksidan alami merupakan antioksidan yang diperoleh dari hasil ekstrak bahan alami. Antioksidan alami dalam makanan dapat berasal dari (a) senyawa antioksidan yang sudah ada dari satu atau dua komponen makanan, (b) senyawa antioksidan yang terbentuk dari reaksi-reaksi selama pengolahan, (c) senyawa antioksidan yang diisolasi dari sumber alami dan ditambahkan ke makanan sebagai tambahan pangan (Pratt, 1992). Salah satu antioksidan alami adalah vitamin C (L-asam askorbat). Asam askorbat bersifat tidak stabil, mudah mengalami kerusakan bila terkena

cahaya dan suhu tinggi. Selain sebagai senyawa antioksidan, asam askorbat juga dapat bersifat prooksidan (Cahyadi, 2006). Asam askorbat pada keadaan murni berbentuk kristal putih dengan berat molekul 176,13 dan rumus molekul C6H8O6(Winarsi, 2007). Selain itu, juga tidak berbau dan mencair pada suhu 190 ºC – 192 ºC. Asam askorbat berbentuk kristal stabil di udara bertahun-tahun, tetapi dalam bentuklarutan mudah teroksidasi dan ketidakstabilannya meningkat dengan kenaikan pH larutan (Cahyadi, 2004). Asam askorbat mudah teroksidasi secara reversibel membentuk asam dehidro-Laskorbat dan kehilangan 2 atom hidrogen (Cahyadi, 2006):

Antioksidan asam askorbat mampu bereaksi dengan radikal bebas, kemudian mengubahnya menjadi radikal askorbil. Senyawa radikal terakhir ini akan segera berubah menjadi askorbat dan dehidroaskorbat. Asam askorbat dapat bereaksi dengan oksigen teraktivasi, seperti anion superoksida dan radikal hidroksil. Pada konsentrasi rendah, asam askorbatdapat bereaksi dengan radikal hidroksil menjadi askorbil yang sedikit reaktif, sementara pada kadar tinggi, asam ini tidak akan bereaksi (Winarsi, 2007).

b) Antioksidan Sintetik

Antioksidan sintetik merupakan antioksidan yang diperoleh dari hasil sintesis kimia. Beberapa contoh antioksidan sintetik antara lain BHA, BHT. PG (Propil Galat), dan TBHQ dapat meningkatkan terjadinya karsinogenesis (Amarowicz et.al., 2000 dalam Rohman et.al., 2005). BHT merupakan salah satu antioksidan sintetik yang mempunyai rumus kimia

C15H24O, berat molekul 220,36 dan memiliki titik lebur 69 ºC – 70 ºC. Trilaksani (2004), antioksidan sintetik BHT akan mempunyai efek sinergis bila dimanfaatkan bersama BHA, berbentuk padat putih dan digunakan secara luas karena lebih murah (Cahyadi, 2006). Senyawa fenolat pada BHT berfungsi sebagai sumber alternative dari gugus OH dalam posisi orto atau para yang dapat menghentikan reaksi berantai yang terjadi dalam autooksidasi. Reaksi berantai dari autooksidasi dimulai saat terbentuknya radikal bebas. Antioksidan dari tipe fenolik menyuplai atom H untuk bereaksi dengan radikal bebas sewaktu terbentuk pertama kali dan memutuskan reaksi berantai yang terjadi sebelum produk akhir terbentuk. Senyawa yang terbentuk pada struktur anti fenolik setelah pelepasan dari H adalah stabil tidak berbau dan tidak berbahaya dalam jumlah yang tidak terlalu banyak (Bennion, 1980).

2.5 Reaksi Destruktif Antioksidan

Dalam keadaan stress oksidatif, kadar oksigen reaktif melebihi kapasitas antioksidan endogen yang dihasilkan tubuh akibatnya radikal bebas bereaksi dengan asam nukleat, lemak dan protein sehingga terjadi kerusakan fungsi sel yang berlanjut terjadinya disfungsi organ. Stress oksidatif juga terjadi karena ketidakseimbangan jumlah produksi radikal bebas dalam tubuh dan antioksidan, tubuh menanggulangi kekurangan antioksidan dengan memproduksi antioksidan endogen seperti superoksida dismutase (SOD), glutation peroksida (GSH Px), katalase, dan senyawa non enzim lain. Kerusakan oksidatif pada lemak terbentuk ketika radikal bebas bereaksi dengan senyawa *Poly unsaturated fatty acids*

(PUFA), salah satu bebas yang berasal dari lingkungan adalah asap rokok, utamanya asap main stream yang masuk ke dalam rongga pernafasan.

2.6 Biji Jintan Hitam (*Nigella sativa*)

Menurut Savitri (2008), tanaman jintan hitam tumbuh liar sampai pada ketinggian 1100 meter dari permukaan laut. Biasanya ditanam di daerah pegunungan ataupun sengaja di tanaman halaman sebagai tanaman rempah-rempah. Tanaman jintan hitam secara keseluruhan tamapak seperti segitiga, bijinya berwarna hitam, beraraoma sangat menyengat dan rasanya pahit, memiliki tinggi 35-50 cm, yang bercabang dan melingkar pada bagian atasnya, berambut, memiliki bunga-bunga dengan warna putih kebiruan, dan dipenuhi juga dengan dedaunan. Biji jintan hitam dapat memproduksi diri dengan sendirinya dan akan mengalami perubahan dan pematangan bentuk fisik dari biji yang pada awalnya berwarna putih menjadi biji yang berwarna hitam.

Gambar 2.1 Biji jintan hitam (khazanahilmublog.files.wordpress.com)

Biji jintan hitam agak keras, berbentuk hampir seperti limas berganda dengan kedua ujungnya meruncing, limas yang satu ukuran lebih pendek dari yang lain, bersudut 3-4 dengan panjang 1,5–2 mm, lebar biji kurang lebih 1 mm, dengan

permukaan luar biji ada yang berwarna hitam kecokletan, hitam kelabu sampai ke hitam pekat. Biji ada yang berbintik-bintik, kasar, berkerut, dengan beberapa rusuk ada yang membujur atau melintang. Dengan ciri-ciri biji *Nigella sativa* diatas bila diperkirakan hampir sama dengan kacang almond. Pada pelindung biji yang melintang terlihat kulit biji berwarna coklat kehitaman sampai hitam pekat, endosperma berwarna kuning kemerahan, kelabu atau kelabu kehitaman, lembaga berwarna kuning pucat sampai kelabu.

2.7 Antioksidan Biji Jintan Hitam (*Nigella sativa*)

Penelitian tentang biji jintan hitam menunjukkan adanya potensi antioksidan. Dengan menggunakan kromatografi lapis tipis dua dimensi yang menguji minyak esensial dari jintan hitam, didapatkan kandungan aktif tersebut antara lain thymoquinone, carvacrol, t-anethol, dan 4-terpineol. Keempat bahan tersebut memiliki aktivitas OH *radical scavenging* yang efektif pada peroksidasi lipid non enzimatis dan degradasi deoxyribose.

Sebuah penelitian lain mencoba membandingkan efek antioksidan thymoquinon dan terbutylhidroquinone (TBHQ) secara in vitro. Kedua bahan tersebut terbukti mampu menghambat peroksidasi lipid mikrosomal. Selain itu terbukti bahwa thymoquinon lebih aktif berperan sebagai superoxside anion scavenger daripada TBHQ. Pada tahun 1960, 2 orang peneliti dari Mesir, Mahfouz dan Badr El-Dakhakhny, mengisolasi zat aktif nigellone dari minyak atsiri biji jintan hitam. Ditemukan bahwa dua minyak volatile (mudah menguap) yang terkandung di dalamnya adalah nigellone dan thymoquinone Nigellone mencegah terjadinya kejang otot dan melebarkan saluran pernafasan. Nigellone juga bersifat

antihistamin sehingga membantu mengurangi alergi. Sedang thymoquinone berkhasiat anti radang dan juga anti nyeri (analgesic). Senyawa ini merupakan antioksidan yang ampuh dan efektif menghancurkan racun tubuh.

Menurut El-Daly (1998), salah satu manfaat jintan hitam yaitu sebagai zat antioksidan (anti radikal bebas). Ekstrak biji jintan hitam (terutama zat utamanya, yaitu thymoquinon*e*) telah menunjukkan efek proteksi terhadap mekanisme toksisitas (keracunan) pada sirkulasi atau aliran darah, hati, ginjal, dan lain-lain yang diinduksi sebelumnya oleh beberapa racun (toksin).

Menurut Ali B.H dan Bluden G, peneliti dari Departement of Vatenary Medicine, King Saud University, Arab saudi menemukan bahwa ekstrak biji jintan hitam (mengandung thymoquinone mampu melindungi ginjal dan hati dari kerusakan yang disebabkan oleh adanya penyakit atau bahan-bahan kimia. Mereka juga melakukan percobaan pada tikus yang diberi ekstrak jintan hitam selama 12 minggu, menunjukkan terjadinya peningkatan jumlah *T cell* (sel-sel pembuluh alami) dan Hemoglobin (Hb). Efektivitas peningkatan *T cell* mencapai 72% bila dibandingkan dengan placebo (7%). Hwyda Arafat, M.D., Ph.D., Profesor bedah dari Fakultas kedokteran Universitas Thomas Jefferson menemukan bahwa thymoquinone minyak yang diambil dari biji jintam hitam dapat menahan pertumbuhan sel kanker pankreas dan membunuh sel tersebut dengan meningkatkan proses apoptosis (proses kematian sel). Sementara itu, pada penelitian awal, thymoquinone dapat digunakan untuk strategi pencegahan pada pasien yang telah menjalani proses pembedahan dan kemoterapi atau dapat digunakan pada individu yang mempunyai resiko tinggi menderita kanker.

Universitas Munich di Jerman, seorang ahli immunologi bernama Dr. Med. Peter Schleincher melakukan pengujian terhadap 600 orang yang menderita alergi. Hasilnya cukup meyakinkan, 70% dari total responden yang menderita alergi terhadap debu, serbuk yang menyebabkan jerawat dan asma dapat disembuhkan setelah diberi minyak jitan hitam. Dalam prakteknya, Dr. Schleincher memberi resep jintan hitam kepada pasien yang menderita influenza. Selain itu jintam hitam juga bermanfaat mengobati batuk dan demam, melancarkan dan menghilangkan nyeri haid, mengobati wasir, menghangatkan badan, serta dapat melancarkan buang air kecil.

2.8 Hadist Rasulullah Tentang Jintan Hitam

Ketika terkena suatu penyakit, manusia diperintahkan untuk berobat dan apabila penyakit tersebut belum ada obatnya, maka manusia diperintahkan untuk mencari sesuatu yang dapat mengobati penyakitnya, karena sesungguhnya semua penyakit pasti ada obatnya, sebagaimana hadist Rasulullah Saw yang diriwayatkan oleh Imam Bukhori dan Ibnu Majah (Lailatul Munawaroh, 2011):

مَا أَنْزَلَ اللهُ دَاءً إِلاَّ أَنْزَلَ لَهُ شِفَاء

"*Tidaklah Allah menurunkan penyakit kecuali Dia turunkan pula obatnya."* (HR. Bukhari dan Ibnu Majah).

Al-Jauziyah (2008) menyatakan bahwa salah satu tumbuhan obat yang tertera dalam hadist Rasulullah SAW adalah jintan hitam (*Nigella sativa* Linn.) sebagaimana hadistnya dalam Shahih Al-Bukhari bahwa Aisyah R.A meriwayatkan dari Rasulullah Saw:

عَلَيْكُمْ بِهَذِهِ الْحَبَّةِ السَّوْدَاءِ فَإِنَّ فِيهَا شِفَاءً مِنْ كُلِّ دَاءٍ إِلَّا السَّامَ وَالسَّامُ الْمَوْتُ.

"*Sesungguhnya habbatus sauda' ini mengandung obat segala penyakit kecuali sam. Aku bertanya, apakah sam itu? Beliau menjawab kematian,*" (HR. Bukhari).

Dari hadist tersebut, Rasulullah Saw telah menunjukkan dan memberikan inspirasi kepada seluruh umat manusia tentang manfaat jintan hitam sebagai obat alami yang dapat menyembuhkan bagi manusia. Maka dari itu, penelitian ini menggunakan jintan hitam sebagai biofilter rokok untuk mengurangi potensi sumber penyakit dan radikal bebas yang membahayakan tubuh manusia.

حَدَّثَنَا ابْنُ أَبِي عُمَرَ وَسَعِيدُ بْنُ عَبْدِ الرَّحْمَنِ الْمَخْزُومِيُّ قَالَا حَدَّثَنَا سُفْيَانُ عَنْ الزُّهْرِيِّ عَنْ أَبِي سَلَمَةَ عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ أَنَّ النَّبِيَّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ عَلَيْكُمْ بِهَذِهِ الْحَبَّةِ السَّوْدَاءِ فَإِنَّ فِيهَا شِفَاءً مِنْ كُلِّ دَاءٍ إِلَّا السَّامَ وَالسَّامُ الْمَوْتُ.

"*Ibnu Abu Umar dan Sa'id bin Abdurrahman Al Makhzumi menceritakan kepada kami, keduanya berkata, Sufyan menceritakan kepada kami, dari Zuhri, dari Abu Salamah, dari Abu Hurairah, bahwa Nabi SAW bersabda, "Makanlah habbah sauda ini. Sesungguhnya ia mengandung obat dari berbagai (jenis) penyakit kecuali racun, dan racun adalah kematian"*. (HR.Ibnu Majah dan Muttafaq alaih).

Sebagai kaum muslimin yang bettakwa kepada Allah Swt harus berfikir bahwa semua yang ltern dari Allah Swt dan Rasul-Nya mengandung hikmah yang sangat tinggi. Jintan hitam merupakan contoh dari sekian banyak tumbuhan yang lte dimanfaatkan sebagai lternative obat dan *problem solving* dari Allah Swt dan Rasul-Nya. Manusia juga harus menyadari bahwa Allah Swt tidak menjadikan sesuatu yang diciptakan-Nya hanyalah sia-sia, melainkan ada hikmah di balik semua penciptaan-Nya, sebagaimana firman-Nya dalam surat Ali Imran ayat 191:

إِنَّ فِي خَلۡقِ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلۡأَرۡضِ وَٱخۡتِلَٰفِ ٱلَّيۡلِ وَٱلنَّهَارِ لَأٓيَٰتٖ لِّأُوْلِي ٱلۡأَلۡبَٰبِ ١٩٠ ٱلَّذِينَ يَذۡكُرُونَ ٱللَّهَ قِيَٰمٗا وَقُعُودٗا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمۡ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلۡقِ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلۡأَرۡضِ رَبَّنَا مَا خَلَقۡتَ هَٰذَا بَٰطِلٗا سُبۡحَٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ ٱلنَّارِ ١٩١

"*(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka"* (Q.S Ali Imran: 190-191).

2.9 Siwak (*Salvadora persica*)

Siwak diambil dari bahasa arab yang merupakan istilah kegiatan menggosok gigi yang dianjurkan dalam agama islam. Siwak dalam ranah hokum islam dapat dilakukan dengan menggunakan media apapun yang kasar dan mampu membersihkan kotoran pada gigi dan mulut. Namun, media yang paling dianjurkan untuk bersiwak adalah kayu arak. Sehingga kayu ini lebih dikenal dengan sebutan kayu siwak (Lita, 2012).

Penggunaan kayu siwak telah dikenal semenjak berabad-abad lalu, terutama oleh bangsa Arab kuno yang hingga sekarang masih digunakan sebagai alat kebersihan mulut. Factor social dan agama menjadi pendorong utama penggunaan kayu siwak terutama bagi masyarakat muslim (Zaenab, 2004).

Siwak berbentukbatang, diambil dari akar dan ranting segar tanaman arak yang berdiameter mulaidari 0,1 cm sampai 0,5 cm. Pohon arak adalah pohon yang kecil, seperti belukar dengan batang yang bercabang-cabang, diameternya lebih dari 1 kaki. Jika kulitnya dikelupas, warnanya agak keputihan dan memiliki

banyak juntaian serat. Akarnya berwarna coklat dan bagian dalamnya berwarna putih, aromanya seperti seledri dan rasanya agak sedikit pedas (Lita, 2012).

