

**PEMANFAATAN ARANG BATOK KELAPA SEBAGAI FILTER
ROKOK TERHADAP EMISI PARTIKEL ULTRAFINE PADA
ASAP MAINSTREAM ROKOK**

SKRIPSI

Oleh:

BINTI FARIDHATUS SHOLIHAH

0910931001-93



JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2013

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**PEMANFAATAN ARANG BATOK KELAPA SEBAGAI FILTER
ROKOK TERHADAP EMISI PARTIKEL ULTRAFINE PADA
ASAP MAINSTREAM ROKOK**

HALAMAN JUDUL

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains dalam bidang fisika

Oleh:

BINTI FARIDHATUS SHOLIHAH

0910931001-93



JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2013

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
PEMANFAATAN ARANG BATOK KELAPA SEBAGAI FILTER
ROKOK TERHADAP EMISI PARTIKEL ULTRAFINE PADA
ASAP MAINSTREAM ROKOK

oleh:

BINTI FARIDHATUS SHOLIAH

0910931001-93

Setelah dipertahankan di depan majelis Penguji pada.....

Dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Arinto Yudi W, Ph.D

NIP. 196407021989031001

Firdy Yuana, S.si., M.Si

NIP. 198003292005022007

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika

Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Drs. Adi Susilo, M.Si, Ph.D

NIP. 196312271991031002

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Binti Faridhatus Sholihah

NIM : 0910931001

Jurusan : Fisika

Penulis skripsi berjudul :

Pemanfaatan Arang Batok Kelapa sebagai Filter Rokok terhadap Emisi Partikel Ultrafine pada Asap *Mainstream* Rokok

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Tugas akhir ini adalah benar-benar karya saya sendiri, dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka TA ini, semata-mata digunakan sebagai acuan/referensi.
2. Apabila dikemudian hari diketahui bahwa isi TA saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukun dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Agustus 2013

Yang Menyatakan

(Binti Faridhatus Sholihah)

NIM. 0910931001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



PEMANFAATAN ARANG BATOK KELAPA SEBAGAI FILTER ROKOK TERHADAPA EMISI PARTIKEL ULTRAFINE PADA ASAP MAINSTREAM ROKOK

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan arang batok kelapa sebagai bahan pengganti filter rokok untuk mengurangi emisi partikel ultrafine asap *mainstream* rokok. Penggunaan bahan filter dari arang batok kelapa karena bahan tersebut dapat menghasilkan karbon aktif berkualitas yang dapat menyerap senyawa hasil pembakaran tembakau rokok. Pada penelitian ini menggunakan tiga jenis rokok (A, B,C) dengan 5 variasi massa arang batok kelapa yang digunakan yaitu (0,6, 0,625, 0,65, 0,675, 0,7) gram. Pengukuran partikel ultrafine asap *mainstream* rokok pada penelitian ini menggunakan *P-track UPC model 8525* dalam chamber dengan ukuran $0.75 \times 0.75 \times 0.75 \text{ m}^3$.

Hasil penelitian menunjukkan trend bahwa filter arang batok kelapa dapat mengurangi jumlah partikel ultrafine pada asap *mainstream* rokok sebesar 84 % hingga 30% tergantung pada kerapatan bahan filter dan rokok yang digunakan. Nilai korelasi pada penelitian ini menunjukkan hubungan penurunan yang linier.

Kata kunci : arang batok kelapa, partikel ultrafine, faktor emisi, asap mainstream.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



THE UTILIZATION OF CHARCOAL COCONUT SHELL AS A CIGARETTE FILTER ON EMISSION ULTRAFINE PARTICLES ON MAINSTREAM SMOKE

ABSTRACT

This study was aimed to use charcoal coconut shell as cigarette filter to reduce ultrafine particles an mainstream smokes. The use of material from coconut shell charcoal filter because the material can produce a quality activated carbon to absorb compounds from burning tobacco cigarettes. In this study using three types of cigarettes (A, B, C) with 5 variation of mass charcoal coconut shells used is (0.6, 0.625, 0.65, 0.675, 0.7) grams. The ultrafine particles on mainstream smoke were measured using a P-track UPC 8525 in chamber of $0.75 \times 0.75 \times 0.75 \text{ m}^3$

The result showed that the charcoal coconut shell filter reduced the ultrafine particle on the mainstream smoke of 30% to 84% depending on the density of the filter and the cigarettes used. Correlation testing in this study showed a linear relationship decline.

Keywords: charcoal coconut shells, ultrafine particles, emission factors, mainstream smoke.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga diberikan kemudahan untuk menyusun dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu jalannya penulisan Tugas Akhir ini, khususnya kepada :

1. Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah yang telah diberikan.
2. Kedua orang tua tercinta, mbak Khotim, Lina, Seyful dan Sahrul yang selalu memberi dukungan moral, material dan spiritual.
3. Bapak Adi Susilo, Ph.D selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
4. Bapak Drs. Arinto Yudi Ponco Wardoyo, M.Sc.,PhD selaku Pembimbing I dan Pembimbing Akademik, atas motivasi, bimbingan, inspirasi dan bantuannya.
5. Ibu Firdy Yuana, M.Si selaku Pembimbing II, atas bimbingan, waktu dan motivasi yang diberikan.
6. Bapak dan ibu dosen staf pengajar, laboran, dan karyawan TU Jurusan Fisika Universitas Brawijaya atas segala bantuannya.
7. Terima kasih banyak untuk Vio, Cemot, Dyah, Intan, Nurul, Delfi, Dahlia, Tika, mb Ita, mb Fu, Vera, Miar, Ratih dan semuanya.
8. Teman-teman Jurusan Fisika Universitas Brawijaya khususnya angkatan 2009, terima kasih atas kebersamaan, kebahagiaan dan kekompakan selama ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Kritik dan saran sangat diharapkan untuk perbaikan selanjutnya. Terimakasih atas segala perhatian dari pembaca dan semoga dapat memberikan manfaat.

Malang, Juli 2013

Penulis

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Rokok	5
2.1.1 Pengertian Rokok.....	5
2.1.2 Rokok Filter.....	6
2.1.3 Enviromental Tobacco Smoke (ETS)	7
2.2 Pembakaran Biomassa	10
2.3 Particulate Matter (PM)	11
2.4 Partikel Ultrafine	12
2.5 Faktor Emisi	14

2.6	Arang Batok Kelapa	15
2.6.1	Pengertian Arang Batok Kelapa.....	15
2.6.2	Karbon Aktif Arang Batok Kelapa	16
2.7	P-Trak Ultrafine Particle Counter (UPC) Model 8525.....	17
BAB III METODE PENELITIAN.....		19
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2	Peralatan dan Bahan	19
3.2.1	Peralatan	19
3.2.2	Bahan.....	22
3.3	Tahap Penelitian	23
3.3.1	Studi Literatur.....	23
3.3.2	Pembuatan filter arang batok kelapa	23
3.3.3	Menentukan Nilai Kecepatan Hisap pada Pompa	26
3.3.4	Perangkaian alat percobaan.....	26
3.4	Pengambilan Data.....	27
3.5	Pengolahan Data.....	28
3.6	Analisa Data	29
3.7	Diagram Alir Penelitian.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Hasil Penelitian.....	31
4.1.1	Hasil pengukuran kecepatan hisap pada pompa	31
4.1.2	Hasil pengukuran konsentrasi partikel ultrafine	32
4.1.3	Penentuan Total Konsentrasi Partikel Ultrafine	36
4.1.4	Penentuan Faktor Emisi Partikel Ultrafine.....	39
4.2	Pembahasan	43

BAB V PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	55

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Bahan-bahan yang terkandung dalam rokok.....	6
Gambar 2. 2	Enviromental Tobacco Smoke.....	7
Gambar 2. 3	(a) Batok kelapa, (b) Serbuk arang batok kelapa	16
Gambar 2. 4	Prinsip Kerja P-Track UPC Model 8525	18
Gambar 3. 1	P-Track UPC Model 8525	19
Gambar 3. 3	Anemomaster Kanomax seri A031.....	20
Gambar 3. 4	Isopropyl Alcohol.....	22
Gambar 3. 5	Rangkaian alat percobaan.....	27
Gambar 3. 6	Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 4. 1	Grafik pengukuran kecepatan hisap pada pompa.....	31
Gambar 4. 2	Grafik konsentrasi partikel ultrafine (partikel/cc) jenis rokok A dengan filter asli	32
Gambar 4. 3	Grafik konsentrasi partikel ultrafine (partikel/cc) jenis rokok A dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,6 gram/cm ³	33
Gambar 4. 4	Grafik konsentrasi partikel ultrafine (partikel/cc) jenis rokok A dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,625 gram/cm ³	33
Gambar 4. 5	Grafik konsentrasi partikel ultrafine(partikel/cc) jenis rokok A dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,65 gram/cm ³	34
Gambar 4. 6	Grafik konsentrasi partikel ultrafine (partikel/cc) jenis rokok A dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,675 gram/cm ³	34
Gambar 4. 7	Grafik konsentrasi partikel ultrafine (partikel/cc) jenis rokok A dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,7 gram/cm ³	35
Gambar 4. 8	Tampilan grafik konsentrasi partikel ultrafine pada <i>software</i> Origin 8.1.....	36
Gambar 4. 9	Tampilan perhitungan luas area konsentrasi partikel ultrafine menggunakan <i>software</i> Origin 8.1	36
Gambar 4. 10	Hasil pengukuran total konsentrasi UFP asap <i>mainstream</i> rokok jenis A.	38
Gambar 4. 11	Hasil pengukuran total konsentrasi UFP asap <i>mainstream</i> jenis rokok B.....	38
Gambar 4. 12	Hasil pengukuran total konsentrasi UFP asap <i>mainstream</i> jenis rokok C.....	39

Gambar 4. 13 Faktor emisi (partikel/batang) partikel ultrafine jenis rokok A..... 40

Gambar 4. 14 Faktor emisi (partikel/batang) partikel ultrafine jenis rokok B..... 41

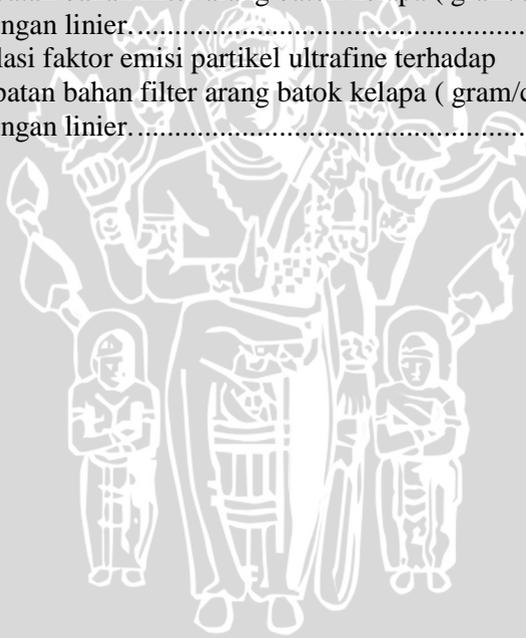
Gambar 4. 15 Total Faktor emisi (partikel/batang) partikel ultrafine jenis rokok C 42

Gambar 4. 16 Prosentase perbandingan faktor emisi dengan kerapatan bahan filter dari arang batok kelapa untuk jenis rokok A,B dan C 43

Gambar 4. 17 Korelasi faktor emisi partikel ultrafine terhadap kerapatan bahan filter arang batok kelapa (gram/cm³) hubungan linier..... 45

Gambar 4. 18 Korelasi faktor emisi partikel ultrafine terhadap kerapatan bahan filter arang batok kelapa (gram/cm³) hubungan linier..... 46

Gambar 4. 19 Korelasi faktor emisi partikel ultrafine terhadap kerapatan bahan filter arang batok kelapa (gram/cm³) hubungan linier..... 47



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Massa arang batok kelapa	24
Tabel 3. 2	Kadar air arang batok kelapa.....	25
Tabel 3. 3	Kerapatan bahan filter arang batok kelapa	26

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran. 1** : Grafik Konsentrasi Partikel rokok B dan C dengan Kerapatan Bahan Filter Arang Batok Kelapa. 55
- Lampiran. 2** : Data Hasil Pengukuran Kecepatan Pompa Hisap 61
- Lampiran. 3** : Perhitungan Luas Area Selang pada Pompa 62
- Lampiran. 4** : Perhitungan Deviasi Faktor Emisi Partikel Ultrafine Pengukuran Tiga Kali Rokok Jenis A 63

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aktiitas merokok merupakan salah satu penyebab penyakit terhadap sistem pernafasan manusia. Sekitar sepertiga dari orang dewasa di dunia adalah perokok. Setiap tahun lebih dari 5 juta orang di seluruh dunia meninggal akibat penyakit yang terkait dari aktivitas merokok. Hal ini dikarenakan rokok mengandung lebih dari 4000 senyawa berbahaya, diantaranya adalah nikotin dan karsinogen seperti radikal bebas, gas berbahaya, senyawa organik volatil (VOC), aldehida, dan hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH) (Dey N,2010).