2.10 Klasifikasi Tanaman Siwak (*Salvadora persica*)

Klasifikasi tanaman siwak adalah sebagai berikut (Tjitrosoepomo, 1998):

Divisio : Embryophyta

Sub Divisio : Spermatophyta

Class : Dicotyledons

Sub Class : Eudicotiledons

Ordo : Brassicales

Family : Salvadoraceae

Genus : Salvadora

Species : *Salvadora persica*

2.11 Komponen Siwak

Komponen yang terkandung dalam siwak sebagian berdasarkan aktivitas mekanik, dan sebagian lagi berdasarkan aktivitas farmakologis. Farooqi et al cit Re'ed mengisolasi *benzy-lisothiocyanate* dari akar siwak, dan mereka menyatakan telah menemukan *saponin, tannin,* sebagian kecil resin, *trimethylamine,* dan beberapa bagian alkaloid. Lewis dan Elvin-lewis cit Ra'ed melaporkan adanya kandungan mineral yang sangat tinggi pada akar sebesar 27.06% (Lita, 2012).

Selain itu Ezmirly et al cit Ra'ed juga menemukan *B-sitosterol,* bersamaan dengan elemen sulfur (S_8*a monoclinic form*) pada akar siwak. Mereka juga menemukan sulfur yang mengandung *mustard oil* dengan kandungan *sulfur* pada akar sebesar 4,73%. Attar cit Ra'ed mengindikasikan bahwa serat tumbuhan

mengandung *sodium bikarbonat*. El-Mostehy et al cit Ra'ed melaporkan penemuan substansi-substansi kimia antara lain: *trymethylamine, alkaloid, klorida,* kandungan *fluoride* yang tinggi, *silica* (SiO_2), sulfur, vitamin C, *tannin, saponin, flavonoid*dan sterol. Akhtar dan Ajmal cit Ra'ed menyebutkan resin dan sejumlah besar garam yang mengandung klorida. Studi yang dilakukan oleh Chawla cit Ra'ed melaporkan bahwa siwak mengandung *fluoride* (Lita,2012).

2.12 Hadist Rasulullah Tentang Siwak

Islam merupakan agama yang sangat mementingkan kesehatan. Ini terbukti ketika banyak ditemukan ayat maupun hadits yang menyinggung tentang kesehatan tersebut. Rasulullah yang merupakan penyampai risalah selalu mengaplikasikan kebersihan ini dalam kehidupan keseharian beliau, misalnya dalam hal kebersihan mulut beliau sangat gemar bersiwak dan juga menganjurkan kepada para sahabat untuk mengikuti kegemaran beliau tersebut. Dalam kitab Shahih Bukhari, kitab *al-Jumu'ah* bab *al-Siwaak yaum al-Jumu'ah* no. 838 disebutkan hadits tentang anjuran Rasulullah kepada para sahabatnya untuk bersiwak, terutama ketika ingin melakukan shalat. Dari Abu Hurairah r.a sesungguhnya Rasulullah Saw bersabda:

لَوْلَا أَنْ أَشُقَّ عَلَى أُمَّتِي أَوْ عَلَى النَّاسِ لَأَمَرْتُهُمْ بِالسِّوَاكِ مَعَ كُلِّ صَلَاةٍ.

"*Seandainya tidak memberatkan kepada umatku atau orang-orang aku akan memerintahkan mereka untuk bersiwak di setiap shalat*." (HR. Bukhori dan Muslim).

2.13 Komposit

Komposit merupakan material campuran yang sedikitnya terdiri atas dua fasa yang berbeda tanpa mengalami material baru yang kuat, tangguh dan ulet sesuai sifat dasar dari bahan yang digunakan. Fasa dalam campuran komposit meliputi fasa pendispersi dan fasa terdispersi, pendispersi atau matriks merupakan bahan yang berfungsi sebagai pengikat yang memiliki modulus young lebih kecil dari bahan terdispersi. Filter atau bahan pengisi adalah material yang terdispersi oleh matriks sehingga selalu berada di dalam matriks. Berdasarkan bentuknya, filter dapat digolongkan menjadi komposit partikel, komposit serat, dan komposit struktural. Komposit partikel interaksi yang terjadi antara matriks dan filter dalam skala makroskopis dimana partikel pengisi terdistribusikan secara merata dalam matriks.

2.14 Matriks Biofilter

2.14.1 Polietilen Glikol (PEG)

Polietilen glikol (PEG) merupakan salah satu diantara zat aditif yang sering ditambahkan pada pembuatan membran yang berfungsi sebagai porogen untuk meningkatkan keteraturan bentuk pori-pori pada membran sehingga struktur pori lebih rapat dan membran yang dihasilkan semakin bagus.

Polietilen glikol (PEG) adalah senyawa hasil kondensasi dari oksietilen dan air dengan rumus molekul $H(OCH_2CH_2)_nOH$, dimana n merupakan bilangan (jumlah) rata-rata pengulangan grup oksietilen mulai dari 4 sampai 180. Bilangan yang mengiringi dibelakang PEG menunjukkan berat molekul rata-rata daripada PEG, seperti PEG dengan n=80 akan mempunyai berat molekul rata-rata sekitar

3500 Dalton dan dicantumkan sebagai PEG 3500.sedangkan senyawa dengan berat molekul rendah terdiri dari n=2 sampai n=4 seperti diethylene glycol, triethylene glycol, dan tetraethylene glycol, merupakan senyawa-senyawa murni. Senyawa dengan berat molekul rendah sampai 700 bersifat cairan kental, tidak berwarna, tidak berbau dengan titik beku -10^{o}C (diethylene glycol), sementara senyawa-senyawa hasil polimerisasi dengan berat molekul yang lebih tinggi yaitu sampai 1000 berbentuk padat seperti lilin dengan titik didih mencapai 67^{o}C untuk n=180.

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

2.14.2 Daun Waru (*Hibiscus tiliaceus* L.)

Waru termasuk suku malvaceae. Banyak terdapat di Indonesia, di pantai yang tidak berawa, di tanah datar, dan di pegunungan hingga ketinggian 1700 meter diatas 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. Pada tanah yang kurang subur, batangnya bengkok dan daunnya lebih lebar (Syamsuhidayat et.al, 1991). Kemampuan bertahannya tinggi karena toleran terhadap kondisi masin dan kering, juga

terhadap kondisi tergenang. Tumbuhan ini tumbuh baik di daerah panas dengan curah hujan 800 sampai 2000mm (Wikipedia, 2010).

Gambar 2.2 Daun waru (*Hibiscus tiliaceus* L.) (cepolina.blogspot.com)

Pohon ini cepat tumbuh sampai tinggi 5-15 meter, garis tengah batang 40-50 cm; bercabang dan berwarna coklat. Daun merupakan daun tunggal, berangkai, berbentuk 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 sisi pangkal. Sisi bawah daunberambut abu-abu rapat. Daun penumpu bulat telur memanjang, panjang 2.5 cm, meninggalkan tanda bekas berbentuk cincin. Bunga waru merupakan bunga tunggal, bertaju 8-11. Panjang kelopak 2.5 cm beraturan bercangap 5. Daun mahkota berbentuk kipas, panjang 5-7 cm, berwarna kuning dengan noda ungu pada pangkal, bagian dalam oranye dan akhirnya berubah menjadi kemerah merahan. Tabung benang sari keseluruhan ditempati oleh kepala sari kuning. Bakal buah beruang 5, tiap rumah dibagi dua oleh sekat semu, dengan banyak

bakal biji. Buah berbentuk telur berparuh pendek, panjang 3 cm, beruang 5 tidak sempurna, membuka dengan 5 katup (Syamsuhidayat et.al, 1991).

Dalam pengobatan tradisional, akar waru digunakan sebagai pendingin bagi sakit demam, daun waru membantu pertumbuhan rambut, sebagai obat batuk, obat diare berdarah/berlendir, amandel. Bunga digunakan untuk obat trakhoma dan masuk angin (Martodisiswojo dan Kolonjonokwangun, 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 (Aishah, 1994; Syamsuhidayat et al, 1991). Chen et al telah mengisolasi beberapa senyawa dari kulit batang waru, yaitu: skopoletin, hibiscusin, hibiscusamide, vanilic acid, P-hydroxybenzoic acid, syringic acid, Phidroxybenzaldehyde, scopoletin, N-TRANS- feruloytyramine, N-CIS feruloytyramine, campuran beta-sitosterol dan stigmasterol, campuran sitostenone dan stigmasta-4,22-dien-3-one. Dari uji sitotoksik senyawa-senyawa tersebut, terdapat tiga senyawa yang mempunyai aktivitas antikanker sangat baik terhadap sel P-388 dan sel HT-29 secara invitro dengan nilai IC 50 < 4 mug/ml.

Daun dan akar Hibiscus tiliaceus mengandung saponin dan flavonoida, di samping itu daun juga mengandung polifenol dan akar mengandung tanin (anonim, 2006). Daun Hibiscus tiliaceus mengandung alkaloid, asam-asam amino, karbohidrat, asam organik, asam lemak, saponin, sesquiterpene dan sesquiterpenoid quinon, steroid, triterpene (Bandaranayake, 2002). Berdasarkan skrining fltokimia tangkai dan tulang daun waru mengandung senyawa fenol, flavonoid, dan saponin (Aishah, 1994). Jika daun waru ditumbuk dan diperas akan

berwujud kental seperli lendir. Menurut Hadiedi prasaja (2015) daun waru bisa difungsikan sebagai perekat yang keorganikannya mencapai hingga 100 % sehingga lebih alami daripada perekat sintetis. Hal ini juga diperkuat oleh Efendy Manan (2015) 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, bisa diblender lalu diperam semalam dan saring. Air hasil saringan tersebut langsung dicampur sebagai bahan untuk perekatnya materialnya.

2.15 Biofilter

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.

Filter rokok secara khusus didesain untuk menyerap asap dan akumulasi partikulat asap rokok. Filter juga mencegah masuknya tembakau ke dalam mulut perokok dan melindungi bagian mulut yang terpapar tembakau dan asap selama merokok. Secara umum filter terdiri dari beberapa komponen, diantaranya adalah sumbat. Filter rokok mampu menyaring unsur logam yang terkandung dalam asap rokok dengan prosentasi 0.7-54% sedangkan pada rokok kretek jumlah unsur logam yang terbawa oleh puntung 0.2-36% (Mulyaningsih, 2007).

2.16 *Electro Spin Resonancy* (ESR)

Spektroskopi *Electro Spin Resonance* (ESR) merupakan teknik untuk mengetahui senyawa yang memiliki elektron tak berpasangan seperti radikal bebas organik maupun senyawa radikal bebas anorganik maupun senyawa kompleks anorganik yang memiliki ion logam transisi. Radikal bebas biasanya memproduksi elektron tak berpasangan turunan elektron yang dihasilkan oleh kerusakan radiasi dari radiasi pengion. Senyawa organik stabil biasanya mempunyai kulit elektron tertutup atau tidak mempunyai elektron tak berpasangan sehingga tidak ada spin elektron yang terukur. Spektroskopi spin elektron dalam senyawa organik terbatas untuk mengetahui reaksi intermediet (radikal bebas dalam keadaan triplet), dalam bidang biologi, ESR biasanya diapkai untuk mengetahui keberadaan inti logam dalam grup prostetik dan pada tingkat rendah untuk mengetahui enzim radikal.

Pada dasarnya magnet suatu lilitan tertutup mengikuti hubungan antara momentum sudut intrinsik elektron spin (s) dengan momen magnetnya m yang mengikuti persamaan $\mu=g\beta s$. Dengan g dan β merupakan faktor landedan magneton Bohr. Untuk elektron bebas g dan β mempunyai nilai 2,0023 dan 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 dengna mengambil 1 dan 2 orientasi yang mungkin terjadi, yaitu spin α (paralel terhadap medan magnet eksternal) dan spin β (anti paralel terhadap medan magnet eksternal) yang ditunjukkan pada gambar (2.8.1) (Cristensen, 1994).

Elektro Spin Resonance (ESR) spectroscopy 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. Frekuensi eksitasi spectra ESR tergantung pada momen magnet total. Tingkat energi batas elektron akan berpasangan berbeda dengan elektron terutama nilai momentum angular orbitnya. Nilai faktor-g elektron bebas (g_e = 2.0023) dapat dituliskan sebagai momentum magnetik orbital L dan total momentum angularnya:

$$J{:}g = \frac{1+s(s+1)-L\,(L+1)+J(J+1)}{2J\,(J+1)} \qquad (2.1)$$

Energi transisi juga sangat dipengaruhi oleh medan magnet disekitar ligan, pergantian satu atau lebih ligan dapat meningkatkan perbedaan transisi orbit. ESR sangat sensitive dengan pengaruh dari logam transisi disekitarnya sehingga bisa digunakan untuk menentukan keadaan oksidasi dan logam koordinasi di pusat protein. Sebagai contoh oksidasi senyawa racun oleh protein besi-porphyrin P-450, enzim yang ditemukan dalam liver. ESR juga dapat digunakan untuk mengamati penggabungan elektron berpasangan pada spin inti (*hyperfine coupling*), membawa informasi tentang keadaan sekitar elektron probabe.

Tabel 2.1 Nilai faktor-g untuk beberapa jenis radikal bebas (Lostari, 2011)

No	Jenis Radikal Bebas	g-factor
1	O	1.501
2	Fe^{2+}	1.77
3	MnO_2	1.8367
4	FeS	1.86
5	Hidroperoxida	1.9896
6	CO^{2-}	1.996 – 2.0007
7	Cu	1.997
8	SO_4^-	1.9976
9	Hidroxyl	2.00047
10	CO^2	2.0007
11	Alkoxy	2.0016 – 2.11197
12	Hellium	2.002
13	Methanol	2.00205
14	Alkyl	2.00206
15	Free Radikal	2.00232
16	Hidrogen	2.00232
17	Methyl	2.00255 – 2.00286
18	O_2^-	2.0356
19	DPPH	2.0036
20	SO_3^-	2.0037
21	Ethyl	2.0044
22	C	2.00505 – 2.00548
23	Peroxy	2.0155 – 2.0265
24	CuOx	2.098
25	$CuGeO_3$	2.154
26	$YBa_2Cu_3O_7$	2.24
27	Cu-HA	2.289
28	Hg	4.0 – 4.5

ESR secara umum dibuat dengan standar frekuensi 10 GHz dengan medan magnet sebesar 0,3 sampai 0,4 T, sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi atom atau molekul atau ion dengan konsentrasi yang sangat kecil sekalipun yaitu 1 x 10^{-12} mol/liter. Informasi yang akan didapatkan pada ESR adalah nilai faktor g dari radikal, pemisahan hiperhalus dari spektrum akibat interaksi spin magnet dalam radikal serta bentuk pita yang diamati. ESR dalam skala eksperimen yang dikeluarkan oleh Leybold dapat digunakan pada jangkauan frekuensi antara 13

MHz-130 MHz dengan arus maksimum yang dapat dialirkan pada tiap kumparan yang dapat menghasilkan medan magnet adalah 2 Ampere. Informasi yang akan didapatkan pada ESR adalah nilai faktor g dari radikal atau kompleks (Cristensen, 1994).

2.17 *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan pencitraan material dengan menggunakan prinsip mikroskopi. Mirip dengan mokroskop optik yang menggunakan cahaya, SEM menggunakan elektron sebagai sumber pencitraan dan medan elektromagnetik sebagai lensanya.

Prinsip dari SEM adalah dengan menembakkan elektron pada permukaan bahan dan hasil refleksi (pemantulan) elektron yang dilakukan scan dan dikumpulkan dengan alat tabung katoda (layar TV). Gambar pada layar TV akan mempresentasikan bentuk permukaan sampel bahan. Permukaan sampel bahan harus atau tidak dilakukan penghalusan tetapi harus bersifat konduktif listrik. Untuk bahan-bahan non konduktif maka sebelum pemotretan SEM, permukaan sampel harus dilapisi dengan logam yang tipis yang dikenal dengan proses pelapisan (coating). Daya perbesaran yang mungkin dari SEM adalah antara 10-50.000 kali dan dapat dilengkapi alat penunjang yang dapat digunakan untuk analisa kualitatif dan kuantitatif komposisi unsur pada suatu titik atau daerah tertentu pada sampel bahan. Pengujian secara struktur mikro cukup kapabel untuk melakukan karakterisasi suatu bahan yang terkait dengan prediksi sifat mekanik, fisik dan desain suatu bahan untuk menjadikan dalam bentuk bahan produksi (Mashuri, 2003: 51).