Asap rokok menimbulkan partikel-partikel baru yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia berupa particulate matter. Salah satu jenis particulate matter (PM) yang terkandung dari hasil pembakaran rokok adalah jenis partikel ultrafine (UFP) yang berukuran kurang dari 0,1 μm . Partikel berukuran nanometer ini sangat sulit dideteksi dan dapat masuk dengan mudah ke dalam tubuh melalui saluran pernafasan. Dampak yang ditimbulkan oleh partikel ultrafine dapat menimbulkan penyakit pada tubuh akibat aktivitas merokok. Penyakit tersebut antara penyakit saluran pernafasan, saluran pencernaan, kanker, osteroporosis, jantung, stroke, kemandulan, dan lain-lain (Daher dkk, 2009).

Banyaknya partikel ultrafine pada asap di representasikan sebagai faktor emisi. Faktor emisi adalah nilai representatif untuk menghubungkan jumlah polutan yang dilepaskan ke atmosfer dengan aktivitas yang terkait dengan pelepasan polutan itu sendiri (Valley, 2012). Jika faktor emisi suatu polutan telah diketahui, maka banyaknya polutan yang lolos per satuan waktu dari proses pembakaran dapat diketahui. Proses pembakaran dapat mempengaruhi besar faktor emisi, jika aktivitas pembakaran semakin besar maka bisa dipastikan bahwa faktor emisi yang dihasilkan juga semakin besar (Wicahyo,2010).

Arang batok kelapa merupakan produk yang diperoleh dari pembakaran tidak sempurna pada batok kelapa. Arang batok kelapa menghasilkan karbon aktif berkualitas yang dapat menyerap senyawa hasil pembakaran tembakau. Pada jurnal penelitian sebelumnya yang berjudul “Activated Charcoal filter Effectivity Reduces P-benzosemiquinone (P-BSQ) from the mainstream cigarette smoke and Prevent Emphysema” (Dey N dkk, 2010) tentang penggunaan arang aktif sebagai filter rokok dapat mengurangi jumlah p-BSQ dalam asap *mainstream*. Mengacu dari penelitian tersebut maka peneliti akan meneliti tentang penggunaan filter arang batok kelapa dan mempelajari pengaruhnya terhadap emisi partikel ultrafine asap *mainstream* rokok.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang di atas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan dengan bagaimana pemanfaatan filter dari arang batok kelapa sebagai bahan pengganti filter rokok terhadap emisi partikel ultrafine yang dihasilkan oleh asap *mainstream* rokok?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Arang batok kelapa yang digunakan didapatkan dari proses pembakaran.
2. Hanya menggunakan 3 jenis rokok filter yang dipilih secara acak.
3. Dalam penelitian ini tidak membahas kandungan rokok dan arang batok kelapa secara kimiawi terhadap faktor partikel ultrafine asap *mainstream* rokok.
4. Tidak membahas kandungan lem yang digunakan untuk merekatkan serbuk arang batok kelapa.
5. Hanya menggunakan satu kecepatan pompa hisap yang digunakan.

6. Partikel yang diukur adalah partikel ultrafine dengan ukuran antara 20-100 nm menggunakan alat *P-Track UPC model 8525*.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan penggunaan arang batok kelapa sebagai bahan pengganti filter rokok terhadap faktor emisi partikel ultrafine asap *mainstream* rokok.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan arang batok kelapa dapat digunakan sebagai bahan alternatif filter rokok yang dapat mengurangi jumlah partikel ultrafine pada asap *mainstream* rokok.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

{Halaman ini sengaja dikosongkan}



BAB II

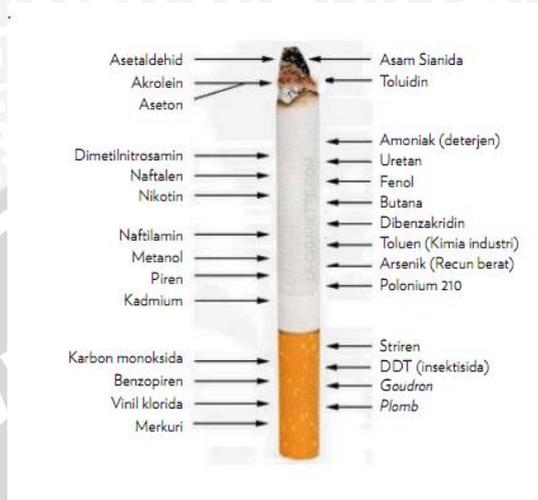
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rokok

2.1.1 Pengertian Rokok

Rokok merupakan merupakan silinder kertas yang berisi daun tembakau kering yang dicacah dan umumnya memiliki ukuran panjang 70 sampai 120 mm. Berdasarkan penggunaan filter pada rokok dibedakan menjadi rokok filter (RF) dan rokok non filter (RNF). Rokok Filter adalah rokok yang bagian pangkalnya terdapat gabus sedangkan rokok non filter adalah rokok yang bagian pangkalnya tidak terdapat gabus (Jaya,2009).

Rokok mengandung banyak bahan zat organik berupa gas dan partikel yang didefinisikan dari daun tembakau berupa asap rokok. Bahan - bahan tersebut bersifat toksik, karsinogenik, radioaktif dan adiktif. Komponen pada rokok dibedakan menjadi 2 bentuk yaitu fase gas dan fase tar (fase partikulat). Fase gas adalah berbagai macam gas berbahaya yang dihasilkan oleh asap rokok yang terdiri dari nitrosamine, nitrosopirolidin, hidrasin, vinil klorida, uretan, formaldehid, hidrogen sianida, akrolein, asetaldehida, nitrogen oksida, ammonia dan karbon monoksida. Fase tar adalah bahan yang terserap dari penyaringan asap rokok menggunakan filter cartridge dengan ukuran pori pori 0,1 μm . Fase ini terdiri dari bensopirin, dibensakridin, dibensokarbonal, piren, fluoranten, hidrokarbon aromatik, polinuklear, naftalen, nitrosamine yang tidak mudah menguap, arsen, nikotin, alkaloid tembakau, fenol dan kresol. Bahan yang terkandung dalam asap rokok dapat dilihat pada gambar 2.1 (Pignot,1987).



Gambar 2.1 Bahan-bahan yang terkandung dalam rokok

Tar dan nikotin adalah dua zat kimia penting yang terkandung dalam rokok, nikotin bersifat adiktif (kecanduan) sementara tar bersifat karsinogenik dan dapat menyebabkan beberapa penyakit. Walaupun upaya pengembangan filter pada rokok telah dilakukan, tetapi kebanyakan filter masih terbuat dari serat CDA (Cellulose Diacetate). Namun CDA pada filter rokok tidak dapat menunjukkan efisiensi penyisihan senyawa beracun pada asap rokok mainstream. Untuk meningkatkan efisiensi penyisihan senyawa beracun tersebut, beberapa zat aditif ditambahkan seperti karbon aktif, zeolite, atau bahkan karbon nanotube, dimana zat aditif tersebut akan mampu menyerap dan mengurani zat beracun dari asap rokok mainstream (Tian,2008).

2.1.2 Rokok Filter

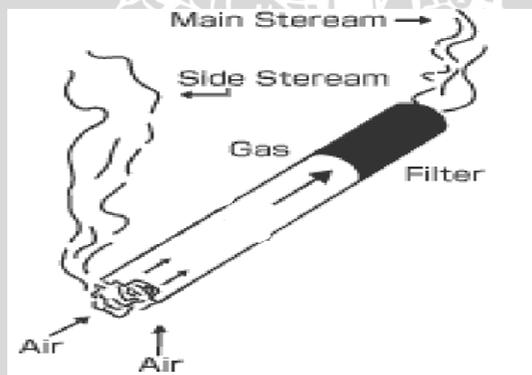
Saat ini jenis rokok yang telah banyak diketahui adalah jenis rokok filter. Rokok filter merupakan rokok yang dibuat berdasarkan bahan campuran tembakau yang dikelilingi oleh kertas berbetuk silinder dan di salah satu ujungnya diberi filter (penyaring). Rokok filter pertama kali diproduksi pada awal tahun 1950 dimana rokok

filter ini dibuat untuk menanggapi tuntutan rokok dengan hasil asap *sidestream* maupun *mainstream* yang rendah. Sebagian besar rokok filter dibuat dari beberapa bahan yang dicampur dengan selulosa asetat dan mampu mengurangi kadar tar dan nikotin sekitar 40-50 % jika dibandingkan dengan rokok jenis non filter (Borgerding dkk, 2005).

2.1.3 Enviromental Tobacco Smoke (ETS)

Environmental Tobacco Smoke (ETS) merupakan asap yang dihasilkan dari asap rokok. ETS dibagi menjadi dua diantaranya adalah *Mainstream Smoke* yaitu asap rokok yang dihisap oleh perokok aktif, dan *Sidestream Smoke* yaitu asap rokok yang dihasilkan dari ujung rokok yang membara.

Asap *mainstream* rokok merupakan asap yang keluar dari pangkal batang sebuah rokok. Asap *sidestream* rokok merupakan asap rokok yang berasal dari ujung sebuah batang rokok. Asap *mainstream* merupakan penyusun partikel ETS yang berkisar antara 15-43 %, sisanya berasal dari asap *sidestream*. ETS dapat dilihat pada gambar 2.2 (Baker,2006)



Gambar 2. 2 Enviromental Tobacco Smoke

Asap rokok *mainstream* secara kimia merupakan aerosol yang kompleks dan dikategorikan baik dalam fase gas maupun fase partikel yang mengendap. Asap rokok *mainstream* biasanya dianalisis kadar dan penyusunnya. Pengukuran kadar meliputi penentuan tar, nikotin, dan karbon monoksida yang dihasilkan dibawah kondisi standar oleh badan standar nasional dan internasional. Sesuai dengan standar ISO, tar dari asap rokok *mainstream* merupakan campuran kompleks kimia, didefinisikan sebagai Total Particulate Matter (PM) pada asap dikurangi berat nikotin dan air. Parameter yang menentukan kadar tar adalah tipe tembakau, berat tembakau, komposisi filter, ventilasi filter, dimensi struktur dan kertas (Slezakova,2008).

ETS telah memberikan kontribusi yang signifikan terhadap jumlah partikel dalam suatu ruangan. Terdapat tiga parameter yang mempengaruhi dampak asap tembakau (ETS) dalam suatu tingkat partikel dalam suatu ruangan. Yang pertama faktor emisi, yaitu massa partikel yang dikeluarkan per satuan ETS sesuai produk tembakau yang diproduksi. Yang kedua adalah ukuran partikel yang bermacam-macam. Secara umum ukuran partikel yang ditemukan di udara dalam ruangan bervariasi dari ukuran 0.001 μm sampai dengan 10 μm . Yang ketiga adalah komposisi kimia. Komposisi kimia sangat penting terhadap efek kesehatan yang merugikan dari paparan ETS (Nassarouf,dkk.,2003).

Pada ETS mengandung komponen zat kimia yang dapat memicu kanker bagi manusia, beberapa diantaranya adalah:

- a. *Acrolein*, merupakan zat cair yang tidak berwarna seperti *aldehyde*. Zat ini sedikit banyaknya mengandung kadar alkohol. Artinya, *acrolein* adalah alkohol yang cairannya telah diambil. Cairan ini sangat mengganggu kesehatan.
- b. *Karbon monoksida*, sejenis gas yang tidak memiliki bau. Unsur ini dihasilkan oleh pembakaran yang tidak sempurna dari unsur zat arang atau karbon. Zat ini sangat beracun. Jika zat ini terbawa dalam hemoglobin, akan mengganggu kondisi oksigen dalam darah.

- c. *Nikotin* adalah cairan berminyak yang tidak berwarna dan dapat membuat rasa perih yang sangat. Nikotin ini menghalangi kontraksi rasa lapar. Itu sebabnya seseorang bisa merasakan tidak laparnya karena merokok.
- d. *Ammonia*, merupakan gas yang tidak berwarna yang terdiri dari nitrogen dan hidrogen. Zat ini sangat tajam baunya dan sangat merangsang. Begitu kerasnya racun yang ada pada ammonia sehingga kalau disuntikkan sedikit pun kepada peredaran darah akan mengakibatkan seseorang pingsan atau koma.
- e. *Formid acid*, sejenis cairan tidak berwarna yang bergerak bebas dan dapat membuat lepuh. Cairan ini sangat tajam dan menusuk baunya. Zat ini dapat menyebabkan seseorang seperti merasa digigit semut.
- f. *Hidrogen sianida*, sejenis gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak memiliki rasa. Zat ini merupakan zat yang paling ringan, mudah terbakar dan sangat efisien untuk menghalangi pernafasan. Sianida adalah salah satu yang mengandung racun yang sangat berbahaya. Sedikit saja sianida dimasukkan langsung ke dalam tubuh dapat mengakibatkan kematian.
- g. *Nitrous oxida*, sejenis gas yang tidak berwarna, dan bila terhisap dapat menyebabkan hilangnya pertimbangan dan mengakibatkan rasa sakit. *Nitrous oxide* adalah jenis zat yang pada mulanya dapat digunakan sebagai pembius waktu melakukan operasi oleh dokter.
- h. *Formaldehida*, sejenis gas tidak berwarna dengan bau yang tajam. Gas ini tergolong sebagai pengawet dan pembasmi hama. Gas ini juga sangat beracun keras terhadap semua organisme-organisme yang hidup.
- i. *Fenol*, merupakan campuran kristal yang dihasilkan dari distilasi beberapa zat organik seperti kayu dan arang, serta diperoleh dari tar arang. Zat ini beracun dan membahayakan karena fenol ini terikat ke protein dan menghalangi aktivitas enzim.