2.18 *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Spektrofotometer FTIR (*Fourier Trasform Infra Red*) adalah sama dengan Spektrofotometer IR dispersi, yang membedakannya adalah pengembangan pada sistim optiknya sebelum berkas sinar infra merah melewati contoh. Dasar pemikiran dari Spektrofotometer FTIR adalah dari persamaan gelombang yang dirumuskan oleh Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) seorang ahli matematika dari Perancis.

Atom-atom dalam suatu molekul tidak diam melainkan bervibrasi. Bila radiasi infra merah yang kisaran energinya sesuai dengan frekuensi vibrasi rentangan (stretching) dan vibrasi bengkokan (bending) dari ikatan kovalen dalam kebanyakan molekul dilewatkan dalam suatu cuplikan, maka molekul-molekul akan menyerap energy tersebut dan terjadi transisi diantara tingkat energy vibrasi dasar dan tingkat vibrasi tereksitasi (Hendayana, dkk., 1994).

Namun demikian tidak semua ikatan dalam molekul dapat menyerap energi infra merah meskipun mempunyai frekuensi radiasi sesuai dengan gerakan ikatan. Hanya ikatan yang mempunyai momen dipole dapat menyerap radiasi infra merah (Sastrohamidjojo, 1992). Umumnya daerah radiasi infra merah (IR) terbagi dalam daerah IR dekat (14290-4000 cm^{-1}), IR jauh (700-200 cm^{-1}) dan IR tengah (4000-666 cm^{-1}). Daerah yang paling banyak digunakan untuk keperluan penyidikan terbatas pada daerah IR tengah (Silverstein *et al.*, 1986).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2015 - Desember 2015 di Laboratorium Riset Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, Laboratorium Kimia Instrumen Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, dan Laboratorium Fisika Lanjutan Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental. Sampel yang digunakan adalah campuran serbuk biji jintan hitam dan serbuk kayu siwak dengan variasi komposisi campuran serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan variasi matriks *polyethilen glicol* (PEG) dan perasan daun waru. Bertujuan untuk menganalisa karakteristik fisis (kerapatan dan porositas) biofilter, mengetahui gugus fungsi produk biofilter dan menganalisa kemampuan biofilter menangkap radikal bebas asap rokok.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini diantaranya:

1. Scanning Electron Microscop (SEM)
2. 1 set ESR
3. 1 set FTIR
4. Ayakan 200 mesh

5. Cetakan (selang/pipa 0,7 cm)
6. Neraca Ohaus
7. Stopwacth
8. Penghisap (suntikan 60 ml)
9. Pipet volume sebagai tabung pengukuran
10. Bola hisap
11. Oven
12. Mesin penghalus
13. Selang 0,4 cm dan 0,7 cm
14. Spatula
15. Blender
16. Gelas beker 50 ml

3.3.2 Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1 Serbuk jintan hitam

2 Serbuk siwak

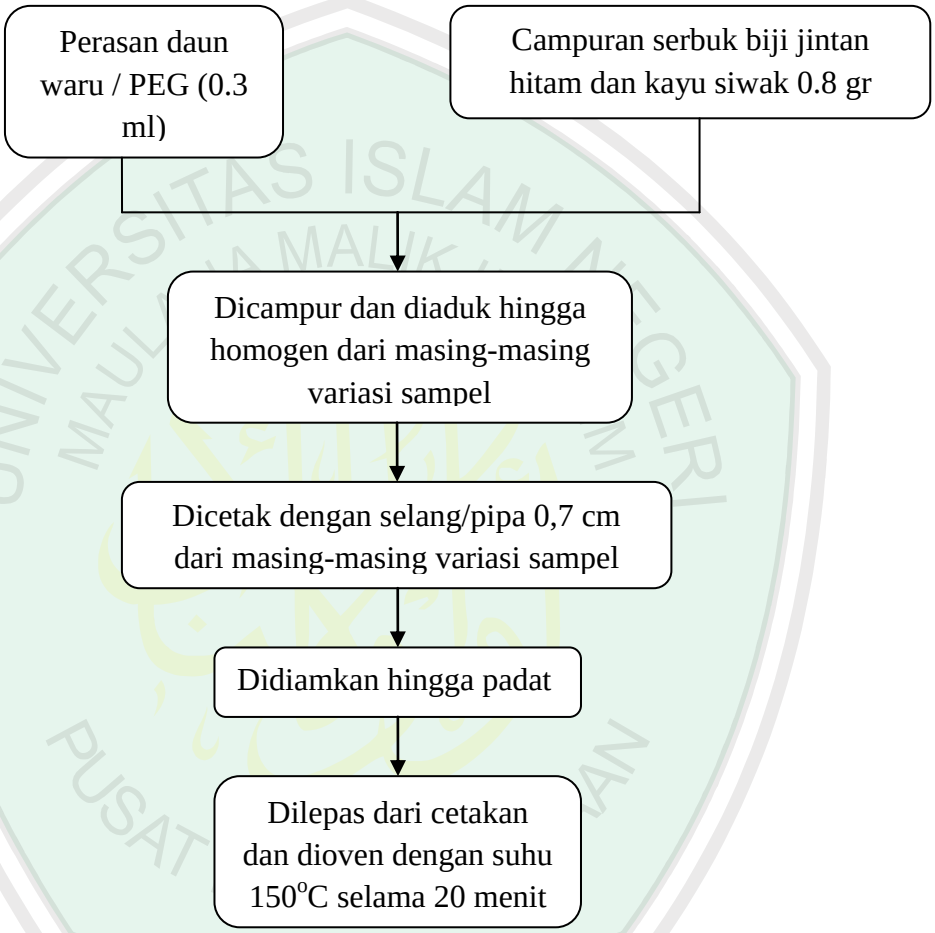
3 Daun waru ± 10 gram

4 Larutan Polietilen Glikol (PEG)

5 Rokok kretek

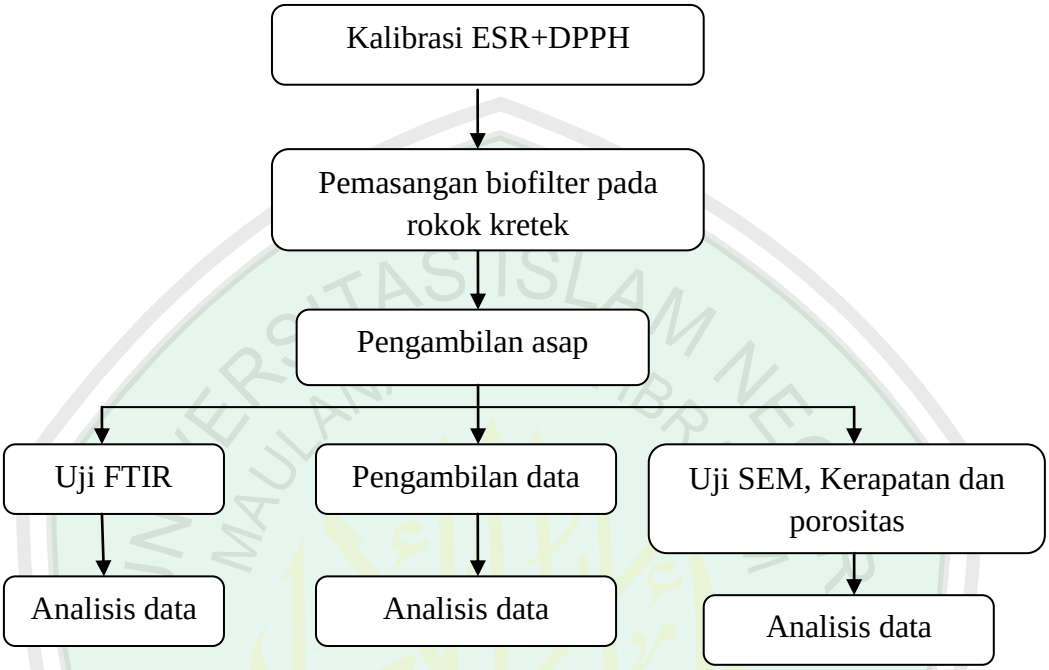
3.4 Rancangan Penelitian

3.4.1 Pembuatan Biofilter



Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan biofilter (Rizkiyah, 2014)

3.4.2 Perlakuan



Gambar 3.2 Diagram alir perlakuan penelitian

3.5 Langkah Penelitian

3.5.1 Pembuatan Biofilter

Menurut perlakuan yang dilakukan (Rizkiyah, 2014), pembuatan biofilter dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

1) Biji jintan hitam diblender hingga halus kemudian disaring dengan ayakan 200 mesh.
2) Kayu siwak dipotong kecil-kecil dan dihaluskan dengan mesin penghalus kemudian disaring dengan ayakan 20 mesh.
3) Serbuk biji jintan hitam dan serbuk siwak ditimbang masing-masing 0.8 gr dengan perbandingan; (0:10), (7:3), (5:5), (10:0).

4) Masing-masing variasi serbuk komposit dicampur dengan polietilen Glikol (PEG) sebanyak 0.3 ml, kemudian diaduk hingga tercampur dan homogen.
5) Dicetak dalam pipa berdiameter 7 mm dan panjang 20 mm dari masing-masing komposit.
6) Komposit didiamkan hingga padat dan kering, kemudian dilepas dari cetakan dan dioven dengan suhu 105^{o}C selama 20 menit.
7) Diulangi untuk tiap variasi massa komposit untuk ukuran mesh yang berbeda.
8) Diulangi untuk tiap variasi komposisi biofilter berbahan matriks daun waru.

3.5.2 Pembuatan Matriks Daun Waru

1) Dicuci bersih daun waru sebanyak ± 10 gram
2) Direbus dalam air mendidih sebanyak 14 ml selama 3 menit
3) Diangkat dan tiriskan
4) Ditumbuk hingga mengeluarkan lendir
5) Diperas dan disaring menggunakan kain penyaring

3.5.3 Perlakuan

Menurut perlakuan yang dilakukan (Rizkiyah, 2014), penggunaan ESR dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

1. Persiapan alat ESR dan dilakukan kalibrasi alat dengan DPPH. Kalibrasi dilakukan dengan cara memasukkan DPPH ke dalam tabung ESR dan ditempatkan ditengah kumparan. Dimana jangkuan frekuensi ini bergantung pada jenis kumparan arus yang digunakan. Kemudian dilakukan pengaturan beda fase hingga diperoleh kurva simetris. Dicatat nilai arus (I) dan

frekuensi (f) dari ESR. Dilakukan perhitungan nilai faktor g ke dalam rumusan. Nilai faktor g DPPH sebesar 2.0036 (Miller, 2001).

2. Koil dihubungkan dengan biofilter komposit. Kemudian dipasang pada pipa 7 mm panjang 30-50 mm. Satu sisi disambungkan pada filter rokok kretek dan sisi lain disambung pada pipet sebagai tabung pengukuran. Kemudian disisi lain dari pipet tetes disambung dengan pipa berdiameter 7 mm sepanjang 20 cm dan berakhir dengan suntikan yang mengalirkan asap dalam pipet ketika rokok menyala.
3. Pengambilan asap rokok dengan cara membakar rokok. Kemudian dihisap dengan menarik suntikan secara berkala hingga asap mengalir dan terkumpul pada pipet pengukuran dan tabung pengisap.
4. Pengambilan data dilakukan pada kurva yang terbentuk pada osiloskop, terjadinya resonansi ditunjukkan dengan terbentuknya cekungan pada kurva. Diamati dan direkam data kurva dari osiloskop. Dicatat frekuensi dan arusnya sambil mengisap asap rokok melalui suntikan.
5. Dilakukan uji sifat fisis (kerapatan dan porositas) menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).
6. Dilakukan uji FTIR untuk mengetahui gugus fungsi dari biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak.

3.5.3 Teknik Pengambilan Data

a. Teknik pengambilan data jenis radikal bebas

Pengambilan data jenis radikal bebas dilakukan dengan membakar rokok ketek yang diganti dengan biofilter berbahan siwak dan dihubungkan dengan pipet serta pengisap. Pengisapan dilakukan secara berkala hingga asap mengalir melalui biofilter. Kemudian sampel 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.

Analisis data dilakukan melalui perhitungan dari perolehan pengukuran rokok kretek yang ditambah dengan biofilter bahan komposit biji jintan hitam. Data dikumpulkan melalui hasil bentukan kurva pada osiloskop, dicatat frekuensi dan arusnya untuk memperoleh nilai B (medan magnet) dan faktor g dengan rumus:

$$\mathbf{B = \mu_0 \, (4/5)^{3/2} \; I} \qquad (3.1)$$

Keterangan:

μ_0 : 1,2566 x 10^{-6} Vs/Am

n : jumlah lilitan pada kumparan Helmholtz

r : jari-jari kumparan Helmholtz (cm)

I : arus pada kumparan Helmholtz (A)

Nilai medan magnetik (B) tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai faktor g dengan persamaan:

$$\mathbf{hf = g\ \mu_B\ B} \tag{3.2}$$

$$\mathbf{g = \frac{hf}{\mu B\ B}} \tag{3.3}$$

$$\boldsymbol{\delta g = \frac{\sqrt{\sum_{n-1}^{k} |g - \bar{g}|^2}}{k(k-1)}} \tag{3.4}$$

Keterangan:

δg : Deviasi g

h : Konstanta Planck (h= 6.625 x 10^{-34} Ws^{-2})

μ_B : Magneton Bohr (μ_B = 9.273 X 10^{-24} Am^2)

f : Frekuensi saat terjadi resonansi (Hz)

B : Medan Magnetik Bohr

g : Faktor Lande

Hasil perhitungan nilai faktor g yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan tabel nilai faktor g pada literatur untuk menentukan jenis radikal bebas pada asap rokok. Pengujian dengan ESR dilakukan satu kali untuk tiap sampel biofilter. Kemudian hasil penyerapan asap rokok pada biofilter komposit difoto dengan set peralatan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Data yang diperoleh dari *Scanning Electron Microscopy* (SEM) berupa foto kerapatan dan porositas komposit dari masing-masing variasi.

Nilai faktor-g untuk elektron bebas adalah 2.0026 dan pada beberapa radikal bebas mempunyai nilai bervariasi, nilai faktor-g yang diperoleh dari literatur adalah:

Tabel 3.1 Nilai faktor-g (Lostari, 2011)

No	Jenis Radikal Bebas	g-factor
1	O	1.501
2	Fe^{2+}	1.77
3	MnO_2	1.8367
4	FeS	1.86
5	Hidroperoxida	1.9896
6	CO^{2-}	1.996 – 2.0007
7	Cu	1.997
8	SO_4^-	1.9976
9	Hidroxyl	2.00047
10	CO^2	2.0007
11	Alkoxy	2.0016 – 2.11197
12	Hellium	2.002
13	Methanol	2.00205
14	Alkyl	2.00206
15	Free Radikal	2.00232
16	Hidrogen	2.00232
17	Methyl	2.00255 – 2.00286
18	O_2^-	2.0356
19	DPPH	2.0036
20	SO_3^-	2.0037
21	Ethyl	2.0044
22	C	2.00505 – 2.00548
23	Peroxy	2.0155 – 2.0265
24	CuOx	2.098
25	$CuGeO_3$	2.154
26	$YBa_2Cu_3O_7$	2.24
27	Cu-HA	2.289
28	Hg	4.0 – 4.5

b. Teknik pengambilan data kerapatan

Pengukuran kerapatan (ρ) biofilter dilakukan dengan cara:

1. Menimbang biofilter dengan neraca analitik
2. Menghitung tinggi dan jari – jari biofilter untuk menentukan volume bofilter

3. Menghitung densitas biofilter dengan membagi massa biofilter dan volume biofilter

Kerapatan (ρ) = $\frac{m\ (g)}{v\ (cm^3)}$ (3.5)

Keterangan:

ρ : kerapatan (g/cm^3)

m : massa biofilter (g)

v : volume biofilter (cm^3)

c. Teknik pengambilan data porositas

Pengujian porositas pada biofilter juga dilakukan dengan:

1. Menimbang massa kering biofilter yang akan diukur porositasnya dan direndam di dalam air
2. Menimbang massa basah biofilter setelah dimasukkan dalam air selama 24 jam
3. Menghitung volume basah biofilter setelah direndam selama 24 jam
4. Menghitung nilai porositas biofilter menggunakan rumus dibawah yaitu mengurangkan massa basah dengan biofilter dengan massa keringnya dibagi dengan volume basah biofilter dan dibandingkan dengan nilai massa jenis air untuk mendapatkan prosentase porositas biofilter, atau menggunakan rumusan:

Porositas (%) = $\frac{mb - mk}{Vb}$ x $\frac{1}{\rho\ (air)}$ x 100% (3.6)

Keterangan:

m_b : massa basah (g)

m_k : massa kering (g)

ρ (air) : densitas air 1 (g/cm^3)

d. Uji morfologi menggunakan *Scanning Electron* Microscopy (SEM)

Biofilter diuji untuk melihat morfologi (struktur permukaan) dengan perbesaran sampai 10000 kali dengan menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM).

e. Uji FTIR

Biofilter diuji untuk menentukan gugus fungsinya dengan menggunakan *fourier transform infra-red* (FTIR).