2.2 Pembakaran Biomassa

Pembakaran adalah suatu reaksi kimia antara suatu bahan bakar dan suatu oksidan, disertai dengan produksi panas yang kadang disertai cahaya dalam bentuk api. Pembakaran dibagi menjadi dua, yaitu pembakaran sempurna dan pembakaran tidak sempurna. Pembakaran sempurna terjadi jika campuran bahan bakar dan oksigen memiliki perbandingan yang tepat, sebaliknya pembakaran tidak sempurna terjadi jika campuran bahan bakar dan oksigen tidak memiliki perbandingan yang tepat. Hasil pembakaran sempurna adalah karbon monoksida dan uap air (Atmoko,2012).

Pembakaran biomassa merupakan sumber dari gas efek rumah kaca, CO₂, methane, dan gas nitrogen. Pembakaran biomassa dapat menimbulkan gas kimia aktif seperti karbon monoksida, hidrokarbon, dan asam. Pembakaran biomassa akan meningkatkan laju pembakaran dan mengontrol emisi NO-x termasuk jenis volatil sebagai contoh NH₃, karena biomassa banyak mengandung materi volatile (Lobert,1991).

Proses pembakaran biasanya berlangsung jika ada bahan bakar, pengoksidasi (oksigen atau udara) dan energi aktivasi atau panas. Oksigen, energi dan bahan bakar sering disebut sebagai segitiga api (*fire triangle*) yang merupakan kombinasi tepat untuk agar bisa menyala dan memulai pembakaran. Proses pembakaran dibagi menjadi beberapa tahapan atau fase yaitu fase *ignition* (pemanasan), *flaming* (pembakaran), *smouldering* (pembaraan) dan *glowing* (proses menjadi arang) (Debano,dkk.,1998).

Pembakaran biomassa dalam keadaan ideal dari pembakaran sempurna akan menghasilkan karbon dioksida (CO₂) dan penguapan air (H₂O), sesuai dengan persamaan:



Dimana CH₂O menggambarkan rata-rata komposisi dari material biomassa. Ketika pembakaran sempurna tidak tercapai pada proses pembakaran biomassa, jenis karbon lain yang terdiri dari karbon monoksida(CO), methane(CH₄), nonmethana hidrokarbon(NMHCs),

dan partikel karbon, akan dihasilkan pada pembakaran tidak sempurna dari material biomassa (Salasa,2009).

2.3 Particulate Matter (PM)

Partikulat merupakan salah satu polutan yang sering disebut sebagai partikel yang melayang di udara. Partikulat berada di udara dalam waktu relatif lama, partikulat di udara tersebut dalam keadaan melayang layang kemudian masuk ke tubuh manusia melalui pernafasan. Partikulat dapat membahayakan terhadap kesehatan manusia juga dapat mengganggu daya pandang mata dan dapat menimbulkan berbagai reaksi kimia sehingga menjadi partikel yang rumit karena merupakan campuran dari berbagai bahan dengan ukuran dan bentuk yang relatif berbeda (Farmer,1997).

Partikel digunakan untuk memberikan gambaran partikel cair atau padat yang tersebar di udara dengan ukuran 0,001 μm sampai 500 μm . Partikel mengandung zat-zat organik maupun zat-zat non organik yang terbentuk dari berbagai macam materi dan bahan kimia. Ukuran partikel dapat menggambarkan seberapa jauh partikel dapat terbawa angin, efek yang ditimbulkan, sumber pencemaran dan lamanya masa tinggal partikel di udara (Goldsmith and Friberg,1977).

Dilihat berdasarkan proses terbentuknya, partikulat dibedakan menjadi empat jenis yaitu:

1. Uap merupakan hasil kondensasi. Partikulat uap memiliki ukuran diameter kurang dari 0,1 mikron.
2. Asap merupakan partikulat karbon yang sangat halus dengan ukuran diameter kurang dari 0,5 mikron.
3. Debu merupakan bagian dari aerosol dan biasanya berwujud padat dengan bentuk *irregular* berdiameter lebih besar dari 1 mikron.
4. Coarsa partikel adalah debu dari udara bebas dengan ukuran diameter lebih besar dari 2,5 mikron. Partikulat ini terbentuk dari proses mekanik dan dari debu yang tersuspensi.

(Suliyanto 2010)

Sedangkan dilihat berdasarkan ukurannya, partikulat matter (PM) dibedakan menjadi:

1. PM₁₀ dengan ukuran diameter $\leq 10 \mu\text{m}$.

Partikulat (PM₁₀) memiliki kemampuan yang lebih besar untuk menembus paru paru. Rambut di dalam hidung dapat menyaring debu yang berukuran lebih besar dari $10 \mu\text{m}$. Partikel yang lebih besar dari $10 \mu\text{m}$ tidak terhirup ke dalam paru paru.

2. PM_{2,5} (*fine particulate*) dengan ukuran diameter $\leq 2,5 \mu\text{m}$

Partikulat dibawah $2,5 \mu\text{m}$ tidak disaring dalam sistem pernafasan bagian atas dan menempel pada gelembung paru sehingga dapat menurunkan pertukaran gas.

3. PM₁ dengan ukuran diameter $\leq 1 \mu\text{m}$
4. PM_{0,1} (*ultrafine/UFP*) dengan ukuran diameter $\leq 0,1 \mu\text{m}$

Partikulat ini banyak berasal dari proses industri seperti proses pembakaran.

5. Coarse Fraction partikulat dengan ukuran diameter $2,5-10 \mu\text{m}$.

(Ohlstrom, et al, 1999)

2.4 Partikel Ultrafine

Partikel yang mempunyai ukuran kurang dari $0,1 \mu\text{m}$ dihasilkan dari gas dan kondensasi uap bertemperatur tinggi selama pembakaran. Partikel ini terdiri dari beberapa partikel sulfat, senyawa nitrat, karbon, ammonium, ion hidrogen, senyawa organik, logam (Pb, Cd, V, Ni, Cu, Zn, Mn, dan Fe) dan partikel air terikat. Sumber utama partikel ini berasal dari proses pembakaran bahan bakar, pembakaran vegetasi, peleburan dan pengolahan logam. Kapasitas partikel untuk menghasilkan efek kesehatan yang merugikan pada manusia tergantung pada deposisi dalam saluran pernafasan. Ukuran partikel, bentuk dan kepadatan mempengaruhi tingkat deposisi. Karakteristik paling penting yang mempengaruhi pengendapan

partikel dalam sistem pernafasan adalah ukuran partikel dan aerodinamis (Fierro,2000).

Partikel ultrafine berukuran sangat kecil yaitu kurang dari 100 nm. Partikel ultrafine merupakan salah satu jenis partikel yang dihasilkan dari proses pembakaran rokok. Dalam suatu sistem pernafasan partikel ultrafine dapat dengan cepat masuk ke sistem pernafasan manusia karena berukuran nanometer. Partikel ini akan menumpuk di paru-paru dan mampu masuk ke bagian dalam paru-paru yang paling dalam sehingga sulit untuk dihilangkan. Untuk itu partikel ultrafine menjadi perhatian sangat serius dalam dunia penelitian (Daher,dkk.,2009).

Partikel yang berada di udara dapat berinteraksi antara partikel yang satu dengan partikel lainnya, dimana nantinya interaksi ini dapat menghasilkan partikel baru maupun mengurangi jumlah partikel yang ada di udara. Interaksi partikel yang berada di udara ini dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu interaksi melalui peristiwa berikut:(Lentari, 2013).

- a. *Koagolasi*, proses yang sifatnya dapat mengurangi konsentrasi partikel-partikel kecil di udara. Proses koagulasi ini terjadi melalui tumbukan antar partikel yang berada di udara dimana partikel yang bertumbukan mempunyai ukuran yang tidak sama. Dari peristiwa tumbukan antar partikel ini, maka akan menghasilkan partikel baru yang ukurannya lebih besar dari partikel yang bertumbukan dan memiliki kandungan komponen kimia yang berbeda-beda.
- b. *Nucleation*, merupakan pembentukan partikel dengan ukuran yang sangat kecil dimana diameter dari partikel yang dihasilkan kurang dari 30 nm. Partikel yang berbentuk dari proses nukleation merupakan suatu partikel yang dihasilkan dari konversi gas menjadi partikel. Peristiwa ini dapat terjadi di atmosfer akibat dari proses pembakaran. Partikel akibat proses nukleation ini juga dapat tersusun dari uap homogen yang mengalami nukleation.
- c. *Deposisi* merupakan peristiwa pengurangan jumlah partikel yang berada di udara. Proses deposisi pada partikel dapat terjadi melalui dua proses yaitu proses kering dan proses basah. Dimana untuk proses deposisi basah dapat terjadi akibat pengendapan partikel

terdeposisi oleh air hujan, salju, fog, awan, dan kabut. Sedangkan deposisi kering merupakan transfer partikel secara langsung menuju tanah melalui proses sedimentasi dan difusi. Untuk proses deposisi kering akan lebih efektif jika terjadi pada coarsa partikel. Sedangkan untuk proses deposisi basah akan lebih efektif jika terjadi pada *fine partikel*.

2.5 Faktor Emisi

Faktor emisi didefinisikan sebagai sejumlah berat tertentu polutan yang dihasilkan oleh terbakarnya sejumlah bahan bakar dalam kurun waktu tertentu. Jika faktor emisi suatu polutan telah diketahui, maka banyaknya polutan yang lolos per satuan waktu dari proses pembakaran dapat diketahui. Emisi merupakan jumlah polutan atau pencemar yang dikeluarkan ke udara dalam satuan waktu. Emisi dapat disebabkan oleh proses alam dan kegiatan manusia. Sumber yang menghasilkan sejumlah polutan terbagi menjadi faktor emisi atau laju emisi (Wicahyo, 2010).

Faktor emisi merupakan nilai representatif yang menghubungkan kuantitas suatu polutan yang dilepaskan ke atmosfer dari suatu kegiatan yang terkait dengan sumber polutan (Valley, 2012). Faktor-faktor ini biasanya dinyatakan sebagai berat polutan dibagi dengan satuan berat, volume, jarak ataupun lamanya aktivitas yang mengemisikan polutan. Laju emisi diartikan jumlah polutan sebagai fungsi waktu atau jumlah emisi per satuan waktu.

Emisi dapat dikategorikan menjadi 2 yaitu:

- a. Emisi langsung merupakan emisi yang keluar langsung dari aktifitas atau sumber dalam ruang batas yang ditetapkan. Contoh: emisi CO₂ dari kendaraan bermotor.
- b. Emisi tidak langsung merupakan hasil dari aktifitas di dalam ruang batas yang ditetapkan. Contoh: konsumsi energi listrik di rumah tangga.

(Haurissa dkk., 2010).

2.6 Arang Batok Kelapa

2.6.1 Pengertian Arang Batok Kelapa

Arang adalah residu hitam yang berisi karbon tidak murni yang dihasilkan dengan menghilangkan kandungan air dan komponen volatil dari hewan atau tumbuhan. Umumnya arang didapatkan dengan memanaskan kayu, gula, tulang, dan benda lain. Arang hitam, ringan, mudah hancur, dan menyerupai batu bara terdiri dari 85% sampai 98% karbon, sisanya adalah abu atau benda kimia lainnya. Arang merupakan suatu padatan berpori mengandung 85-95 % karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara di dalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak terkarbonisasi (Prima, 2011).

Pembakaran tidak sempurna pada batok kelapa menyebabkan senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbon dioksida. Peristiwa ini disebut pirolisis. Pada saat pirolisis, energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks terurai sebagian besar menjadi karbon atau arang. Pirolisis untuk pembentukan arang terjadi pada suhu 150~3000 C. Pembentukan arang tersebut disebut sebagai pirolisis primer. Arang dapat mengalami perubahan lebih lanjut menjadi karbon monoksida, gas hidrogen dan gas-gas hidrokarbon. Peristiwa ini disebut sebagai pirolisis sekunder. Arang batok kelapa dapat dilihat pada gambar 2.3 (Prima,2011).