3.6 Pengambilan Data

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian eksperimen laboratorik, disusun sesuai tabel berikut:

Tabel 3.6.1 Data pengukuran radikal bebas biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks PEG

Massa (gr)		Ukuran Ayakan	Ulangan		
			1	2	3
0.8	0	200 Mesh			
0.5	0.3	200 Mesh			
0.4	0.4	200 Mesh			
0	0.8	200 Mesh			

Tabel 3.6.2 Data pengukuran radikal bebas biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks daun waru

Massa (gr)		Ukuran Ayakan	Ulangan		
			1	2	3
0.8	0	200 Mesh			
0.5	0.3	200 Mesh			
0.4	0.4	200 Mesh			
0	0.8	200 Mesh			

3.7 Teknik Analisis Data

Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, metode analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif hasil pengukuran porositas dan densitas biofilter komposit serbuk biji jintan hitam serta analisis kandungan radikal bebas dalam filter meggunakan *Electro Spin Resonancy* (ESR), *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dan *Electro Scanning Microscopy* (SEM) yang akan dibandingkan dengan rokok kretek non filter.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

4.1.1 Pembuatan Biofilter

Pembuatan biofilter dilakukan di Laboratorium Riset Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembuatan biofilter berbahan serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dilakukan melalui beberapa tahap. Tahap pertama, yaitu menghaluskan biji jintan hitam dengan menggunakan blender kemudian disaring dengan ayakan 200 mesh. Ukuran ayakan 200 mesh merupakan yang paling efektif untuk menangkap radikal bebas asap rokok. Menurut Bilqis (2014), optimalisasi penyerapan radikal bebas asap oleh biofilter dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran serbuk bahan yang digunakan hingga skala nano dengan ayakan yang lebih rapat. Begitu juga dengan serbuk kayu siwak yang juga diberi perlakuan sama menggunakan ayakan dengan ukuran 250 mesh, yang sebelumnya dihaluskan menggunakan mesin penghalus khusus tumbuhan yang terdapat di UPT Materia Medica Batu.

Serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak yang sudah diayak, ditimbang sebanyak 0.8 gr dengan perbandingan; (0:10), (7:3), (5:5) dan (10:0). Menurut Rizkiyah (2014) berdasarkan uji ESR-SEM dan uji karakter fisis biofilter, campuran biofilter terbaik yaitu pada biji kurma sangrai dan massa 0.8-0.9 gr, sehingga massa yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 0.8 gr. Masing-masing variasi serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dicampur dengan PEG sebanyak 0.3 ml dan diaduk hingga homogen kemudian dicetak dalam pipa

berdiameter 0.7 cm dan panjang 2 cm. biofilter didiamkan hingga kering sehingga dapat dikeluarkan dari dicetakan. Sebagai pembanding digunakan air perasan daun waru pada biofilter untuk tiap variasi komposisi. Air perasan daun waru diambil dengan cara merebus daun waru yang masih muda sebanyak 10 gr selama ±3 menit kemudian ditumbuk dan disaring dengan kain penyaring. Pengambilan daun waru untuk matriks yakni dipilih daun yang masih muda. Karena daun waru yang masih muda menghasilkan lebih banyak lendir yang dapat digunakan untuk matriks. Biofilter dioven pada suhu minimal 105^{o}C selama 20 menit. Pengovenan bertujuan untuk mengurangi kadar air, menguatkan struktur komposit biofilter dan membentuk pori biofilter (Rizkiyah, 2014).

4.1.2 Pengujian ESR (*Electron Spin Resonaney*)

Pengujian penyerapan asap rokok oleh biofilter dilakukan untuk mengetahui jenis radikal bebas dilakukan dengan perhitungan nilai faktor g pada *Electron Spin Resonance* (ESR) di laboratorium Fisika Lanjutan Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Sebelum pengujian sample biofilter menggunakan ESR, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan molekul organik DPPH (*1,1-difenil-2-pikrilhidrazil*), DPPH merupakan molekul radikal bebas stabil yang mempunyai satu buah atom N tak berpasangan. Elektron pada DPPH tidak memiliki momentum anguler (1 = 0), sehingga cocok untuk kalibrator ESR. Sampel DPPH diletakkan pada medan magnet searah diantara koil yang dialiri medan magnet bolak-balik (AC) sehingga terjadi resonansi. Perubahan fase ditampilkan dalam bentuk kurva simetris pada osiloskop. Resonansi standar DPPH untuk menentukan nilai faktor g = 2.0036 diperoleh dengan cara

menghitung perubahan arus listrik yang mengalir pada sampel dan frekuensi resonansi. Kemudian dilakukan rangkaian penghisapan asap rokok untuk memperoleh nilai faktor g dimana dari nilai tersebut dapat dibandingkan dengan literatur guna mendapatkan jenis radikal bebas. Hasil ESR pada rokok kretek filter buatan pabrik ditujunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jenis radikal bebas yang terdeteksi dalam rokok kretek

Perlakuan	Jenis radikal bebas
Rokok kretek no filter	Hidroperoksida
	CO^-_2
	C
	Peroxy
	O^-_2
	CuOx
	$CuGeO_3$

Biofilter yang sudah dioven dipasangkan di rokok kretek dan dihubungkan ke koil dengan menggunakan selang berdiameter 0.4 cm. ujung sisi selang yang lainnya dihubungkan dengan suntikan 50 ml yang berfungsi sebagai penghisap. Setelah terpasang rangkaian pada ESR, kemudian dialakukan pengaturan beda fase nilai frekuensi secara perlahan-lahan sedikit demi sedikit hingga diperoleh kurva simetris pada osiloskop. Hasil ESR pada rokok kretek setelah diberikan biofilter ditunjukkan pada tabel 4.2 dan 4.3.

Tabel 4.2 Pengujian radikal bebas biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks daun waru

Uji	Massa (gr)		Jenis Radikal Bebas						
	Jintan Hitam	Kayu Siwak	Hidro peroksida	CO_2^-	C	Peroxy	O_2^-	CuOx	$CuGeO_3$
I	0.8	0						√	√
	0.5	0.3						√	
	0.4	0.4					√	√	
	0	0.8					√	√	√
II	0.8	0						√	
	0.5	0.3						√	
	0.4	0.4						√	√
	0	0.8					√	√	√
III	0.8	0						√	√
	0.5	0.3							√
	0.4	0.4					√	√	
	0	0.8					√	√	√

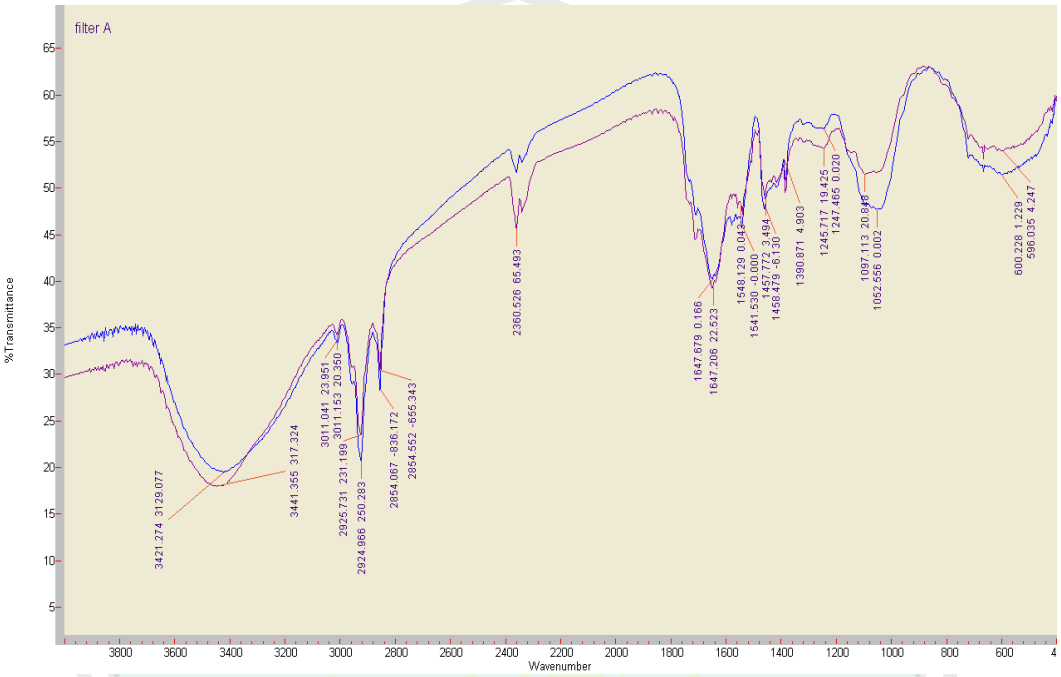
Tabel 4.3 Pengujian radikal bebas biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks PEG

Uji	Massa (gr)		Jenis Radikal Bebas						
	Jintan Hitam	Kayu Siwak	Hidro peroksida	CO_2^-	C	Peroxy	O_2^-	CuOx	$CuGeO_3$
I	0.8	0	√	√	√			√	
	0.5	0.3	√	√	√		√		
	0.4	0.4		√		√	√	√	
	0	0.8			√	√	√	√	√
II	0.8	0	√	√	√			√	
	0.5	0.3	√	√	√		√		
	0.4	0.4			√	√	√	√	
	0	0.8		√		√	√	√	
III	0.8	0	√	√	√			√	
	0.5	0.3	√	√	√		√		
	0.4	0.4		√		√	√	√	
	0	0.8		√		√	√	√	√

4.1.3 Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*)

Hasil analisis FTIR digunakan sebagai penunjang untuk mengetahui gugus fungsi dari produk biofilter. Data serapan yang dihasilkan digunakan sebagai data

penunjang untuk mengidentifikasi produk biofilter yang dihasilkan. Spektra hasil instrument FTIR seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Perbandingan gambar puncak yang terbentuk pada spektra FTIR oleh biofilter A (warna biru) dan biofilter B (warna merah)

Pada spektra yang dihasilkan oleh biofilter A (sebelum diuji ESR), terhadap beberapa puncak spektra terdapat minimal 11 puncak yang teridentifikasi yaitu pada bilangan gelombang (3421.274 ; 3011.041 ; 2924.966 ; 2854.067 ; 1647.679 ; 1541.530 ; 1458.479 ; 1390.871 ; 1247.465 ; 1052.556 ; 600.228) cm^{-1}. Sedangkan pada biofilter B (setelah diuji ESR) juga terdapat minimal 11 puncak yang teridentifikasi yaitu pada bilangan gelombang (3441.355 ; 3011.153 ; 2925.731 ; 2854.552 ; 1647.206 ; 1548.120 ; 1457.772 ; 1245.717 ; 1097.113 ; 596.035) cm^{-1}. Dari puncak-puncak yang didapatkan dari hasil uji FTIR kemudian dicocokkan dengan tabel daerah gugus fungsi pada FTIR untuk mengetahui senyawa yang terbentuk seperti pada tabel 4.4 dan 4.5.

Tabel 4.4 Gugus fungsi yang terbentuk pada biofilter dengan matriks daun waru perbandingan (7:3) sebelum diuji ESR

Bilangan gelombang (cm^{-1})	Gugus fungsi
3421.274	OH
3011.041	C-H
2924.966	$C\text{-}CH_3$
2854.067	CH-CH
1647.679	C=O
1541.530	C=C
1458.479	C=C
1390.871	C-H
1247.465	C-O
1052.556	C-O
600.228	C-C

Tabel 4.5 Gugus fungsi yang terbentuk pada biofilter dengan matriks daun waru perbandingan (7:3) setelah diuji ESR

Bilangan gelombang (cm^{-1})	Gugus fungsi
3441.355	OH
3011.153	C-H
2925.731	$C\text{-}CH_3$
2854.552	CH-CH
1647.206	C=O
1548.120	C=C
1457.772	C=C
1245.717	C-O
1097.113	C-O
596.035	C-C

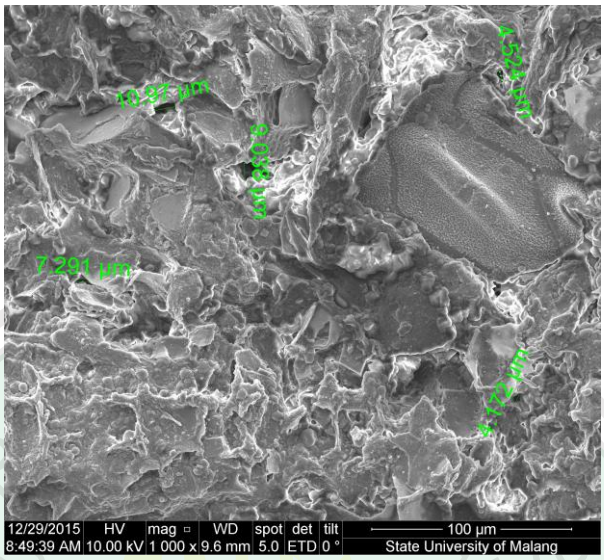
Pada bilangan gelombang 3421.274 cm^{-1} di sampel biofilter A menunjukkan adanya gugus fungsi OH dan di sampel biofilter B menunjukkan adanya gugus fungsi OH juga dengan penampakan puncak yang sama. Hal ini menunjukkan tidak adanya reaksi senyawa hidroksil ini. Pada bilangan gelombang 2924.966 cm^{-1} di sampel biofilter A menunjukkan adanya gugus fungsi $C\text{-}CH_3$ dan di sampel biofilter B terdapat bilangan gelombang 2925.731 cm^{-1} yang juga menunjukkan

adanya gugus fungsi C-CH_3 dengan penampakan puncak yang tidak sama. Dari perubahan bentuk puncak ini menandakan adanya reaksi yang berlangsung pada ikatan tersebut.

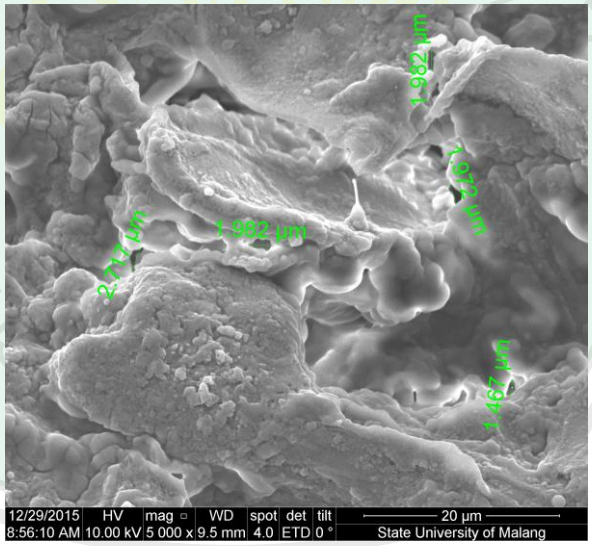
4.1.4 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Hasil dari pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) bertujuan untuk melihat struktur permukaan biofilter dengan perbesaran 1000 kali dan 7500 kali. Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Sentral Jurusan Fisika Universitas Negeri Malang. Pemilihan sampel uji SEM didasarkan pada biofilter yang mempunyai daya serap yang paling baik terhadap radikal bebas asap rokok, yaitu biofilter berbahan serbuk jintan hitam dan serbuk kayu siwak dengan perbandingan (7:3) dengan menggunakan matriks daun waru.

Sampel yang dianalisis ditempelkan pada *conducting glue* menggunakan *hand* blower kemudian dilakukan proses coating untuk melapisi sampel dengan emas (Anggraeni, 2008). Tujuan pelapisan (coating) biofilter dengan emas (Au) agar selama proses scanning SEM sampel tidak rusak dan biofilter bersifat konduktif sehingga berkas elektron bisa dipantulkan dan menghasilkan gambar topografi permukaan sampel (Rizqiyah, 2014). Hasil pengujian SEM pada biofilter ditunjukkan pada gambar 4.2 dengan perbesaran 1000 kali menunjukkan permukaan biofilter yang tersusun atas material yang tersebar kurang merata dan terbentuk lempengan, gambar 4.3 dengan perbesaran 5000 kali menunjukkan pori-pori membran membentuk rongga di permukaan biofilter.



Gambar 4.2 Hasil uji SEM biofilter perbandingan (7:3) dengan matriks daun waru perbesaran 1000 kali



Gambar 4.3 SEM biofilter perbandingan (7:3) dengan matriks daun waru perbesaran 5000 kali

Pengukuran diameter pori pada biofilter dilakukan dengan membuat plot sepanjang pori pada permukaan membran dan menunjukkan diameter rata-rata 15.12µm pada biofilter dengan perbesaran 5000 kali.

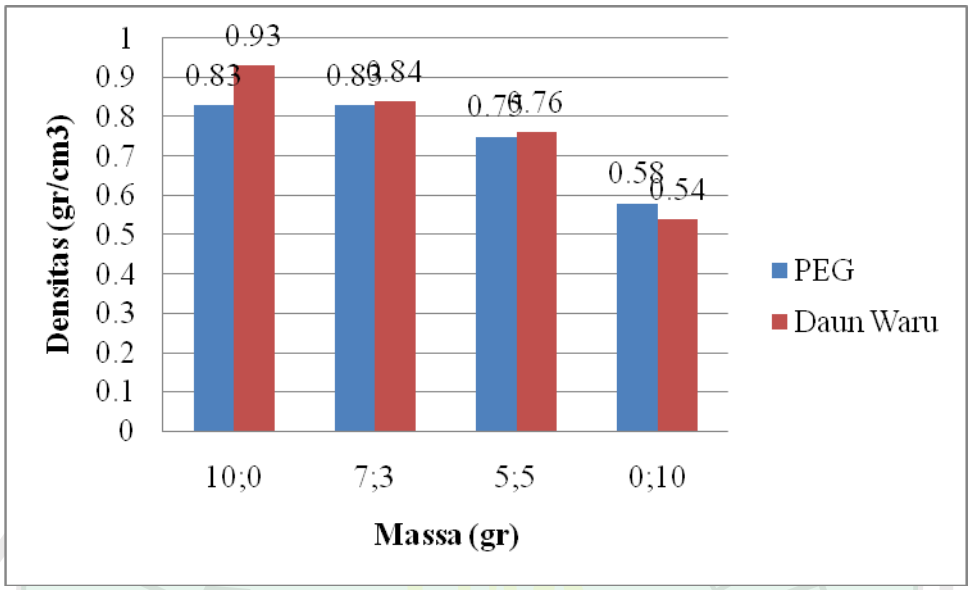
4.1.5 Pengujian Kerapatan dan Porositas

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Thermodinamika Jurusan Fisika Universitas Maulana Malik Ibrahim Malang. Uji kerapatan adalah pengujian untuk melihat karakteristik fisis biofilter yaitu dengan menimbang massa kering biofilter dengan menggunakan neraca analitik kemudian menghitung tinggi dan jari-jari biofilter untuk mendapatkan volumenya. Setelah itu membagi massa biofilter dan volumenya untuk didapatkan densitas (kerapatan). Untuk pengujian porositas yaitu dengan menimbang massa kering dan massa basah biofilter dan menghitung volumenya. Hasil uji kerapatan dan porositas ditunjukkan pada tabel 4.6.

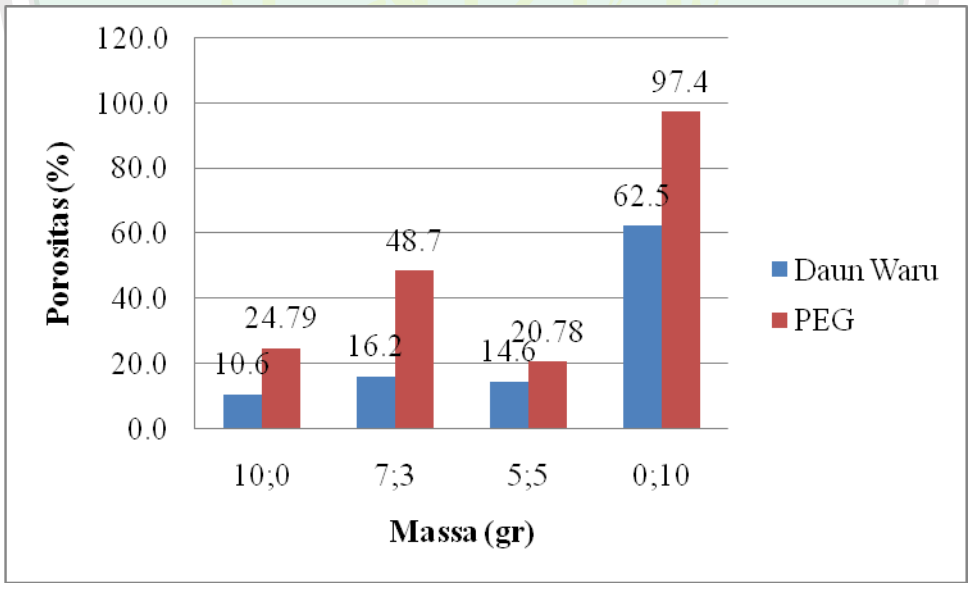
Tabel 4.6 Hasil uji kerapatan dan porositas biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks daun waru dan PEG

Matriks	Massa (gr)		Mk (gr)	Mb (gr)	V (cm^3)	ρ (gr/cm^3)	ρ (%)
	Jintan Hitam	Kayu Siwak					
Daun Waru	0.8	0	0.79	0.88	0.85	0.93	10.63
	0.5	0.3	0.78	0.93	0.92	0.84	16.23
	0.5	0.5	0.73	0.87	0.96	0.76	14.55
	0	0.8	0.66	1.43	1.23	0.54	62.50
PEG	0.8	0	0.70	0.91	0.85	0.83	24.79
	0.5	0.3	0.77	1.22	0.92	0.83	48.70
	0.5	0.5	0.72	0.92	0.96	0.75	20.78
	0	0.8	0.71	1.91	1.23	0.58	97.40

Hasil pengujian kerapatan biofilter dengan matriks daun waru didapatkan densitas terbesar yaitu 0.93 gr/cm^3 pada biofilter dengan variasi massa 10:0, sedangkan kerapatan biofilter dengan matriks PEG didapatkan densitas terbesar yaitu 0.83 gr/cm^3 biofilter dengan variasi massa 10:0 dan 7:3 seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.4 Perbandingan nilai kerapatan biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks daun waru dan PEG



Gambar 4.5 Perbandingan nilai porositas biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks daun waru dan PEG

Hasil pengujian porositas biofilter dengan matriks daun waru didapatkan densitas terkecil yaitu 10.6 % pada biofilter dengan variasi massa 10:0, sedangkan porositas biofilter dengan matriks PEG didapatkan densitas terkecil yaitu 10.6 %

pada biofilter dengan variasi massa 10:0 seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.8.

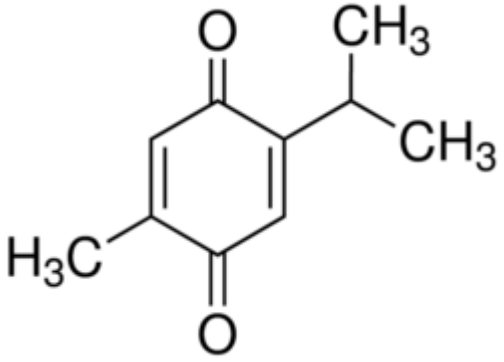
4.2 Pembahasan

Biofilter merupakan campuran dari beberapa bahan yang berasal dari alam dan diolah menjadi material komposit yang bertujuan untuk menyerap dan menghilangkan pertikel radikal bebas yang terdapat di lingkungan. Penggunaan biofilter disini adalah sebagai filter untuk menangkap radikal bebas asap rokok sebagai pengganti dari filter buatan pabrik. Biofilter ini merupakan campuran dari biji jintan hitam dan kayu siwak yang diserbukkan dan diayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh.

Berdasarkan dari penelitian sebelumnya telah diketahui bahwa ada 7 jenis radikal bebas yang dihasilkan dari asap rokok non filter yaitu Hidroperoksida, CO_2^-, C, Peroksida, O^-_2, CuOx, dan $CuGeO_3$. Pengujian ESR dilakukan untuk mengetahui efektifitas penyerapan biofilter berbahan serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dibandingkan dengan filter buatan pabrik. Pengujian ESR dilakukan dengan 3 kali ulangan untuk tiap variasi perbandingan massa dan matriks dan untuk biofilter perbandingan (7:3) dengan matriks daun waru dapat menyerap 6 jenis radikal bebas dan meloloskan 1 jenis radikal bebas yaitu CuOx. Sedangkan untuk biofilter dengan matriks PEG dapat menyerap 3 jenis radikal bebas dan meloloskan 4 jenis radikal bebas yaitu Hidroperoksida, CO_2^-, C dan O_2^-. Berdasarkan hasil pengujian ESR (*Electron Spin Resonance*) ditunjukkan bahwa biofilter dengan campuran antara serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak perbandingan (7:3) dengan matriks daun waru lebih efektif karena dapat

menyerap 6 jenis radikal bebas dan hanya meloloskan 1 jenis radikal bebas saja yaitu CuOx.

Aktivitas radikal bebas dapat dihambat oleh antioksidan. Antioksidan adalah substansi yang diperlukan untuk menetralisir radikal bebas dan mencegah kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas. Bahan alam yang mengandung antioksidan yang kuat salah satunya adalah jintan hitam (*Nigella sativa*). Jintan hitam mengandung beberapa senyawa antioksidan seperti thymoquinone, nigellone, carvacrol, t-anethole, dan 4-terpineol (Kurnia, 2011). Kandungan kimia lainnya yang terdapat dalam jintan hitam adalah minyak atsiri 1,5% (terdiri dari 40 – 60% karven, d-limonen, simen, dan terpen-terpen lain), glukosida saponin, glukosida beracun melantin, zat pahit nigelin, nigelon dan timokinon. Selain itu kandungan dari biji jinten hitam antara lain oleat (omega 9), linoleat (omega 6), linolenat (omega 3), fitosterol, alkaloid (nigellein dan nigellamin-n-oksida), protein, asam-asam amino (Ahsan, 2007), polisakarida, zat besi, karoten, dan kalsium (Susilo, 2006).



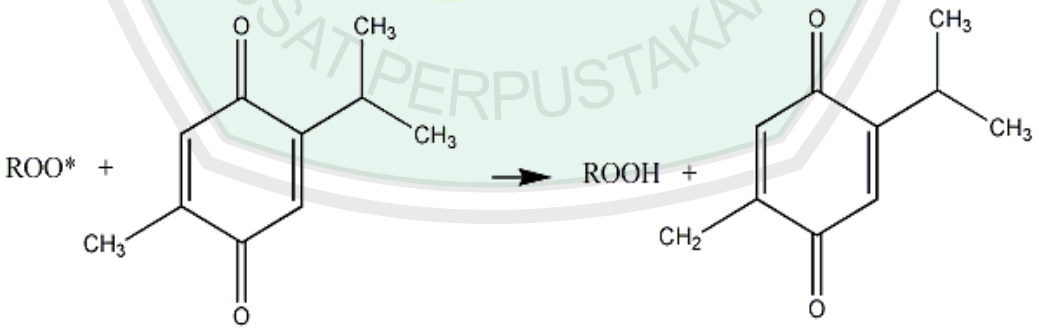
Gambar 4.6 Gugus fungsi thymoquinone (khazanahilmublog.files.wordpress.com)

Prosentase kandungan aktif biji jintan hitam adalah p-cymene (7.1% - 15.5%), carvacrol (5.8% - 11.6%), dan yang terbesar adalah thymoquinone (27.8% - 57.0%). Analisis dan publikasi studi-studi yang telah dilakukan di beberapa negara, menyatakan bahwa *Nigella sativa* dapat digunakan sebagai antioksidan, anti diabetes, anti kolesterol, anti kanker, anti peradangan, anti histamin, anti asma bronkial, anti infeksi bakteri, virus dan parasit dan dapat digunakan sebagai immunomodulator (Abdulelah et al., 2007).

Proses penjeratan radikal bebas oleh biofilter dipengaruhi oleh adanya senyawa Thymoquinone yang terkandung di dalam serbuk biji jintan hitam (*Nigella sativa*). Thymoquinone yang merupakan kandungan utama dari *Nigella sativa* dilaporkan menunjukkan efek proteksi hepar mencit yang diinduksi oleh CCl4. Minyak atsiri 1,5% (terdiri dari 40 – 60% karven, d-limonen, simen, dan terpen-terpen lain), glukosida saponin, glukosida beracun melantin, zat pahit nigelin, nigelon dan timokinon. Selain itu kandungan dari biji jinten hitam antara lain oleat (omega 9), linoleat (omega 6), linolenat (omega 3), fitosterol, alkaloid (nigellein dan nigellamin-n-oksida), protein, asam-asam amino (Ahsan, 2007), polisakarida, zat besi, karoten, dan kalsium (Susilo, 2006).