(a)

(b)

Gambar 2.3 (a) Batok kelapa, (b) Serbuk arang batok kelapa

2.6.2 Karbon Aktif Arang Batok Kelapa

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan pada proses absorpsi. Hal ini disebabkan karena karbon aktif mempunyai daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dibandingkan adsorben lainnya. Karbon aktif yang baik haruslah memiliki luas area permukaan yang besar sehingga daya adsorbannya besar. Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan proses aktivasi. Pada proses aktivasi terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaannya. Aktivasi terjadi karena terbentuknya aktif akibat adanya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen (Atmoko,2012).

Karbon aktif terdiri dari 87-97% karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain yang berbentuk dari proses pembuatan. Massa karbon aktif dipengaruhi oleh suhu aktivasi. Semakin tinggi suhu aktivasi maka massa karbon aktif semakin berkurang. Selain itu, semakin tinggi suhu aktivasi karbon aktif akan semakin banyak kadar air yang menguap sehingga mempengaruhi kualitas karbon aktif. Karbon aktif digunakan dalam pemurnian gas, pemurnian emas, ekstraksi logam, air, obat-obatan, perawatan saluran pembuangan, filter udara di

masker gas dan masker penyaring, penyaring di kompresi udara, dan banyak aplikasi lainnya (Idrus, 2013).

Batok kelapa memiliki alasan untuk digunakan sebagai bahan dasar karbon aktif antara lain karena kandungan karbonnya sangat banyak serta kemudahan bahan tersebut untuk didapatkan secara komersial sehingga sering disebutkan bahwa batok kelapa merupakan bahan dasar yang paling cocok untuk karbon aktif. Batok kelapa mengandung material lignoselulosis. Tempurung kelapa terdiri dari 62% selulosa dan himeselulosa yang merupakan polimer linear dari glukosa serta mengandung 35% lignin yang merupakan polimer 3 dimensi dari alkohol aromatik. Sementara itu sisa kandungan batok kelapa sebesar 3% merupakan zat *intraseluler* (Atmoko, 2012).

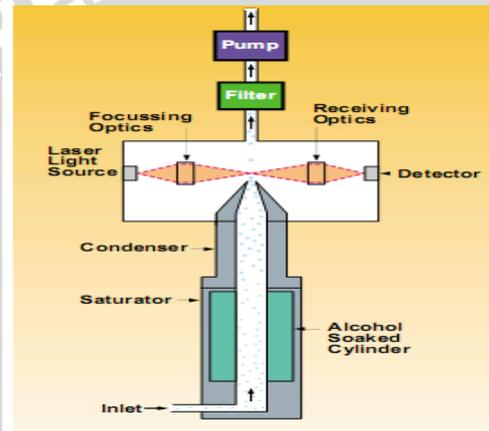
Karbon aktif mikro dikenal sebagai adsorben efektif dalam fase uap filtrasi dan diharapkan dapat menjadi aditif dalam filter rokok untuk penghapusan uap beracun dalam asap rokok. Sebuah filter biasanya terdiri dari serat selulosa asetat yang efektif untuk filtrasi dari asap fase partikulat. Di sisi lain produk fasa uap dari pembakaran tembakau lebih mudah diserap oleh karbon aktif (Dawson, 2012).

2.7 P-Trak Ultrafine Particle Counter (UPC) Model 8525

P-Trak Ultrafine Particle Counter (UPC) Model 8525 merupakan alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi partikel yang berukuran lebih kecil dari mm. Partikel kecil ini akan diperbesar dengan mengkondensasikan pelarut tertentu (air atau alkohol pada permukaan partikel sehingga dapat terdeteksi secara fotomerik.

Prinsip kerja dari alat *UPC P-Track 8525* mampu mendeteksi partikel ultrafine yang berukuran 0,02 sampai 1,0 μm dan mengukur konsentrasi partikel antara 1 sampai 500.000 partikel/cm³. Pada dasarnya prinsip kerja pengukuran pada alat P-track sama seperti prinsip kondensasi, dimana zat yang dikondensasikan berupa isopropyl alcohol. Kemudian sampel udara yang terdiri dari partikel ultrafine akan ditarik atau disedot masuk ke dalam probe 0,71 L/menit (*air flowrate*). Setelah sampel udara masuk ke dalam instrumen, maka partikel ultrafine selanjutnya akan masuk ke dalam tabung saturator dimana di dalam tabung saturator ini terdapat alkohol yang telah dikondensasikan menjadi uap alkohol. Partikel ultrafine dan uap

alkohol yang telah bercampur selanjutnya masuk ke dalam tabung kondenser dimana uap alkohol akan menjadikan partikel ultrafine memadat dan menjadi butiran-butiran, yang mana padatan ini akan lebih mudah untuk dihitung. Padatan partikel ini akan jatuh dan mengenai fokus dari sinar laser yang berupa kilasan cahaya. Dimana saat padatan jatuh, maka kilasan cahaya laser akan terhalang. Kilasan cahaya laser yang diteruskan akan dideteksi oleh sensor yang dinamakan *photodetector* dan hasilnya akan dihitung untuk menentukan besar konsentrasi partikel ultrafine yang berada disekitar lingkungan (Lentari, 2013).



Gambar 2. 4 Prinsip Kerja P-Track UPC Model 8525

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di ruang laboratorium Elektronika dan Instrumentasi jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang. Penelitian ini dimulai pada bulan April sampai dengan bulan Mei 2013.

3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. P-Trak Ultrafine Particle Counter (UPC) Model 8525



Gambar 3. 1 P-Track UPC Model 8525

- b. Anemomaster Kanomax seri A031

Anemomaster kanomax seri A031 merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan udara. Dalam penelitian ini alat tersebut digunakan untuk menentukan kecepatan hisap pada pompa hisap.



Gambar 3. 2 Anemomaster Kanomax seri A031

c. Pompa

Pompa merupakan alat yang digunakan untuk menghisap atau membuang keluar asap rokok yang ada pada chamber.

d. Pompa Hisap Rokok

Pompa hisap rokok merupakan alat yang didesain sedemikian rupa dengan pompa udara yang biasanya digunakan untuk membuat gelembung udara pada aquarium. Alat ini digunakan untuk menghisap rokok yang telah dibakar. Pada penelitian ini kecepatan hisap yang digunakan sebesar 1.58 m/s.

e. Environmental Chamber

Environmental Chamber adalah sebuah kubus akrilik transparan dengan dimensi $0.75 \times 0.75 \times 0.75 \text{ m}^3$ tanpa ventilasi. Pada penelitian ini, udara di dalam chamber dicampur dengan sebuah kipas listrik kecil yang diletakkan di salah satu sudut chamber untuk memastikan asap dapat tercampur dengan udara secara seragam (homogen). Asap rokok dari pompa hisap dimasukkan ke dalam chamber melalui saluran yang terisolasi dengan baik untuk mencegah kebocoran yang tidak diinginkan. Sisi yang berlawanan dengan saluran masuk melalui 3 buah saluran yang digunakan untuk

menempatkan probe dari instrumen pengukuran yang dipakai. Saluran yang tidak terpakai dibuat tertutup atau apabila dibutuhkan bisa dibiarkan terbuka sebagai saluran pembuang (Shodiq,2011).

f. PC/Komputer

Pada penelitian ini computer digunakan untuk mengolah data dari hasil percobaan dimana data-data yang tersimpan di dalam *P-Trak UPC model 8525*, kemudian di *export* ke dalam bentuk Microsoft Excel yang kemudian dapat di lihat dalam bentuk grafik.

g. Software Origin 8.1

Dalam penelitian ini, *software* Origin 8.1 digunakan dalam pengolahan data. Data yang di olah merupakan data yang tersimpan dari P-Track UPC dan diolah dalam bentuk grafik. Dari grafik tersebut akan dicari nilai luas area dimana nilai luas area grafik merupakan bentuk integral dari grafik. Luas area grafik menunjukkan total konsentrasi partikel ultrafine yang dihasilkan dari pembakaran tiap batang rokok.

h. Timbangan Digital

Dalam penelitian ini timbangan digital digunakan untuk mengukur massa dari arang batok kelapa yang digunakan sebagai bahan pengganti filter rokok.

i. Oven

Dalam penelitian ini oven digunakan sebagai alat pengeringan arang batok kelapa untuk mengetahui kadar air arang batok kelapa yang digunakan dalam penelitian. Untuk penggunaannya suhu oven diatur 100°C dengan pengeringan selama 1 jam.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan:

a. Rokok

Pada penelitian ini digunakan 3 jenis rokok filter yang umum beredar di Indonesia yaitu jenis rokok A, B dan C. Jenis rokok yang digunakan dalam penelitian ini dipilih secara acak.

b. Isopropyl Alcohol

Larutan Isopropyl Alcohol merupakan nama senyawa kimia dengan rumus C_3H_8O . Larutan ini tidak berwarna, akan tetapi memiliki bau yang kuat dan mudah terbakar. Larutan ini digunakan untuk mengkondensasikan cartridge sebelum difungsikan untuk mengukur jumlah partikel pada asap rokok. Isopropyl alcohol dapat dilihat pada Gambar 3.4.



sGambar 3. 3 Isopropyl Alcohol

c. Arang Batok Kelapa

Arang batok kelapa merupakan produk yang diperoleh dari pembakaran tidak sempurna terhadap batok kelapa. Arang memberikan kalor pembakaran yang lebih tinggi dan asap yang lebih sedikit. Arang batok kelapa memproduksi karbon aktif yang berkualitas. Pada penelitian ini arang batok kelapa digunakan sebagai bahan pengganti filter rokok.

3.3 Tahap Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Dalam penelitian ini langkah pertama yang dilakukan yaitu melakukan studi literatur dari buku, jurnal penelitian, artikel maupun informasi-informasi yang didapatkan dari website berkaitan dengan definisi rokok, arang batok kelapa, karbon aktif arang batok kelapa, udara, particulate matter, partikel ultrafine, faktor emisi dan lainnya. Tujuan dari studi literatur ini supaya penulis memiliki wawasan lebih luas tentang penelitian yang dilaksanakan.

3.3.2 Pembuatan filter arang batok kelapa

a. Persiapan bahan

Arang batok kelapa yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari tempat khusus pembakaran arang batok kelapa. Arang batok kelapa yang masih berupa lempengan keras ditumbuk menjadi serbuk arang batok kelapa. Setelah arang batok kelapa selesai ditumbuk, serbuk arang tersebut di saring menggunakan ayakan supaya ukuran butiran sama pada serbuk arang batok kelapa. Selanjutnya serbuk arang batok kelapa tersebut dicampurkan lem kanji dengan perbandingan 2,5 % dari massa serbuk arang batok kelapa. Hal ini dilakukan untuk merekatkan butiran serbuk arang tersebut supaya tidak tumpah ketika dimasukkan sebagai bahan pengganti filter rokok dalam penelitian ini.

b. Pengukuran massa arang batok kelapa

Dalam penelitian ini digunakan 5 variasi massa arang batok kelapa menggunakan satuan gram. Massa arang batok kelapa yang digunakan sebagai bahan pengganti filter rokok ditampilkan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Massa arang batok kelapa

No	Massa arang batok kelapa
1	0,600 gram
2	0,625 gram
3	0,650 gram
4	0,675 gram
5	0,700 gram

Pengukuran massa arang batok kelapa digunakan untuk dua jenis perlakuan yaitu:

1. Massa arang batok kelapa yang digunakan sebagai bahan pengganti filter rokok yang kemudian diukur untuk mengetahui besar konsentrasi partikel ultrafine tiap batang rokok yang dibakar.
 2. Massa arang batok kelapa yang digunakan untuk mengukur kadar air arang tersebut. Pengukuran tersebut menggunakan proses pengeringan(oven). Setelah melalui proses tersebut, arang tersebut ditimbang lagi untuk diketahui massa setelah melalui proses pengeringan(oven).
- c. Pengukuran kadar air arang batok kelapa

Pengukuran kadar air arang batok kelapa menggunakan proses pengeringan(oven). Arang batok kelapa ditimbang sesuai dengan massa arang batok kelapa yang sudah ditentukan, penimbangan ini dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan data yang baik. Suhu yang digunakan dalam proses pengeringan sebesar 100⁰C selama 1 jam. Setelah proses pengeringan selesai, massa arang tersebut ditimbang kembali. Hasil pengukuran massa setelah di oven dapat dilihat pada tabel dilampiran.