Salah satu fungsi thymoquinone adalah sebagai antioksidan dengan cara menghambat reaksi propagasi radikal bebas. Thymoquinone dapat menghambat peroksidasi lipid melalui perannya sebagai *scavenger* terhadap radikal superoksida (O_2^-) dan membentuk senyawa lain yang tidak reaktif. Kemampuan sebagai *scavenger* tersebut juga efektif terhadap radikal hidroksil (OH). Antioksidan carvacrol, t-anethole dan 4-terpineol belum diketahui dengan pasti

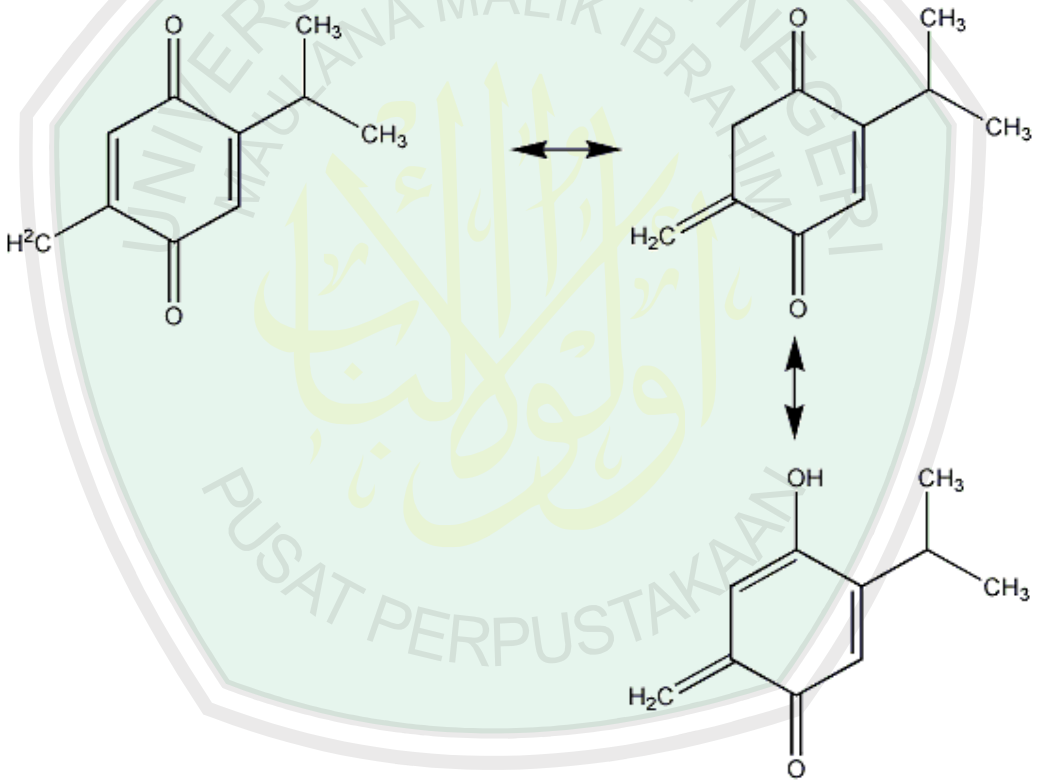
mekanisme kerjanya, tetapi penelitian yang dilakukan oleh Burits et al (2000) menunjukkan bahwa baik thymoquinone, carvacrol, t-anethole maupun 4-terpineol menunjukkan kemampuan sebagai scavenger radikal bebas dengan baik. Mekanisme antioksidan yang bervariasi dari keempat bahan aktif yang ada pada jintan hitam membuat jintan hitam lebih unggul dari antioksidan kimiawi. Salah satu kelemahan dari antioksidan kimiawi adalah; (1) saat bahan tereduksi menjadi radikal maka derivat radikalnya juga terbentuk. Sehingga jika suatu radikal sangat tidak stabil, reaksi radikal berantai mungkin akan berlanjut. (2) bahan tereduksi dapat mereduksi oksigen menjadi superoksida atau peroksida merupakan radikal hidroksil dalam reaksi auto-oksidasi. sedangkan pada jintan hitam, hasil sampingan berupa radikal yang tidak stabil segera dihambat dengan kemampuannya sebagai *scavenger* dan donor elektron sehingga menghasilkan senyawa yang lebih stabil, sehingga reaksi radikal berantai dapat dicegah.



Gambar 4.7 Reaksi penjeratan radikal peroxy oleh antioksidan thymoquinone

Cara kerja antioksidan adalah menetralkan senyawa radikal bebas dengan cara menerima atau memberikan elektron untuk mengeliminasi kondisi tidak berpasangan. Pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa antioksidan thymoquinone menetralkan radikal peroxy dengan cara mendonorkan atom H menjadi ROOH.

Sehingga antioksidan thymoquinone berubah menjadi radikal thymoquinone. Akan tetapi senyawa radikal thymoquinone tidak reaktif dikarenakan senyawa ini dapat melakukan resonansi. Proses resonansi adalah perpindahan elektron yang tidak berpasangan antar gugus fungsi sehingga terdistribusikan dan energi menjadi semakin rendah dan semakin stabil. Proses resonansi ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.8 Reaksi resonansi radikal thymoquinone

Selain karena kandungan senyawa antioksidan dalam jintan hitam (*Nigella sativa*), daun waru yang berfungsi sebagai perekat juga mempunyai peran sebagai penangkal radikal bebas asap rokok karena di dalamnya terkandung senyawa antioksidan. Dalam pengobatan tradisional, akar waru digunakan sebagai pendingin bagi sakit demam, daun waru membantu pertumbuhan rambut, sebagai

obat batuk, obat diare berdarah/berlendir, 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).

Uji FTIR digunakan untuk mengetahui perbedaan gugus fungsi yang dihasilkan oleh biofilter A (sebelum dilakukan uji ESR) dan biofilter B (setelah uji ESR) Dimaksudkan agar bisa melihat perbedaan reaksi yang terjadi dan untuk mengetahui kandungan senyawa apa saja yang terdapat dalam produk biofilter tersebut. Dari hasil kedua spektra tersebut menunjukkan adanya kandungan senyawa yang sama dan perbedaannya terletak pada puncak yang muncul seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1. jadi perbedaan bentuk puncak menunjukkan bahwa telah terjadi reaksi kimia pada gugus tersebut. Reaksi kimia disisni adalah perpindahan elektron yang tidak berpasangan dari senyawa antioksidan ke senyawa radikal asap rokok serta terjadi perpindahan elektron antar gugus fungsi senyawa radikal antioksidan.

Spektra infra-red adalah grafik hubungan antara transmitan/serapan suatu zat dengan frekuensi/bilangan gelombang radiasi infra-red pada rentang frekuensi tertentu. Nilai transmitan pada setiap puncak di biofilter A cenderung lebih kecil daripada nilai transmitan di bofilter B. Hal ini dapat terjadi karena adanya hubungan antara proses penjeratan radikal bebas dengan nilai transmitan yang dihasilkan setiap puncak. Semakin besar nilai transmitan maka semakin banyak jenis radikal bebas yang diserap oleh antioksidan.

Uji karakterisasi FTIR didapatkan bilangan gelombang yang menunjukkan adanya gugus fungsi C-CH_3, C=O, C-O, C=C, C-C yang didapat dari kandungan aktif biji jintan hitam yaitu thymoquinone dengan rumus kimia $C_{10}H_{12}O_2$ dan terdapat ikatan C=O, C-C, C-H, C=C. Sebagai akibat dari penambahan matriks berupa air perasan daun waru maka didapatlah gugus fungsi OH, C-H, CH-CH yang menunjukkan adanya kandungan flavonoid pada biofilter. Uji FTIR memberikan hasil bahwa dengan penambahan filler serbuk jintan hitam dan matriks daun waru memunculkan gugus fungsi milik thymoquinone dan flavonoid. Sedangkan gugus fungsi vitamin E dari serbuk siwak tidak terdeteksi dalam spektra. Hal ini dimungkinkan karena komposisi siwak yang lebih kecil dan senyawa vitamin E kurang dominan dalam menangkal radikal bebas asap rokok.

Karakterisasi biofilter melalui uji kerapatan pada masing-masing variasi biofilter. Hasil pengujian kerapatan pada biofilter dengan matriks daun waru menunjukkan nilai kerapatan tertinggi yaitu 0.93 g/cm^3 (gambar 4.4), sedangkan hasil pengujian kerapatan pada biofilter dengan matriks PEG menunjukkan nilai kerapatan tertinggi yaitu 0.83 g/cm^3 (gambar 4.5) Hal ini terjadi karena serbuk biji jintan hitam mempunyai ukuran partikel serbuk yang lebih kecil daripada serbuk siwak yang relatif lebih kasar sehingga penggunan serbuk biji jintan hitam lebih efektif daripada serbuk siwak. Karena ukuran partikel komposit juga berpengaruh terhadap karakteristik sifat fisis biofilter. Penggunaan matriks daun waru sebagai bioflter dapat meningkatkan nilai kerapatan karena ikatan daun waru dengan serbuk biji jintan hitam membentuk pori-pori dalam biofilter. Perbedaan nilai kerapatan yang dihasilkan oleh kedua matriks tersebut memang tidak

seberapa jauh. Hal ini menandakan bahwa penggunaan PEG sebagai matriks pembuatan biofilter bisa digantikan dengan air perasan daun waru. Selain harganya terjangkau dan banyak tersedia di alam, daun waru juga mempunyai kandungan aktif flavonoid yang berfungsi untuk menangkal radikal bebas asap rokok.

Hasil pengujian porositas rata-rata biofilter menggunakan matriks daun waru dan PEG menunjukkan nilai porositas yang beragam tergantung pada perbandingan komposisinya dan matriksnya. Hasil uji porositas pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa nilai porositas terkecil adalah 10.6% pada biofilter perbandingan (10:0) dengan matriks daun waru dan terbesar adalah 97.4% pada biofilter perbandingan (0:10) dengan matriks PEG.

Hubungan kerapatan dan porositas berbanding terbalik, semakin tinggi nilai kerapatan membran maka semakin rendah nilai porositas membran. Hal ini berarti semakin tinggi nilai kerapatan suatu membran maka pori-porinya semakin kecil dan rapat, sebaliknya jika nilai porositasnya tinggi maka suatu membran mempunyai pori-pori dan rongga yang lebar sehingga asap rokok yang melewati membran akan mudah dan jenis radikal bebas dari asap rokok akan sedikit yang dapat diserap oleh membran (Umaiyatus et all., 2015).

Secara morfologi yang terlihat dari hasil SEM dengan perbesaran 5000 kali, serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak perbandingan (7:3) sebagian besar terdistribusi merata akan tetapi masih membentuk struktur lempengan (*flakes*) yang disebabkan oleh sebuk siwak yang mempunyai struktur berserabut dan sebagian kecil tergranulasi membentuk rongga di permukaan biofilter. Hal ini

disebabkan karena pencampuran komposit yang kurang homogen sehingga bentuk porositasnya kurang sempurna.

Daun waru berfungsi sebagai pengikat (binder) serbuk biji jintan hitam dan serbuk siwak sehingga membentuk pori pada permukaan biofilter dengan diameter rata-rata 15.12µm, ukuran pori pada biofilter tidak mempengaruhi penyerapan radkal bebas karena molekul radikal bebas merupakan partikel ultrafine berdiameter rata-rata dalam orde nanometer (nm) dan radikal bebas O^{2}- dengan diameter 0.141 nm mampu melewati pori tanpa hambatan dibuktikan dengan aliran asap rokok melewati biofilter menuju koil dan terdeteksi oleh ESR. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyerapan radikal bebas asap rokok tidak dipengaruhi oleh ukuran pori biofilter, tetapi adanya kandungan antioksidan dalam filler yang berfungsi sebagai *scavenger* molekul radikal bebas dengan mendonorkan elektron dalam senyawa thymoquinone biji jintan hitam pada molekul radikal bebas asap rokok.

Terdapat dua cara penjeratan radikal bebas dalam penelitian ini, yakni penjeratan radikal bebas secara kimia dan secara fisika. Penjeratan radikal bebas secara kimia adalah metode yang digunakan untuk menangkap senyawa radikal yang disebabkan oleh adanya kandungan-kandungan senyawa aktif yang terdapat dalam biofilter. Senyawa radikal dapat terserap karena adanya senyawa antioksidan yang berperan aktif dalam menetralkan oksigen reaktif dengan cara mendonorkan atom H ke senyawa radikal yang terdapat dalam asap rokok sehingga elektron dalam senyawa radikal dapat distabilkan. Sedangkan penjeratan radikal bebas secara fisika merupakan metode yang digunakan untuk menangkap

senyawa radikal melalui pori-pori membran biofilter. Semakin bagus membran yang dibuat maka semakin rapat pori membran yang terbentuk sehingga radikal bebas dapat terjerat dalam membran tersebut. Penggunaan matriks dalam pembuatan biofilter juga mempengaruhi kemampuan senyawa thymoquinone dalam biji jintan hitam untuk menangkap radikal bebas, dalam proses pembuatan biofilter dilakukan pemanasan pada suhu 105^{o}C selama 20 menit untuk menguatkan struktur pori biofilter sehingga tidak mudah rapuh. Menurut Syamsuhidayat dan Hutapea (1991) daun waru merupakan bahan dari alam yang mengandung paling sedikit lima senyawa fenol seperti flavonoid dan saponin. Jadi matriks daun waru juga ikut andil sebagai penangkal radikal bebas asap rokok, seperti pada hasil pengujian FTIR yang mendeteksi gugus fungsi flavonoid. Jadi yang lebih berperan aktif dalam penangkapan radikal bebas asap rokok adalah secara kimiawi. Karakteristik fisis kerapatan sedikit pengaruhnya dalam penangkapan radikal bebas, tetapi sangat berpengaruh pada kekuatan struktur pori membrane agar tidak mudah rapuh dan efektif digunakan sebagai biofilter. Begitu juga dengan porositas permukaan membran yang mempunyai ukuran pori yang lebih besar dari molekul radikal bebas, sehingga untuk mengoptimlkan penyerapan kandungan radikal bebas pada asap rokok dapat dilakukan dengan memperkecil porositas pada membran.

4.2.1 Jintan Hitam (*Nigella sativa*) Dalam Pandangan Islam

Berdasarkan hasil penelitian tentang pembuatan biofilter berbahan serbuk niji jintan hitam (*Nigella sativa*) dan kayu siwak sebagai penangkal radikal bebas asap rokok, menurut hasil penelitian diketahui bahwa biji biji jintan hitam

(*Nigella sativa*) mengandung senyawa antioksidan yang dapat digunakan sebagai penetralisir radikal bebas dalam rokok. Selain itu jintan hitam atau yang biasa disebut sebagai Habbatussauda memang sangat dianjurkan untuk dikonsumsi secara rutin untuk menetralisir senyawa radikal dalam tubuh. Allah SWT dalam surat As-Syu'araa' ayat 7 berfirman:

كَرِيمٍ زَوْجٍ مِنْكُلِّ فِيهَا أَنْبَتْنَا كَمْ الْأَرْضِ إِلَى يَرَوْا أَوَلَمْ

"Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?" (QS. As-Syu'araa':7)

Ayat ini memberi petunjuk bahwa di alam, Allah SWT telah menumbuhkan berbagai macam tumbuhan yang baik. Tumbuhan yang baik dalam hal ini adalah tumbuhan yang dapat dimanfaatkan untuk kehidupan manusia misalnya untuk obat. Salah satu tumbuhan yang dapat digunakan sebagai obat adalah jintan hitam (*Nigella sativa*). Tumbuhan ini menghasilkan senyawa alami pada daun, batang, kulit kayu, buah dan biji. Tanaman yang baik dalam jintan hitam ini adalah tanaman yang dapat digunakan dalam mengatasi terjadinya peningkatan radikal bebas yang membahayakan. Allah SWT memberikan nikmat dan anugerahnya kepada kita umat manusia untuk mengkaji dan mempelajari lebih dalam agar bermanfaat bagi umat manusia. Biji jintan hitam (*Nigella sativa*) termasuk tanaman yang baik dan memiliki banyak manfaat hingga dijuluki sebagai biji pembawa berkah.

Dalam hadist Rasulullah SAW yang diriwayatkan oleh Abu Salamah r.a disebutkan bahwa jintan hitam (*Nigella sativa*) atau yang biasa dikenal dengan

Habbatussauda mengandung obat untuk setiap penyakit kecuali kematian (Al-Jauziyah, 2008). Hal ini dikarenakan adanya berbagai substansi aktif yang terkandung di dalam biji jintan hitam (*Nigella sativa*) yaitu *fixed oil* (asam lemak tak jenuh, termasuk arachidic dan eicosadienoic), protein, alkaloid, saponin dan minyak esensial. Minyak esensial pada biji jintan hitam (*Nigella sativa*) terdiri dari beberapa komponen, yaitu thymoquinone, p-cymene, carvacrol, t-anethole, 4-terpineol dan longifoline (Ilham dan Seclin, 2005). Senyawa aktif thymoquinone merupakan zat metabolik primer pada biji jintan hitam (*Nigella sativa*). Thymoquinone adalah salah satu komponen yang paling banyak ditemukan dalam jintan hitam dan memiliki khasiat antara lain aktivitas antioksidatif dan anti-inflamasi (Ahmed et al., 2009).

Biji jintan hitam (*Nigella sativa*) telah digunakan untuk mengobati berbagai penyakit sejak zaman Rasulullah SAW, meskipun ketika itu manfaatnya sebagai obat belum terbukti secara ilmiah. Biji jintan hitam (*Nigella sativa*) digunakan oleh masyarakat di berbagai Negara untuk mengobati berbagai penyakit. Dibenua Asia, biji jintan hitam (*Nigella sativa*) digunakan untuk mengobati demam, flu, sakit kepala, asma, rematik, dan berbagai infeksi bakteri, serta digunakan sebagai penyedap makanan. Di Pakistan dan Yunani Timur, biji jintan hitam (*Nigella sativa*) digunakan untuk membantu pengeluaran air seni (diuretik), melancarkan ASI, pengobatan bronkitis kronis, asma bronkial, peradangan pada mata, mengobati penyakit kuning dan malaria. Sedangkan di India, biji jintan hitam (*Nigella sativa*) digunakan untuk mengobati maag, kolik, dan infeksi parasite (Hendrik, 2009).

Pemanfaatan biji jintan (*Nigella sativa*) sebagai obat juga dilakukan oleh beberapa ilmuwan muslim pada zaman dahulu.Ibnu Sina, seseorang ahli pengobatan Islam, dalam bukunya "*Canon of Medicine*" menyebutkan bahwa biji jintan hitam (*Nigella sativa*) digunakan untuk melancarkan dahak dan membangkitkan energy tubuh. Ibnu Qayyim, dalam bukunya "*Medicine of The Prophet*" mengungkapkan bahwa biji jintan hitam (*Nigella sativa*) digunakan untuk menyembuhkan batuk, masalah perut, cacingan, masalah kulit, sakit senggugut dan haid. Aimah bin Abdil Fattah, dalam bukunya "*Asy-Syifaa min Washyl Khotamil Anbiyaa*", juga menyebutkan bahwa penggunaan biji jintam hitam (*Nigella sativa*) menjadikan tubuh sehat dan segar.

Pada penelitian ini, biofilter berbahan biji jintan hitam (*Nigella sativa*) terbukti dapat menangkap radikal bebas asap rokok. Senyawa Thymoquinone yang termasuk unsur utama dari biji jintan hitam (*Nigella sativa*) termasuk dalam kategori antioksidan alami seperti vitamin C dan A. *Habbatussauda* mengandung glutathione yang memiliki peran fundamental dalam melindungi tubuh dari radikal bebas. Begitu juga dengan asap rokok yang didalamnya banyak sekali terkandung senyawa radikal bebas yang sangat berbahaya bagi tubuh.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis pembuatan biofilter serbuk biji jintan hitam (*Nigella sativa*) dan kayu siwak (*Salvad*ora persica) dapat disimpulkan bahwa:

1. Biofilter berbahan serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak mampu menangkap 6 jenis radikal bebas. Sampel biofilter terbaik terdapat pada biofilter perbandingan komposisi (7:3) dengan matriks daun waru. Matriks daun waru terbukti lebih efektif daripada PEG. Hal ini dikarenakan daun waru mengandung senyawa antioksidan yakni flavonoid. Senyawa yang berperan aktif dalam menangkal radikal bebas asap rokok dan terdeteksi dalam uji FTIR adalah thymoquinone dan flavonoid. Jenis-jenis radikal bebas yang terserap adalah hidroperoksida, CO_2^-, C, peroksida, O_2^-, dan $CuGeO_3$. Penambahan filler serbuk siwak sangat sedikit pengaruhnya terhadap keefektifan dalam menangkal radikal bebas asap rokok.
2. Komposisi massa serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak berpengaruh terhadap kerapatan dan porositas biofilter. Kerapatan dan porositas terbaik terdapat pada biofilter dengan perbandingan komposisi (10:0) dengan matriks daun waru.

5.2 Saran

1. Untuk mengoptimalkan penelitian biofilter berbahan serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan matriks daun waru, perlu dilakukan uji aplikasi ke hewan coba untuk mengetahui keefektifan biofilter.

2. Pembuatan biofilter dengan serbuk biji jintan hitam dan matriks daun waru menggunakan variasi massa dimungkinkan dapat menghilangkan radikal bebas berjenis CuOx.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM
PUSAT PERPUSTAKAAN

DAFTAR PUSTAKA

Al-Jauziyah. 2008. Ath-thibbun Nabawi, *Pengobatan Cara Nabi Muhammad SAW*. Surabaya: Arkola.

Anggraeni, Nuha Desi. 2008. *Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite.*Bandung. Seminar Nasional – VII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri.

Cahyadi. W. 2006. *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Makanan*. Jakarta: Penerbit Bumi Aksara.

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

Dinas Kesehatan. 2012. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 109 Tahun 2012 tentang Pengamanan Bahan Yang Mengandung zat Adiktif Berupa Produk Tembakau bagi Kesehatan.

El-Dakhakhny,M.N, Lembert N, Ammon HP. 2002. *The Hypoglyeemic Effect of Nigella sativa Oil is Medicated By Extrapan Creatic Actions*. Plantamed 68: 465-466.

El-Daly E.S. 1998. *Protective Effect of Cysteine and Vitamin E, Crocus Sativus and Nigella sativa Extract on Cisplatin. Induced Toxicityn Rats*. J Pharm Belg 53: 87-93.

Fathoni, Achmad dan Muhammad Syukron Maksum. 2008. *Mukjizat Siwak*: "Rahasia Kesehatan Gigi dan Mulut ala Rasulullah SAW". Yogyakarta: Penerbit Santusta.

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

Idrus, Ahmad Zaiyad. B. *Biofilter Aplication for Leachate Treatment*. 2010. Universiti Teknologi Malaysia. Undergraduate Theses

Isma'il, Muhammad Ibn, *Subulus Salaam,* Semarang: Toha Putra, T.tp.

Jaya, Muhammad. 2009. *Pembunuh Berbahaya Itu Bernama Rokok.* Yogyakarta: Riz'ma.

Kamil, Vania Salsabila, dkk. 2013. Efek Antibakterial Ekstrak Etanol Siwak (*Salvadora persica*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Porphyromonas gingivalis* (*The Antibacterial Effect of Ethanolic Extract of Salvadora persica on Growth of Porphyromonas gingivalis*). Jember: Fakultas Kedokteran Universitas Jember. Artikel Ilmiah Penelitian Mahasiswa 2013.

Kurnia, Happy. 2011. Pengaruh Ekstrak Jintan Hitam Terhadap MDA Dan Sel Spermatogonium Tikus Yang Dipapar Asap Rokok Kretek Subakut. Malang:

Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya. Jurnal Kedokteran Brawijaya, Vol. 26, No. 23.

Lolivianda, dkk. *Pengukuran Faktor Emisi Partikel Ultrafine Pada Asap Rokok yang Beredar di Indonesia*. 2013. Malang. Brawijaya University. Physics Student Journal Vol 1. No 1.

Mahmud, M.H. 2007. *Rahasia Tumbuhan Berkhasiat Obat dalam Perspektif Islam. Malang*: UIN Press.

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

Munawaroh, L. 2011. Pengaruh Pemberian Ekstrak Biji Jintan Hitam (*Nigella sativa* Linn.) Terhadap Kadar Transminate Hepar (GPT dan SGPT) Pada Siklus (*Rattus norregicus*) Diabetes. *Skripsi*. Malang: Jurusan Biologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Mustaqim, Abdul. 2008. *Ilmu Ma'anil Hadits*. Yogyakarta: Idea Press.

Muthmainnah, dkk. 2014. Analisis Fisis Membran Biofilter Asap Rokok Berbahan Biji Kurma Untuk Menangkal Radikal Bebas. Malang: Jurusan Fisika Fakutas Sains Dan Teknologi. Jurnal Neutrino Vol. 7, No. 1.

Najwah, Nurun. 2008. *Ilmu Ma'anil Hadis.* Yogyakarta: Cahaya Pustaka.

Rahmawati, I. 2013. Analisis Fisis Komposit Biofilter Berbahan Serbuk Cangkang Kepiting dan Tembakau Untuk Menangkap Radikal Bebas Asap Rokok. *Skripsi*. Malang: Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Rizqiyah, Bilkis. 2014. Pengaruh Variasi Suhu Pengeringan dan Komposisi Biji Kurma (*Phoenix dactylifera L.*) Sebagai Biofilter Untuk Menangkap Radikal Bebas Asap Rokok. *Skripsi*. Malang: Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Sulaiman, shubhi. 2011. Hidup Sehat Dengan Habbatussauda. Jakarta: Al Qowam

Sulistiasari, Y. 2013. Analisis Fisis Komposit Biofilter Berbahan Serbuk Cangkang Kepiting dan Kopi Untuk Menangkap Radikal Bebas Asap Rokok. *Skripsi*. Malang: Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Syarifah, Umaiyatus, dkk. 2015. Anaisis Fisis Membran Biofilter Rokok Dengan Varian Daun, Biji Dan Kulit Delima. Malang: Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi. Jurnal Neutrino Vo. 7, No. 2

Widjajanto, Edi. 2005. Pengaruh Pemberian ekstrak Biji Jintan Hitam (*Nigella sativa*) Terhadap Kadar GSH, MDA, Jumlah Sel Serta Fungsi Sel Makrofag Alveolar Paru Tikus Wistar Yang Dipapar Asap Rokok Kronis. Malang: Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Vol. XXI, No. 3

Winarsi, Hery. 2011. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Yogyakarta: Kanisius.

Yusuf, Mentari. 2014. Efektivitas Penggunaan Jintan Hitam (*Nigella Sativa* Linn.) Dalam Proses Penyembuhan Luka Setelah Pencabutan Gigi. Makassar: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hassanudin Makasar.Physics Student Journal Vol 12. No 34

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Penyerapan Radikal Bebas

Biofilter dengan komposisi serbuk biji jintan hitam dan serbuk kayu siwak dengan matriks daun waru

Uji I

Massa (gr)		Frekuensi (Hz)	Arus (A)	B (T)	Faktor-g	Radikal Bebas
Jintan Hitam	Kayu Siwak					
0.8	0	33.1	0.269	2.22552	2.092248	CuOx $CuGeO_3$
		33.2			2.098569	
		33.4			2.155458	
0.5	0.3	33.1	0.269	2.22552	2.092248	CuOx
		33.2			2.098569	
0.5	0.5	32.2	0.269	2.22552	2.035359	O^-_2 CuOx
		33.1			2.092248	
		33.2			2.098569	
0	0.8	32.2	0.269	2.22552	2.035359	O^-_2 CuOx $CuGeO_3$
		33.1			2.092248	
		33.2			2.098569	
		33.4			2.155458	

Uji II

Massa (gr)		Frekuensi (Hz)	Arus (A)	B (T)	Faktor-g	Radikal Bebas
Jintan Hitam	Kayu Siwak					
0.8	0	33.1	0.269	2.22552	2.092248	CuOx
		33.2			2.098569	
0.5	0.3	33.1	0.269	2.22552	2.092248	CuOx
		33.2			2.098569	
0.5	0.5	33.1	0.269	2.22552	2.092248	CuOx $CuGeO_3$
		33.2			2.098569	
		33.4			2.155458	
0	0.8	32.2	0.269	2.22552	2.035359	CO_2^- CuOx $CuGeO_3$
		33.1			2.092248	
		33.2			2.098569	
		33.4			2.155458	

Uji III

Massa (gr)		Frekuensi (Hz)	Arus (A)	B (T)	Faktor-g	Radikal Bebas
Jintan Hitam	Kayu Siwak					
0.8	0	33.1	0.269	2.22552	2.092248	CuOx $CuGeO_3$
		33.2			2.098569	
		33.4			2.155458	
0.5	0.3	33.4	0.269	2.22552	2.155458	$CuGeO_3$
0.5	0.5	32.2	0.269	2.22552	2.035359	O^-_2 CuOx
		33.1			2.092248	
		33.2			2.098569	
0	0.8	32.2	0.269	2.22552	2.035359	O^-_2 CuOx $CuGeO_3$
		33.1			2.092248	
		33.2			2.098569	
		33.4			2.155458	

Biofilter dengan komposisi serbuk biji jintan hitam dan serbuk kayu siwak dengan matriks PEG

Uji I

Massa (gr)		Frekuensi (Hz)	Arus (A)	B (T)	Faktor-g	Radikal Bebas
Jintan Hitam	Kayu Siwak					
0.8	0	31.4	0.269	2.22552	1.984791	Hidroperoksida CO^{2-} C CuOx
		31.5			1.991112	
		31.6			1.997433	
		31.7			2.003754	
		33.1			2.092248	
		33.2			2.098569	
0.5	0.3	31.4	0.269	2.22552	1.984791	Hidroperoksida CO^{2-} C O^{-}_{2}
		31.5			1.991112	
		31.6			1.997433	
		31.7			2.003754	
		32.2			2.035359	
0.5	0.5	31.5	0.269	2.22552	1.991112	CO^{2-} Peroksida O^{-}_{2} CuOx
		31.6			1.997433	
		31.8			2.010075	
		31.9			2.016396	
		32			2.022717	
		32.1			2.029038	
		32.2			2.035359	
		33.1			2.092248	
		33.2			2.098569	
0	0.8	31.7	0.269	2.22552	2.003754	C Peroksida O_2^{-} CuOx $CuGeO_3$
		31.8			2.010075	
		31.9			2.016396	
		32			2.022717	
		32.1			2.029038	
		32.2			2.035359	
		33.1			2.092248	
		33.2			2.098569	
		34.1			2.155458	

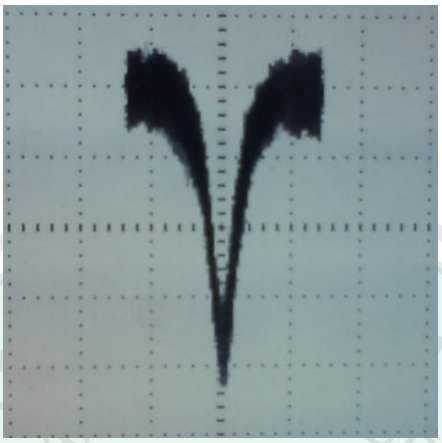
Uji II

Massa (gr)		Frekuensi (Hz)	Arus (A)	B (T)	Faktor-g	Radikal Bebas
Jintan Hitam	Kayu Siwak					
0.8	0	31.4	0.269	2.22552	1.984791	Hidroperoksida CO^{2-} C CuOx
		31.5			1.991112	
		31.6			1.997433	
		31.7			2.003754	
		33.1			2.092248	
		33.2			2.098569	
0.5	0.3	31.4	0.629	2.22552	1.984791	Hidroperoksida CO_2^- C O_2^-
		31.5			1.991112	
		31.6			1.997433	
		31.7			2.003754	
		32.2			2.035359	
0.5	0.5	31.7	0.269	2.22552	2.003754	C Peroksida O^-_2 CuOx
		31.8			2.010075	
		31.9			2.016396	
		32			2.022717	
		32.1			2.029038	
		32.2			2.035359	
		33.1			2.092248	
		33.2			2.098569	
0	0.8	31.5	0.269	2.22552	1.991112	CO^{2-} Peroksida O^-_2 CuOx
		31.6			1.997433	
		31.8			2.010075	
		31.9			2.016396	
		32			2.022717	
		32.1			2.029038	
		32.2			2.035359	
		33.1			2.092248	
		33.2			2.098569	

Uji III

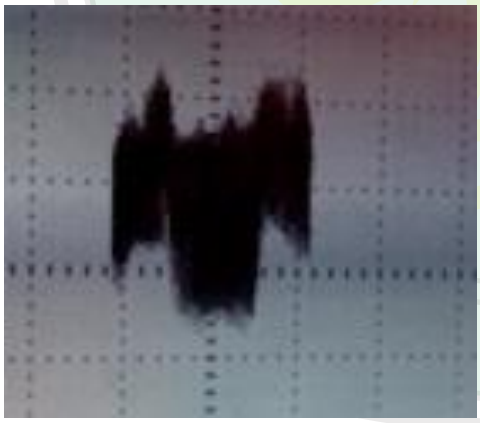
Massa (gr)		Frekuensi (Hz)	Arus (A)	B (T)	Faktor-g	Radikal Bebas
Jintan Hitam	Kayu Siwak					
0.8	0	31.4	0.269	2.22552	1.984791	Hidroperoksida CO^{2-} C CuOx
		31.5			1.991112	
		31.6			1.997433	
		31.7			2.003754	
		33.1			2.092248	
		33.2			2.098569	
0.5	0.3	31.4	0.269	2.22552	1.984791	Hidroperoksida CO_2^- C O_2^-
		31.5			1.991112	
		31.6			1.997433	
		31.7			2.003754	
		32.2			2.098569	
0.5	0.5	31.5	0.269	2.22552	1.991112	CO_2^- Peroksida O^-_2 CuOx
		31.6			1.997433	
		31.8			2.010075	
		31.9			2.016396	
		32			2.022717	
		32.1			2.029038	
		33.2			2.035359	
		33.1			2.092248	
		33.2			2.098569	
0	0.8	31.5	0.269	2.22552	1.991112	CO^{2-} Peroksida O^-_2 CuOx CuGeO3
		31.6			1.997433	
		31.8			2.010075	
		31.9			2.016396	
		32			2.022717	
		32.1			2.029038	
		32.2			2.035359	
		33.1			2.092248	
		33.2			2.098569	
		34.1			2.155458	