Pengukuran kadar air arang batok kelapa dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$\text{kadar air}(\%) = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 - m_0)} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan:

m₀ = bobot cawan kosong (gram)

m₁ = bobot cawan dan arang sebelum pengeringan (gram)

m₂ = bobot cawan dan arang setelah pengeringan (gram)

Dari persamaan tersebut, didapatkan nilai kadar air tiap massa yang digunakan. Prosentase nilai kadar air tersebut ditampilkan dalam bentuk tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Kadar air arang batok kelapa

Mass	Kadar Air
0,600 gr	7.40%
0,625 gr	7.43%
0,650 gr	7.41%
0,675 gr	7.41%
0,700 gr	7.40%

Dari hasil perhitungan pada tabel 3.2 dapat disimpulkan bahwa kandungan kadar air arang batok kelapa yang digunakan sebagai bahan pengganti filter rokok sebesar $\pm 7.41\%$ untuk tiap gram yang digunakan.

- d. Mengukur kerapatan bahan filter dari arang batok kelapa

Untuk mengukur kerapatan bahan filter dari arang batok kelapa menggunakan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3.2)$$

Keterangan:

ρ = kerapatan bahan filter arang batok kelapa(gram/cm³)

m = massa arang batok kelapa (gram)

v = volume filter rokok (cm³)

Kerapatan bahan filter dari arang batok kelapa tiap jenis rokok dari persamaan 3.2 disajikan dalam bentuk tabel 3.3

Tabel 3. 3 Kerapatan bahan filter arang batok kelapa

No	massa (gram)	ρ (gram/cm ³)		
		Rokok A	Rokok B	Rokok C
1	0.6	0.50	0.50	0.50
2	0.625	0.52	0.52	0.52
3	0.65	0.54	0.54	0.54
4	0.675	0.56	0.56	0.56
5	0.7	0.58	0.58	0.58

3.3.3 Menentukan Nilai Kecepatan Hisap pada Pompa

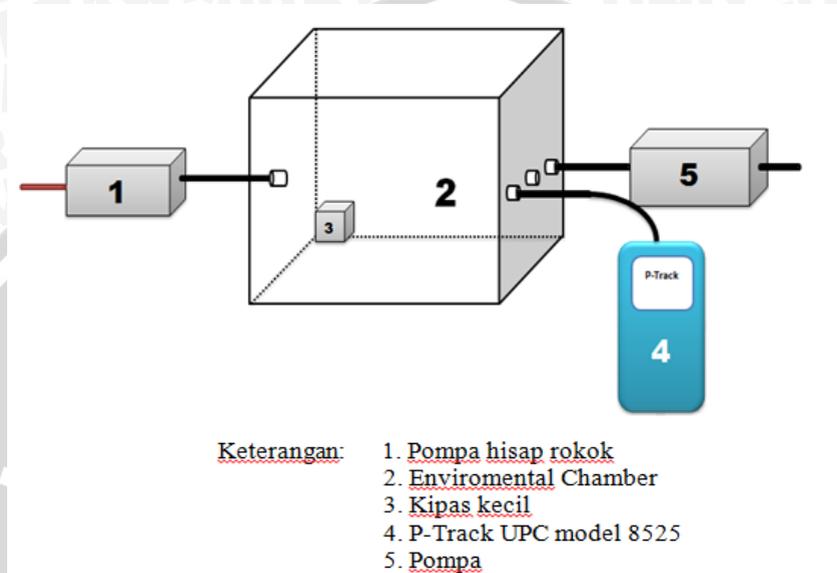
Menentukan nilai kecepatan pompa hisap pada pompa menggunakan alat Anemonaster Kanomax. Nilai kecepatan pompa hisap pada pompa digunakan untuk menghitung emisi partikel ultrafine tiap batang rokok.

3.3.4 Perangkaian alat percobaan

Pada tahap ini langkah awal yang dilaksanakan adalah persiapan alat. Khusus partikulat counter yang harus diperhatikan adalah kelengkapan alat dan proses pengoperasian alat. Untuk *P-Track Ultrafine Particle Counter (UPC) model 8525* yang harus dilakukan adalah mempersiapkan semua peralatan (alcohol catridge, probe, sumber listrik/baterai) dan mengecek apakah alat dalam kondisi siap pakai. Setelah alat dipersiapkan, langkah selanjutnya memasang alcohol catridge yang berisi isopropyl alcohol pada partikulat counter. Pemasangan alcohol catridge ini dimaksudkan supaya partikel ultrafine yang di serap masuk oleh probe dapat dideteksi oleh alat.

Kemudian merangkai pompa hisap rokok, environmental chamber, *P-Track UPCmodel 8525* dan pompa angin yang

dihubungkan dengan selang dalam satu rangkaian seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Rangkaian alat percobaan

3.4 Pengambilan Data

Pengambilan data dimulai dari pengoperasian alat *P-Track* *UPC model 8525* dalam keadaan on, kemudian mengoperasikan particulate matter dalam mode log supaya data tersimpan secara otomatis (tiap 1 detik). Langkah selanjutnya rokok ditempatkan di pompa hisap rokok dan di bakar dengan menggunakan kecepatan yang sudah ditentukan. Kemudian asap *mainstream* yang dihasilkan dari pembakaran rokok akan masuk ke environmental chamber yang berfungsi untuk menampung asap *mainstream* rokok sebelum diserap oleh UPC yang selanjutnya dicacah nilai jumlah partikelnya. Untuk distribusi asap *mainstream* di dalam environmental chamber digunakan kipas kecil yang ditaruh disalah satu bagian bawah yang berfungsi untuk meratakan asap yang ada di environmental chamber. Setelah itu jumlah konsentrasi partikel yang ada di chamber di ukur menggunakan *P-Track* *UPC model 8525* sampai dengan mendekati jumlah konsentrasi partikel yang ada di dalam chamber sebelum

adanya pembakaran. Proses pengukuran ini membutuhkan waktu 1 jam. Pengambilan data ini menggunakan 3 sampel jenis rokok yaitu jenis rokok A, B dan C. Tiap jenis rokok digunakan 6 batang rokok yaitu satu filter asli dan lima filter arang batok kelapa (0.6 gram, 0.625 gram, 0.65 gram, 0.675 gram dan 0.7 gram). Untuk jenis rokok A pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali untuk mendapatkan informasi data yang valid dan untuk memperoleh kestabilan data pengukuran.

3.5 Pengolahan Data

Data hasil pencacah partikel ultrafine yang tersimpan pada alat UPC P-Track di *download* ke komputer. Data tersebut berupa *file.tkp* data yang kemudian di *export* ke Microsoft Excel 2010. Setelah itu data di tulis ulang di Microsoft Excel dalam bentuk tabel kemudian diplotkan hubungan antara waktu tiap 1 sekon dengan jumlah partikel dalam satuan pt/cm^3 dalam bentuk grafik. Langkah ini diulangi untuk jenis hasil pembakaran rokok yang lainnya.

Kemudian total konsentrasi partikel ultrafine ditentukan dengan menghitung luas area grafik menggunakan *software* Origin 8.1. Pada proses ini data jumlah partikel yang dihasilkan diplot terhadap waktu tiap 1 sekon. Setelah itu nilai luasan pada grafik tersebut di analisis dengan perhitungan integral untuk mencari luasan secara otomatis.

Setelah nilai total konsentrasi partikel ultrafine tiap batang rokok di ketahui, di tentukan nilai faktor emisi partikel ultrafine tiap batang rokok dengan persamaan sebagai berikut:

$$E_f = A \cdot v \int_0^t C(t) dt \quad (3.3)$$

Keterangan :

- E_f = Faktor emisi (partikel/batang)
- A = Luas penampang pompa (cm^2)
- v = Kecepatan hisap (cm/s)
- $C(t)$ = Konsentrasi partikel hasil pembakaran (partikel/ cm^3)
- $\int_0^t C(t) dt$ = Total kosentrasi partikel ultrafine (integral dari luasan grafik) (partikel/ cm^3 s)

Nilai deviasi faktor emisi partikel ultrafine untuk jenis rokok A dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$\delta Ef = \sqrt{\left(\frac{\partial Ef}{\partial A} \cdot \delta A\right)^2 + \left(\frac{\partial Ef}{\partial v} \cdot \delta v\right)^2 + \left(\frac{\partial Ef}{\partial Ct} + \delta Ct\right)^2} \quad (3.4)$$

Keterangan:

δEf = Deviasi Faktor emisi

δA = Deviasi Luas pompa

δv = Deviasi kecepatan pompa

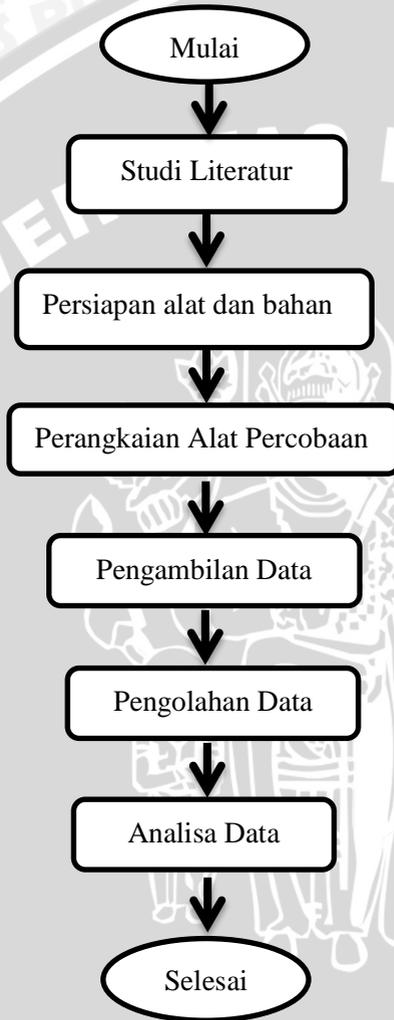
δCt = Deviasi total konsentrasi partikel ultrafine

3.6 Analisa Data

Dari hasil pengukuran konsentrasi partikel ultrafine, pengukuran total konsentrasi partikel ultrafine dan menentukan faktor emisi tiap pembakaran satu batang rokok dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa yang berbeda, dapat dilihat trend untuk pengukuran tersebut. Kemudian dilakukan korelasi hubungan faktor emisi partikel ultrafine dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Secara umum diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 3.6



Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian

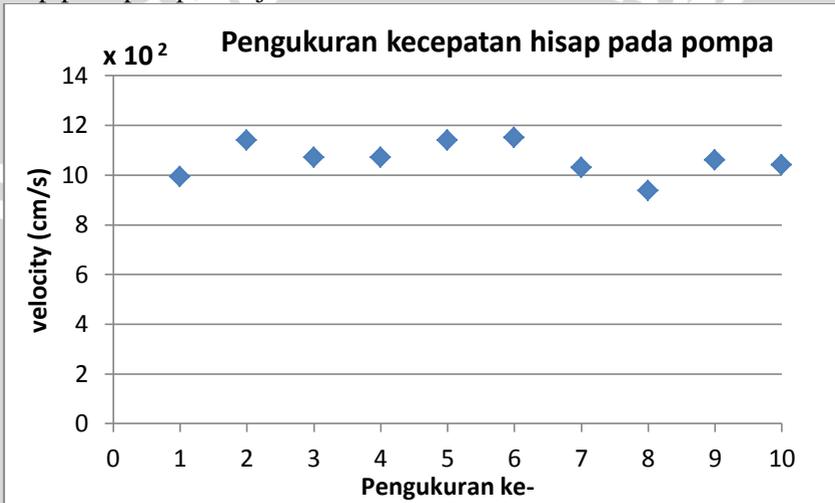
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Hasil pengukuran kecepatan hisap pada pompa

Pengukuran kecepatan hisap pada pompa dilakukan tiap 60 sekon sebanyak 10 kali pengambilan data. Pengukuran kecepatan hisap pada pompa disajikan dalam Gambar 4.1

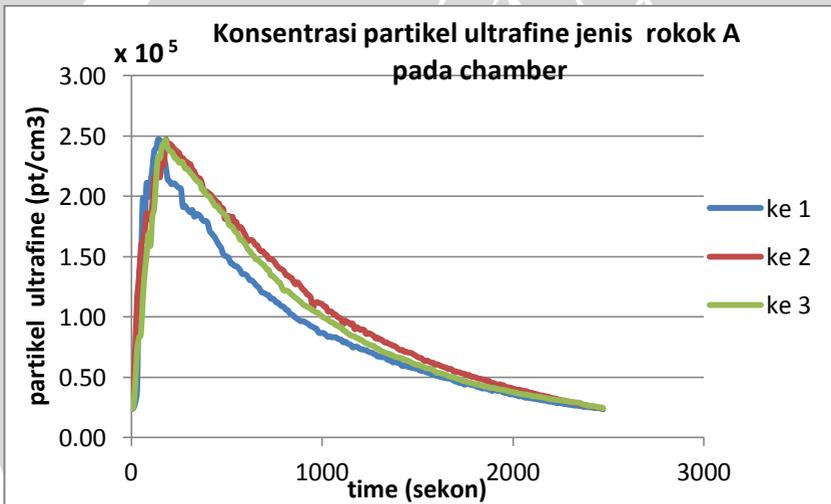


Gambar 4. 1 Grafik pengukuran kecepatan hisap pada pompa

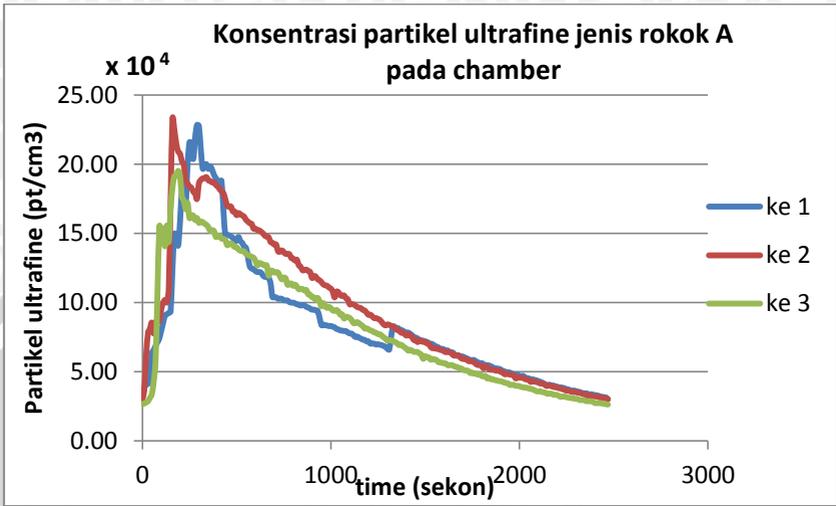
Pengambilan data sebanyak 10 kali ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai kecepatan hisap yang baik, kemudian dicari nilai kecepatan rata-rata hisap dan mencari nilai bentuk deviasi dari kecepatan rata-rata tersebut, dan dapat diperhitungkan besar kesalahan relatif pengukuran tersebut. Dari data yang dihasilkan didapatkan nilai $v = (10.6 \pm 0.2) \times 10^2$ cm/s dengan kesalahan relatif sebesar 2%. Maka dapat dikatakan bahwa data dari pengukuran kecepatan hisap pada pompa baik, karena kesalahan relatif pada data tersebut kecil.

4.1.2 Hasil pengukuran konsentrasi partikel ultrafine

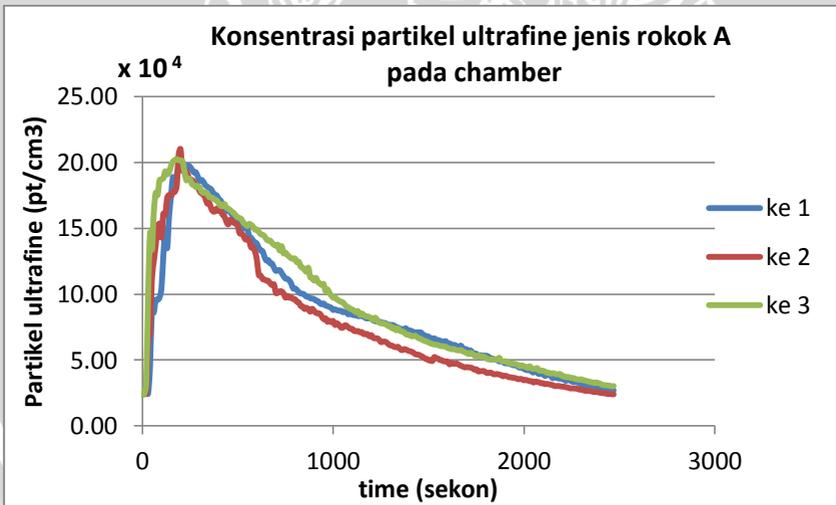
Pengukuran konsentrasi partikel ultrafine yang dihasilkan asap rokok *mainstream* dilakukan dengan mengambil data pada saat pembakaran rokok di dalam alat UPC P-track. Data yang tersimpan pada alat tersebut kemudian di *download* ke komputer dalam bentuk Microsoft Excel dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik konsentrasi partikel ultrafine untuk tiga kali pengukuran jenis rokok A dengan filter asli dapat dilihat pada Gambar 4.2. Sedangkan grafik konsentrasi partikel ultrafine untuk masing-masing kerapatan bahan filter arang batok kelapa disajikan pada Gambar 4.3 sampai dengan 4.7



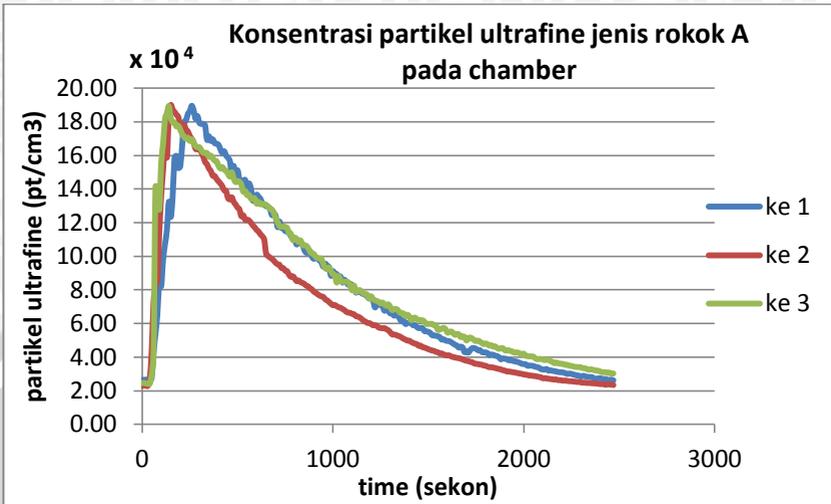
Gambar 4. 2 Grafik konsentrasi partikel ultrafine (partikel/cc) jenis rokok A dengan filter asli.



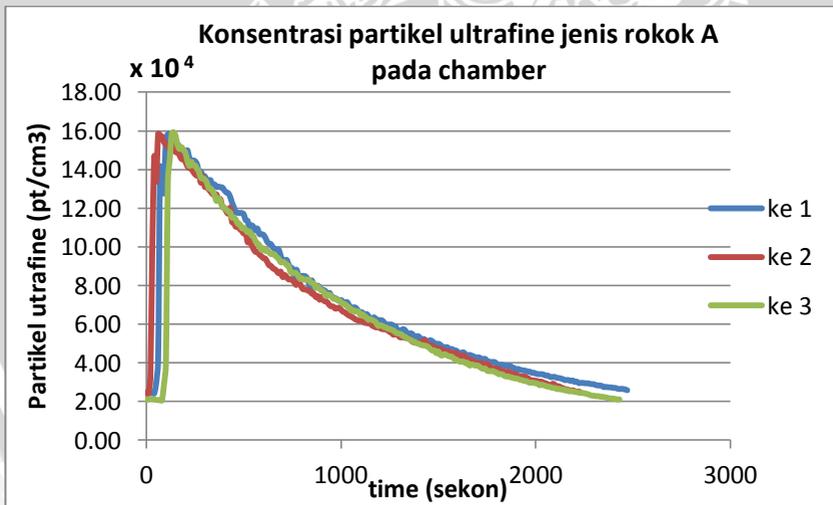
Gambar 4.3 Grafik konsentrasi partikel ultrafine (partikel/cc) jenis rokok A dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,5 gram/cm³



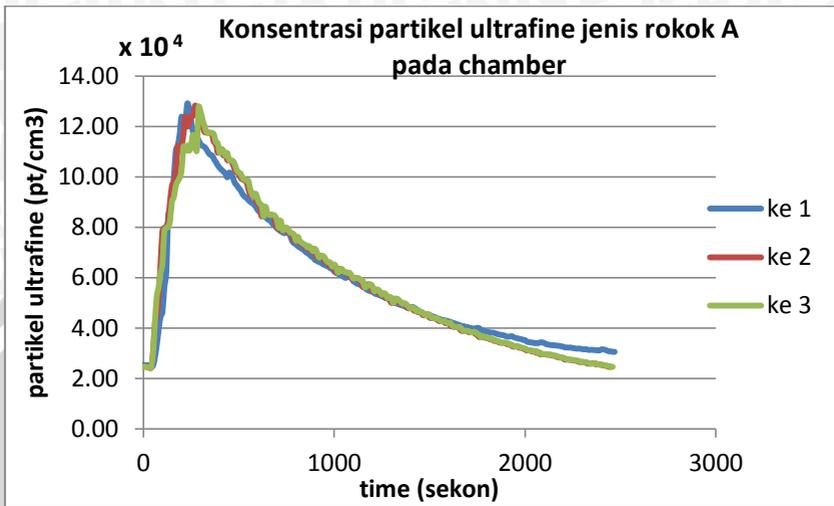
Gambar 4.4 Grafik konsentrasi partikel ultrafine (partikel/cc) jenis rokok A dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,52 gram/cm³



Gambar 4.5 Grafik konsentrasi partikel ultrafine (partikel/cc) jenis rokok A dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,54 gram/cm³.



Gambar 4.6 Grafik konsentrasi partikel ultrafine (partikel/cc) jenis rokok A dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,56 gram/cm³.



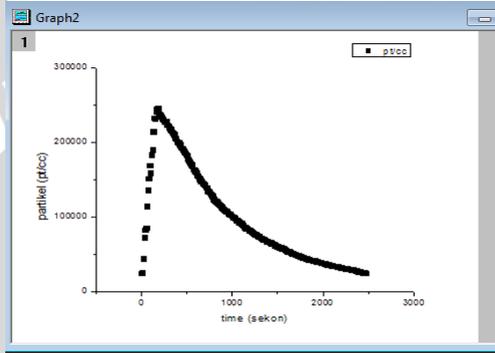
Gambar 4.7 Grafik konsentrasi partikel ultrafine (partikel/cc) jenis rokok A dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,58 gram/cm³.

Dari hasil grafik konsentrasi partikel ultrafine pada Gambar 4.2 sampai 4.7 didapatkan bahwa hasil konsentrasi partikel ultrafine untuk tiga kali pengukuran pada jenis rokok A untuk filter asli maupun untuk masing-masing kerapatan bahan filter arang batok kelapa memiliki hasil tidak jauh berbeda untuk pembakaran tiap batang rokok. Dari grafik juga didapatkan bahwa jumlah nilai konsentrasi partikel dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa berbeda menghasilkan nilai konsentrasi partikel ultrafine yang berbeda pula. Semakin besar tingkat kerapatan bahan dari arang batok kelapayang digunakan maka jumlah partikel ultrafinenya akan menurun.

Karena pengukuran sebanyak tiga kali pada jenis rokok A menghasilkan konsentrasi partikel ultrafine menunjukkan hasil yang relatif sama, selanjutnya pengukuran untuk jenis rokok B dan C dilakukan sebanyak satu kali pembakaran tiap batang rokok dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa yang berbeda.

4.1.3 Penentuan Total Konsentrasi Partikel Ultrafine

Total konsentrasi partikel ultrafine di peroleh dengan menentukan luas area grafik dari partikel ultrafine yang didapatkan. Untuk menentukan luas area grafik tersebut digunakan *software* Origin 8.1. Bentuk tampilan dari hasil pengolahan data luas area konsentrasi partikel ultrafine menggunakan *software* Origin 8.1 disajikan dalam bentuk Gambar 4.8 sampai 4.9



Gambar 4.8 Tampilan grafik konsentrasi partikel ultrafine pada *software* Origin 8.1

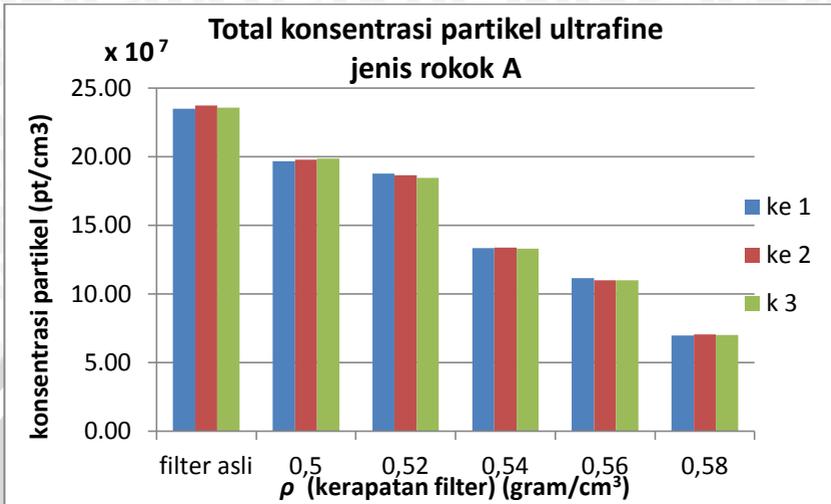
```
[6/8/2013 23:18:56 "" (2456451)]
integ1
Input
  iy = [Book1]Sheet1!(A"time",B"partikel")
  baseline = 0
  type = 0 (math:Mathematical Area)
  plot = 0
Output
  oy = [Book1]Sheet1!(,C"Integrated Y1")
  x1 = 0
  x2 = 2470
  i1 = 1
  i2 = 248
  area = 211848800
  y0 = 228400
  x0 = 290
  dx = 522.93607010917
```