Lampiran 2. Gambar Resonansi ESR (*Electron Spin Resonance*)

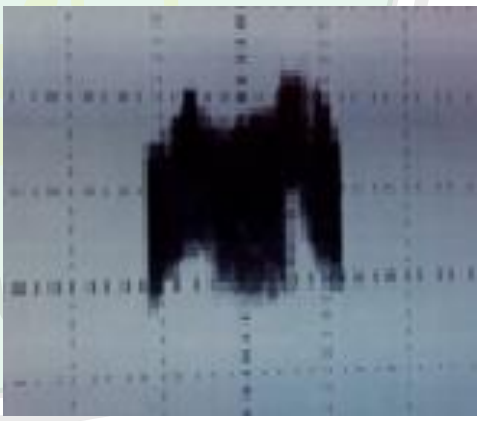


Gambar resonansi DPPH

Gambar resonansi rokok dengan biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan perbandingan (10:0) dan daun waru sebagai matriks

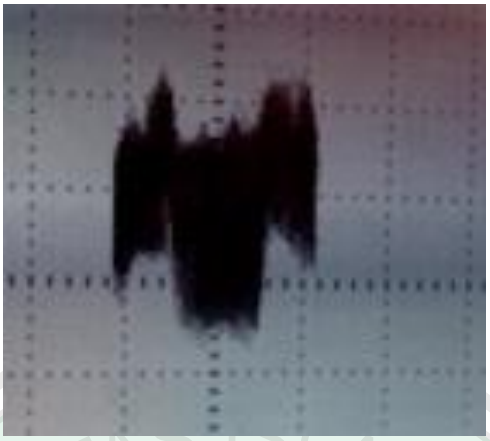


CuOx



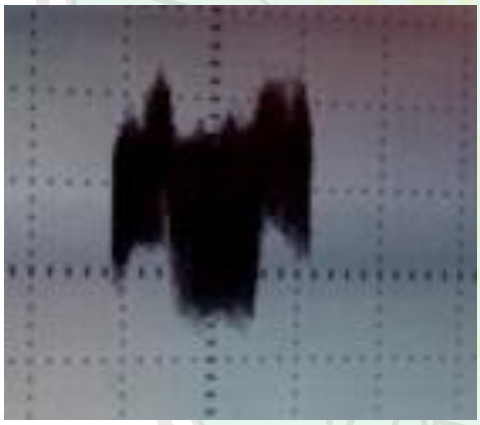
$CuGeO_3$

Gambar resonansi rokok dengan biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan perbandingan (7:3) dan daun waru sebagai matriks

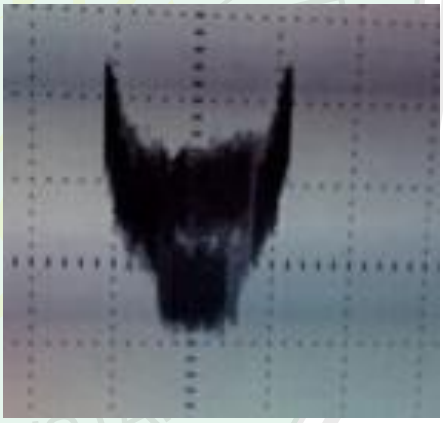


CuOx

Gambar resonansi rokok dengan biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan perbandingan (5:5) dan daun waru sebagai matriks



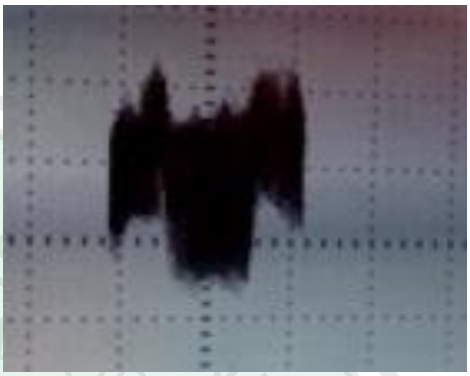
CuOx



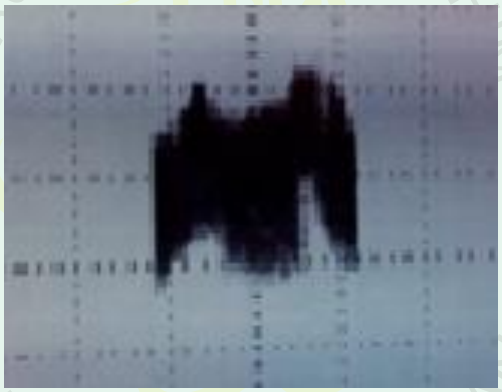
O^-_2

Gambar resonansi rokok dengan biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan perbandingan (0:10) dan daun waru sebagai matriks

O^-_2

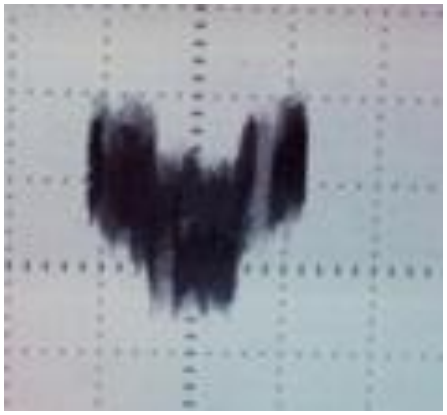


CuOx

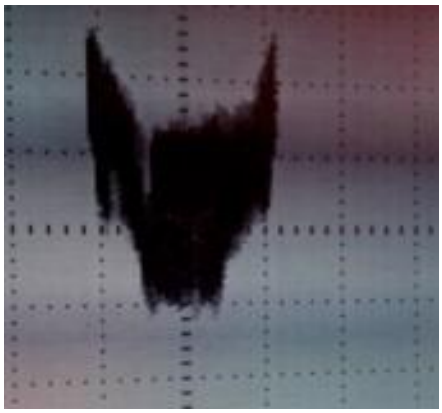


$CuGeO_3$

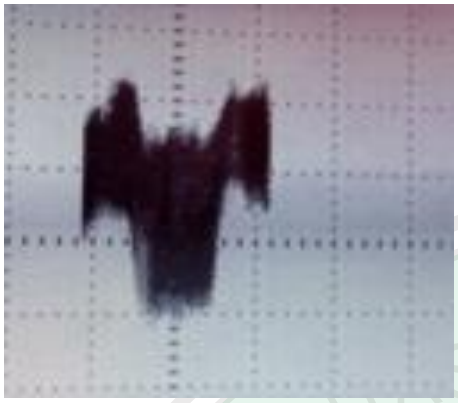
Gambar resonansi rokok dengan biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan perbandingan (10:0) dan PEG sebagai matriks



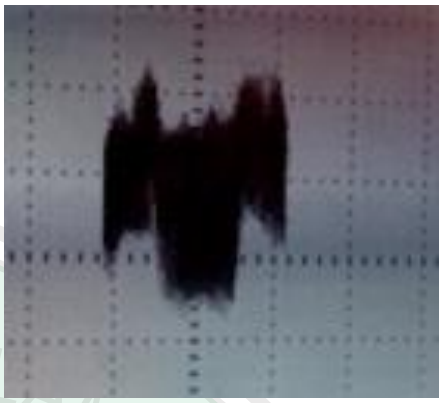
Hidroperoksida



CO^-_2

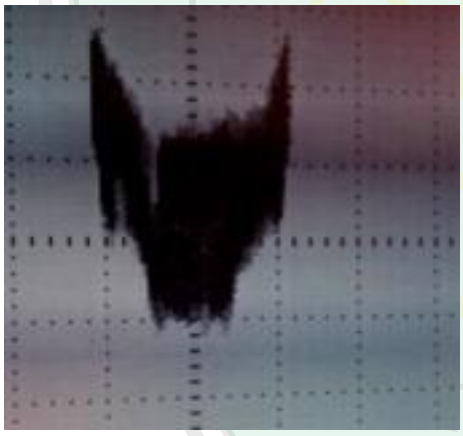


C



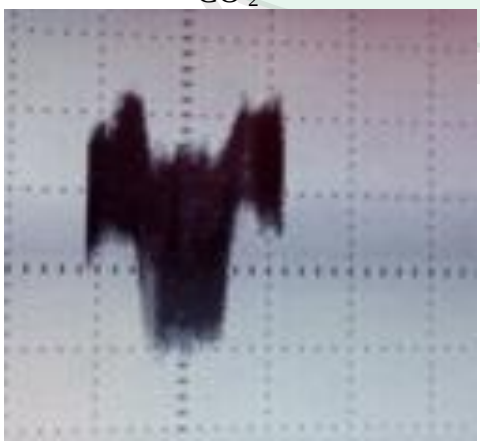
CuOx

Gambar resonansi rokok dengan biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan perbandingan (7:3) dan PEG sebagai matriks

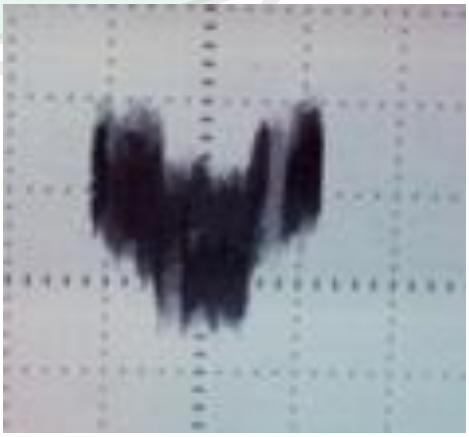


CO^-_2

O^-_2



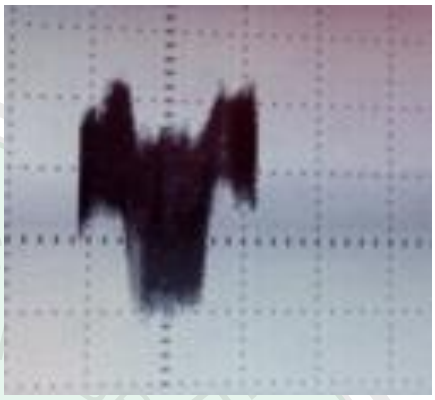
C



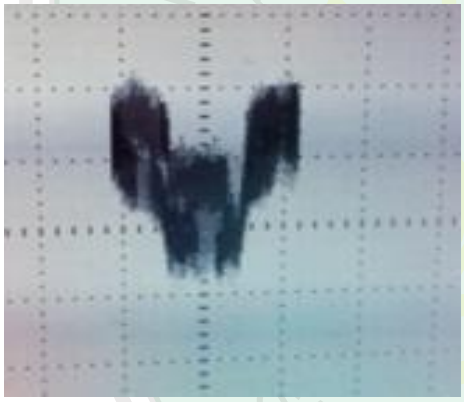
Hidroperoksida

Gambar resonansi rokok dengan biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan perbandingan (5:5) dan PEG sebagai matriks

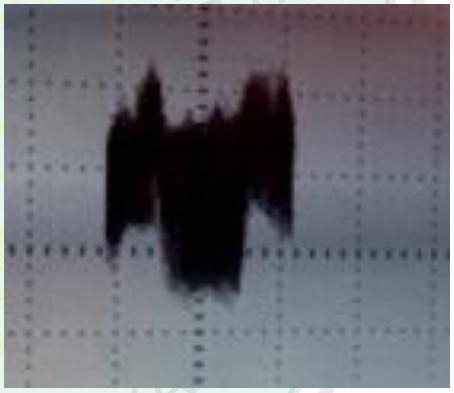
O^-_2



C



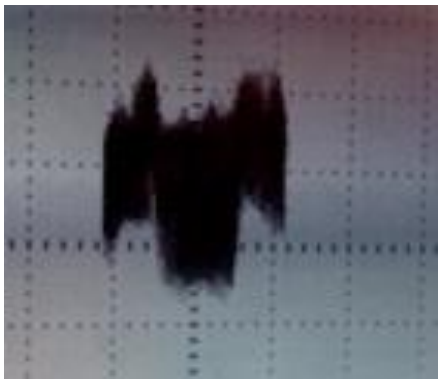
Peroksida



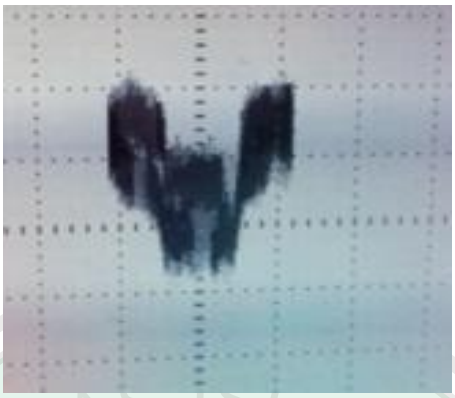
CuOx

Gambar resonansi rokok dengan biofilter serbuk biji jintan hitam dan kayu siwak dengan perbandingan (0:10) dan PEG sebagai matriks

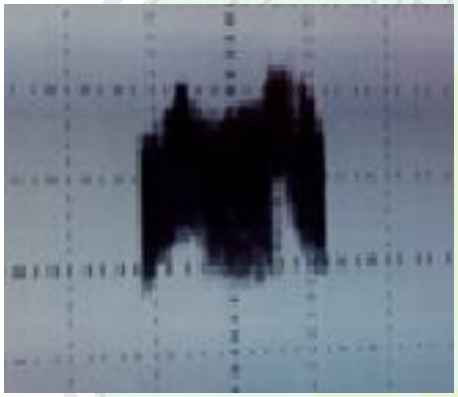
O^-_2



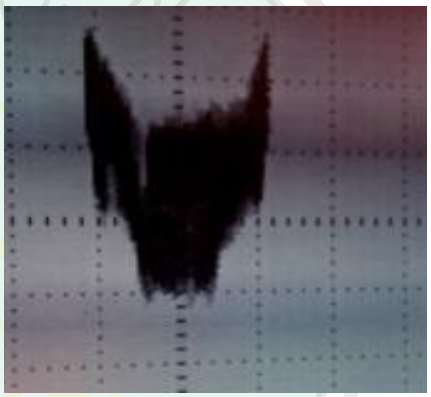
CuOx



Peroksida



$CuGeO_3$



CO^-_2

Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian

Serbuk Biji Jintan Hitam 200 Mesh

Serbuk Kayu Siwak 200 Mesh

Biofilter

Menimbang serbuk jintan dan siwak

Penambahan Matriks

Pencampuran Biofilter

Alat ESR

Alat FTIR

Alat SEM

Mesin Penghalus

Lampiran 4. Data Spektra FTIR

Gugus Fungsi	Jenis Senyawa	Daerah Serapan
C-H	Alkana	2850-2960 , 1350-1470
C-H	Alkena	3020-3080 , 675-870
C-H	Aromatic	3000-3100 , 675-870
C-H	Alkuna	3300
C=C	Alkena	1640-1680
C=C	Aromatic (cincin)	1500-1600
C-O	Alkohol, eter, asam karbosilat, ester	1080-1300
C=O	Aldehida, keton, asam karboksilat, ester	1690-1760
O-H	Alkohol, fenol (monomer)	3610-3640
O-H	Alkohol (ikatan H)	2000-3600
O-H	Asam karboksilat	3000-3600
N-H	amina	3310-3600
C-N	Amina	1180-1360
$-NO_2$	Nitro	1515-1560 , 1345-1385

Sumber. teknologikimiaindustri.blogspot.com