Gambar 4.9 Tampilan perhitungan luas area konsentrasi partikel ultrafine menggunakan *software* Origin 8.1

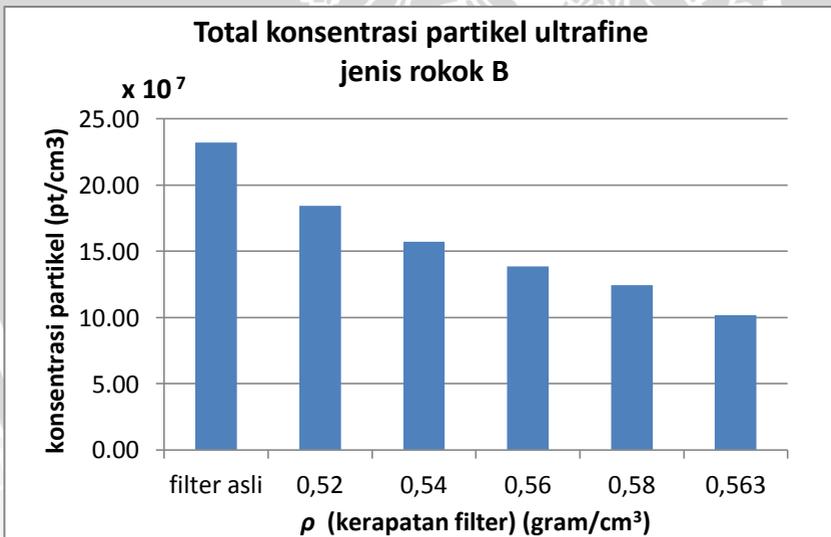
Karena pada rokok jenis A dilakukan pengukuran sebanyak tiga kali maka untuk menentukan luas area grafik juga dilakukan sesuai dengan jumlah rokok yang diukur guna menentukan nilai dari deviasi.

Untuk filter rokok asli pada jenis rokok A total konsentrasi partikel ultrafine didapatkan hasil $(220 \pm 10) \times 10^6$ pt/cm³ dengan kesalahan relatif sebesar 4,34%. Untuk kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,5 gram/cm³ total konsentrasi partikel ultrafinenya didapatkan hasil sebesar $(177 \pm 16) \times 10^6$ pt/cm³ dengan kesalahan relatif sebesar 8,77%. Untuk kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,52 gram/cm³ total konsentrasi partikel ultrafinenya didapatkan hasil $(127 \pm 7) \times 10^6$ pt/cm³ dengan kesalahan relatif sebesar 5,39%. Untuk kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,54 gram/cm³ total konsentrasi partikel ultrafinenya didapatkan hasil $(101 \pm 7) \times 10^6$ pt/cm³ dengan kesalahan relatif sebesar 6,75%. Untuk kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,56 gram/cm³ total konsentrasi partikel ultrafinenya didapatkan hasil $(683 \pm 2) \times 10^6$ pt/cm³ dengan kesalahan relatif sebesar 2,39%. Untuk kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,58 gram/cm³ total konsentrasi partikel ultrafinenya didapatkan hasil $(497 \pm 3) \times 10^6$ dengan kesalahan relatif sebesar 5,52%. Total konsentrasi partikel ultrafine pada jenis rokok A didapatkan kisaran nilai kesalahan relatif sebesar 2,39% - 8,71%.

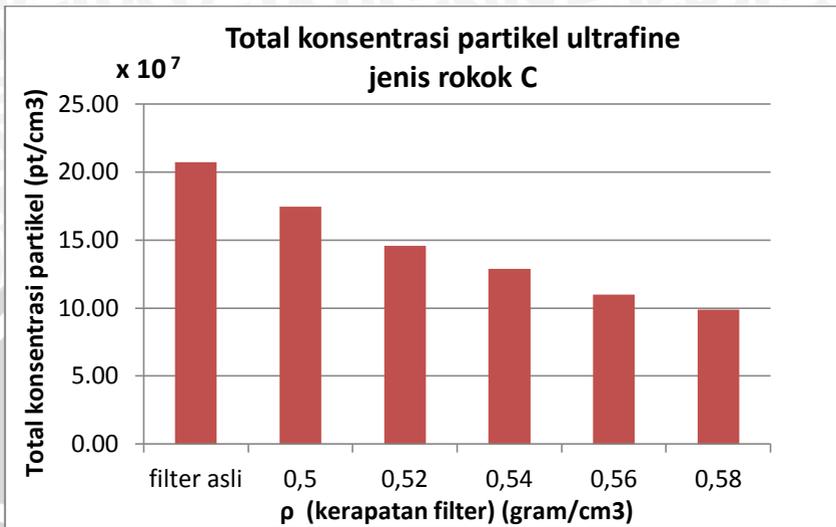
Hasil pengukuran total konsentrasi partikel ultrafine asap *mainstream* rokok untuk tiga kali pengukuran dari hasil pembakaran batang rokok jenis A dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa yang digunakan disajikan pada Gambar 4.10. Untuk rokok jenis B dan C dengan satu kali pengukuran, total konsentrasi UFP yang dihasilkan disajikan pada Gambar 4.11 dan 4.12.



Gambar 4. 10 Hasil pengukuran total konsentrasi partikel ultrafine asap *mainstream* rokok jenis A.



Gambar 4. 11 Hasil pengukuran total konsentrasi partikel ultrafine asap *mainstream* jenis rokok B.



Gambar 4. 12 Hasil pengukuran total konsentrasi partikel ultrafine asap *mainstream* jenis rokok C.

Pada Gambar 4.10, 4.11 dan 4.12 didapatkan bahwa semakin besar tingkat kerapatan bahan filter dari arang batok kelapa yang digunakan maka total konsentrasi UFP akan semakin kecil. Jika massa yang digunakan sebagai bahan pengganti filter rokok semakin banyak maka tingkat kerapatan filter akan semakin besar.

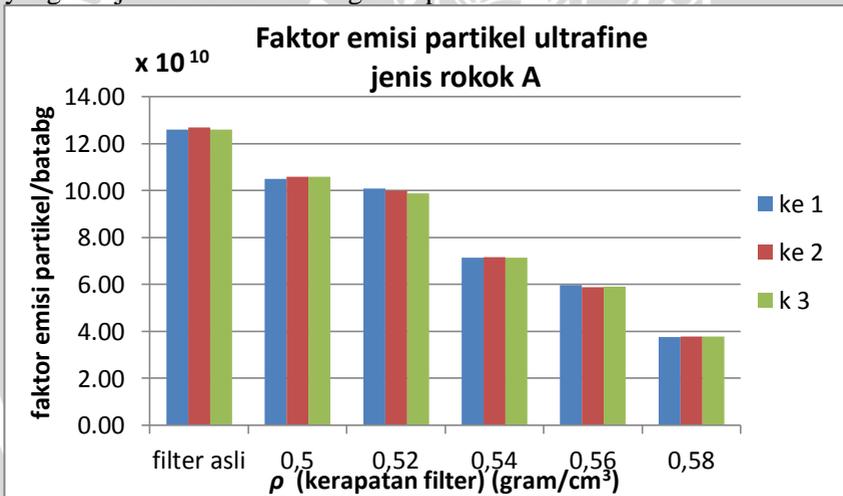
4.1.4 Penentuan Faktor Emisi Partikel Ultrafine

Faktor emisi partikel ultrafine dihitung menggunakan persamaan 3.3 dimana faktor emisi diperoleh dari hasil kali kecepatan hisap, luas area grafik dan luas ujung batang rokok yang dibakar. Pengukuran faktor emisi pada rokok jenis A dilakukan sebanyak tiga kali sesuai dengan proses percobaan yang dilakukan pada rokok tersebut. Karena pada jenis rokok A dilakukan pengukuran sebanyak tiga kali maka untuk menentukan deviasi faktor emisi menggunakan persamaan 3.4.

Faktor emisi partikel ultrafine pada jenis rokok A dengan filter rokok asli didapatkan hasil $(117 \pm 6) \times 10^9$ partikel/batang dengan kesalahan relatif sebesar 4,74%. Untuk kerapatan bahan filter arang batok kelapa $0,5 \text{ gram/cm}^3$ faktor emisinya didapatkan hasil

(95 ± 9) x 10⁹ partikel/batang dengan kesalahan relatif sebesar 9,07%. Untuk kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,52 gram/cm³ faktor emisinya didapatkan hasil (68 ± 4) x 10⁹ partikel/batang dengan kesalahan relatif sebesar 5,79%. Untuk kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,54 gram/cm³ faktor emisinya didapatkan hasil (54 ± 4) x 10⁹ partikel/batang dengan kesalahan relatif sebesar 6,93%. Untuk kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,56 gram/cm³ faktor emisinya didapatkan hasil (37 ± 2) x 10⁹ partikel/batang dengan kesalahan relatif sebesar 3,13%. Untuk kerapatan bahan filter arang batok kelapa 0,58 gram/cm³ faktor emisinya didapatkan hasil (27 ± 2) x 10⁹ partikel/batang dengan kesalahan relatif sebesar 5,90%. Faktor emisi partikel ultrafine pada rokok jenis A didapatkan kisaran nilai kesalahan relatif sebesar 3,13% - 9,07%.

Dari perhitungan menggunakan persamaan 3.3 maka didapatkan nilai faktor emisi partikel ultrafine pada rokok jenis A yang disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.13.

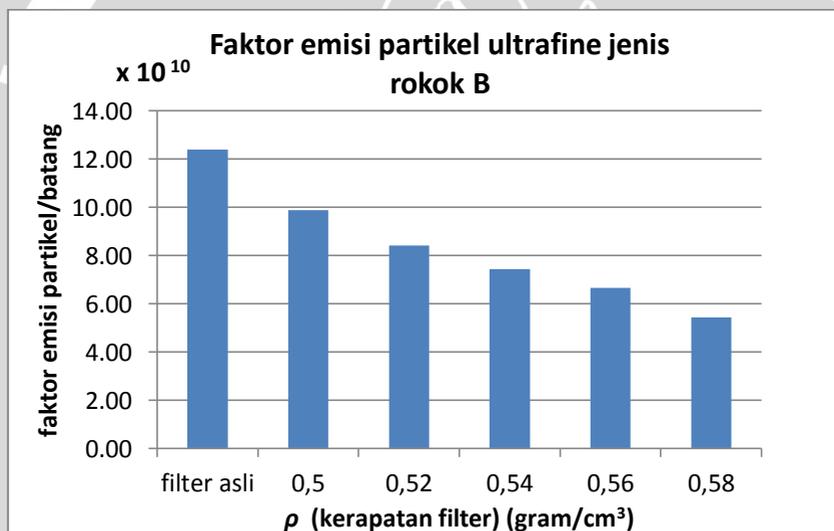


Gambar 4.13 Faktor emisi (partikel/batang) partikel ultrafine jenis rokok A

Gambar 4.13 merupakan gambar grafik faktor emisi total pada jenis rokok A dengan pengukuran sebanyak tiga kali untuk masing-masing kerapatan bahan filter yang berbeda. Dari grafik tersebut didapatkan penurunan faktor emisi untuk tiap kerapatan bahan filter

dari arang batok kelapa yang digunakan. Semakin besar kerapatan bahan arang batok kelapa yang digunakan sebagai bahan pengganti filter rokok maka faktor emisi yang dihasilkan akan semakin kecil. Dan semakin besar konsentrasi partikel ultrafine yang dihasilkan maka semakin besar pula faktor emisi yang didapatkan.

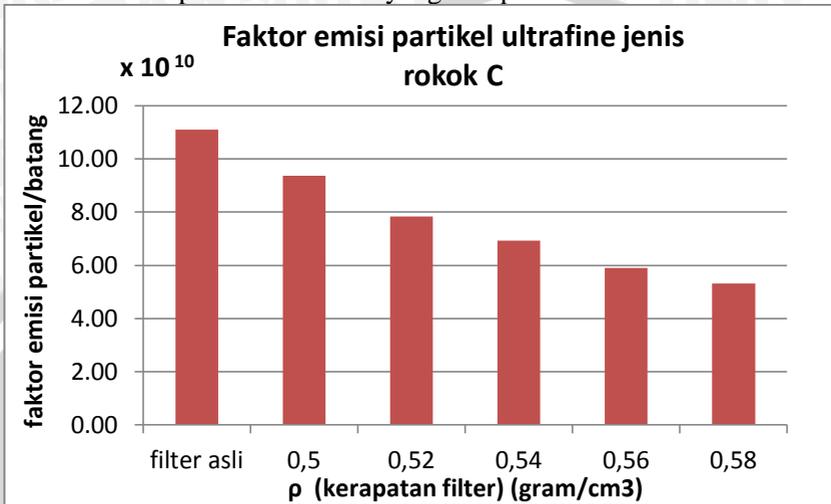
Pada pengukuran selanjutnya untuk jenis rokok B dan C dapat dilakukan satu kali pengambilan data tiap batang rokok dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa yang digunakan. Hal ini dilakukan karena pengukuran tiga kali dari tiap batang rokok dengan jenis filter yang berbeda menghasilkan nilai yang stabil. Selanjutnya dicari nilai faktor emisi total dari jenis rokok B dan C yang kemudian hasilnya juga ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Faktor emisi (partikel/batang) partikel ultrafine jenis rokok B

Pada Gambar 4.14 didapatkan bahwa faktor emisi jenis rokok B dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa menghasilkan penurunan pada faktor emisi. Semakin besar tingkat kerapatan bahan filter arang batok kelapa yang digunakan sebagai bahan pengganti filter rokok, maka faktor emisi yang dihasilkan akan semakin kecil.

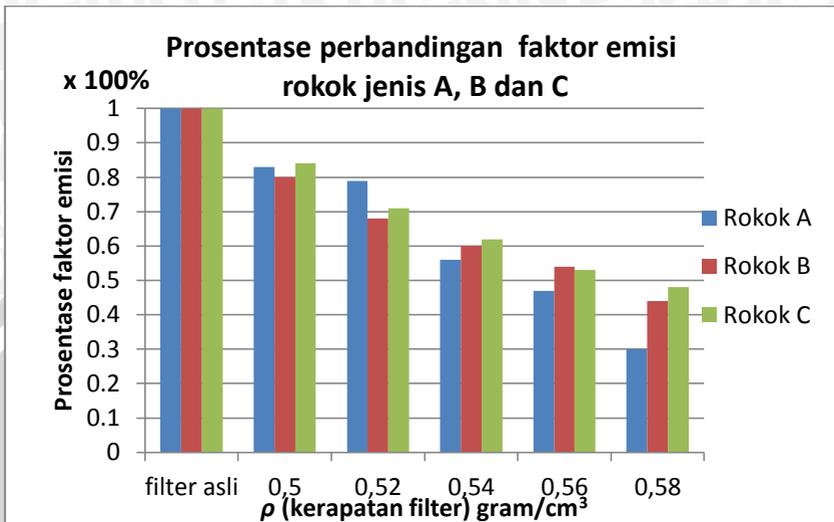
Dan semakin besar konsentrasi partikel ultrafine yang dihasilkan maka semakin besar pula faktor emisi yang didapatkan.



Gambar 4. 15 Total Faktor emisi (partikel/batang) partikel ultrafine jenis rokok C

Pada Gambar 4.15 didapatkan bahwa faktor emisi jenis rokok C dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa menghasilkan penurunan faktor emisi. Semakin besar tingkat kerapatan bahan arang batok kelapa yang digunakan sebagai bahan pengganti filter rokok, maka faktor emisi yang dihasilkan akan semakin kecil. Semakin besar konsentrasi partikel ultrafine yang dihasilkan maka semakin besar pula faktor emisi yang didapatkan.

Hasil penurunan faktor emisi partikel ultrafine oleh asap *mainstream* rokok dapat disajikan dalam bentuk prosentase dengan menganggap rokok dengan filter asli (buatan pabrik) untuk masing-masing jenis rokok A, B dan C sebesar 100%. Hasil prosentase faktor emisi dengan kerapatan bahan filter arang batok kelapa untuk jenis rokok A, B dan C disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Prosentase perbandingan faktor emisi dengan kerapatan bahan filter dari arang batok kelapa untuk jenis rokok A,B dan C

Gambar 4.16 menjelaskan bahwa terdapat penurunan faktor emisi partikel ultrafine oleh asap *mainstream* rokok tiap batang rokok untuk masing-masing massa filter arang batok kelapa yang berbeda. Prosentase penurunan faktor emisi partikel ultrafine untuk jenis rokok A didapatkan sebesar 83 % sampai dengan 30%. Prosentase penurunan faktor emisi partikel ultrafine untuk jenis rokok B didapatkan sebesar 80 % sampai dengan 44%. Sedangkan untuk jenis rokok C prosentase penurunan faktor emisi partikel ultrafine didapatkan sebesar 84 % sampai dengan 48 %.

4.2 Pembahasan

Dari hasil pembakaran tiap batang rokok filter arang batok kelapa dengan kerapatan bahan filter yang berbeda mempengaruhi jumlah konsentrasi partikel ultrafine pada asap *mainstream* rokok. Semakin besar tingkat kerapatan bahan filter dari arang batok kelapa yang digunakan sebagai bahan pengganti filter rokok maka konsentrasi partikel ultrafine yang dihasilkan akan semakin kecil. Hal ini berdampak pada penentuan faktor emisi partikel ultrafine asap

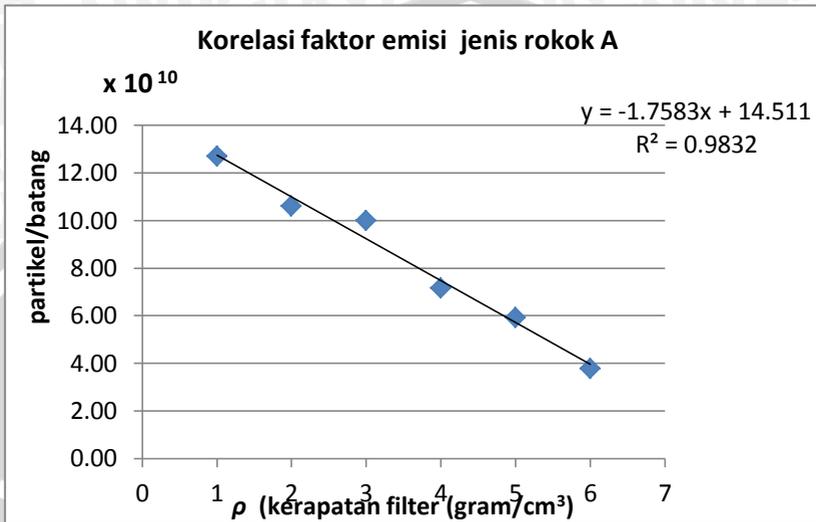
mainstream rokok. Semakin besar total konsentrasi partikelnya maka akan semakin besar pula faktor emisi yang dihasilkan.

Grafik pada Gambar 4.16 menunjukkan terjadi penurunan faktor emisi partikel ultrafine oleh asap *mainstream* rokok tiap batang rokok untuk masing-masing kerapatan bahan filter dari arang batok kelapa yang berbeda. Untuk jenis rokok A faktor emisi partikel ultrafine mengalami penurunan sampai dengan 30%. Untuk jenis rokok B faktor emisi partikel ultrafine mengalami penurunan sampai dengan 44%. Sedangkan untuk jenis rokok C faktor emisi partikel ultrafine mengalami penurunan sampai dengan 48%. Pada jenis rokok A, B dan C memiliki hasil prosentase penurunan yang berbeda dapat disebabkan pada tiap jenis rokok tersebut memiliki komposisi bahan yang berbeda..

Penggunaan arang batok kelapa sebagai bahan pengganti filter rokok buatan pabrik dapat mengurangi partikel ultrafine pada asap *mainstream* rokok dari hasil pembakaran tiap batang rokok. Hal ini karena arang batok kelapa menghasilkan karbon aktif yang berkualitas dengan kandungan karbon sangat banyak.

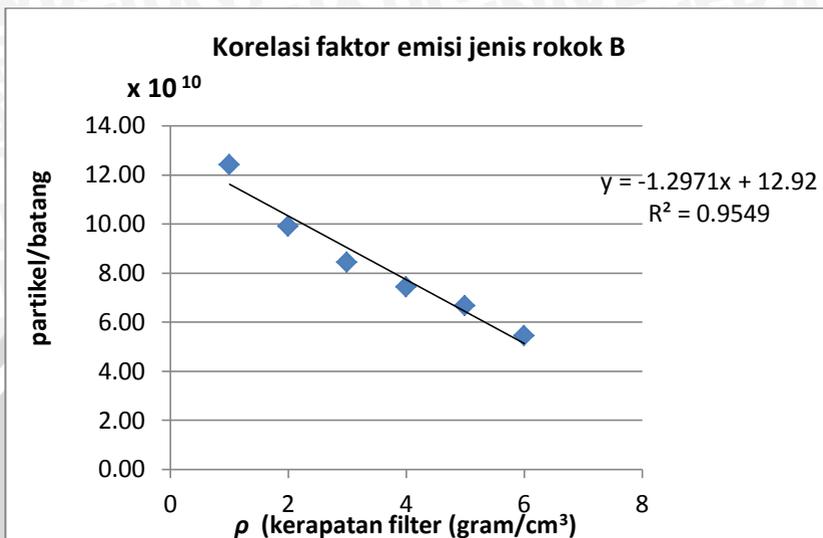
Dari beberapa informasi dijelaskan bahwa arang batok kelapa dari hasil pembakaran tidak sempurna pada batok kelapa dapat di produksi menjadi arang aktif/karbon aktif yang berkualitas. Karbon aktif sering digunakan sebagai filtrasi dan juga sering di manfaatkan dalam pemurnian gas, pemurnian emas, ekstraksi logam, air, obat-obatan, perawatan saluran pembuangan, filter udara di masker gas dan masker penyaring, penyaring di kompresi udara, dan masih banyak lagi.

Dilakukan uji korelasi faktor emisi untuk jenis rokok A, B dan C antara kerapatan bahan filter arang batok kelapa (gram/cm^3) sebagai fungsi sumbu x dan faktor emisi partikel ultrafine (partikel/batang) sebagai fungsi sumbu y.



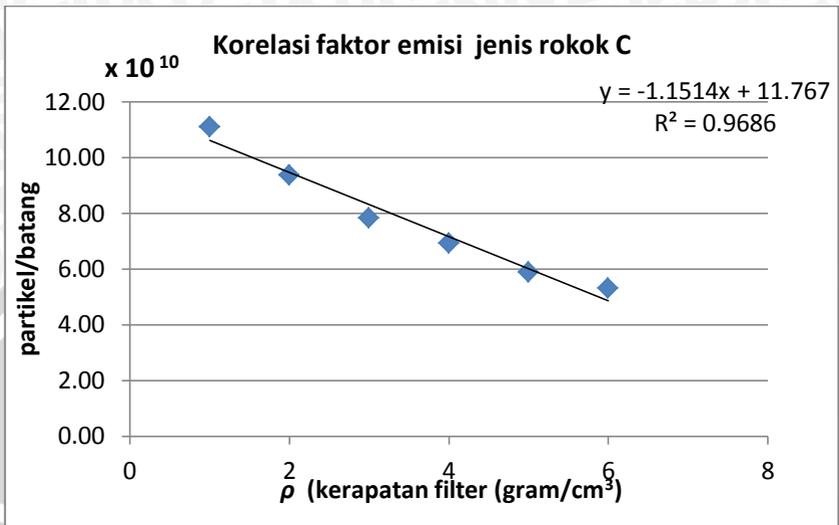
Gambar 4.17 Korelasi faktor emisi partikel ultrafine terhadap kerapatan bahan filter arang batok kelapa (gram/cm³) hubungan linier.

Hasil dari Gambar 4.17 untuk jenis rokok A dapat diketahui bahwa perubahan faktor emisi partikel ultrafine, memiliki hubungan yang linier terhadap kerapatan bahan filter arang batok kelapa yang digunakan. Korelasi linier memiliki nilai R^2 sebesar 0.9823. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara keduanya dikategorikan baik.



Gambar 4.18 Korelasi faktor emisi partikel ultrafine terhadap kerapatan bahan filter arang batok kelapa (gram/cm³) hubungan linier.

Hasil dari Gambar 4.18 untuk jenis rokok B dapat diketahui bahwa perubahan faktor emisi partikel ultrafine memiliki hubungan yang linier terhadap kerapatan bahan filter arang batok kelapa yang digunakan. Korelasi linier memiliki nilai R^2 sebesar 0.9549. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara keduanya dikategorikan baik.



Gambar 4. 19 Korelasi faktor emisi partikel ultrafine terhadap kerapatan bahan filter arang batok kelapa (gram/cm³) hubungan linier.

Hasil dari Gambar 4.19 untuk jenis rokok C dapat diketahui bahwa perubahan faktor emisi partikel ultrafine memiliki hubungan yang linier terhadap kerapatan bahan filter arang batok kelapa yang digunakan. Korelasi linier memiliki nilai R^2 sebesar 0.9686. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara keduanya dikategorikan baik.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

{Halaman ini sengaja dikosongkan}



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa arang batok kelapa dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti filter rokok. Penggunaannya dapat mengurangi jumlah partikel ultrafine asap *mainstream* rokok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak arang batok kelapa yang digunakan sebagai bahan pengganti filter rokok maka jumlah partikel ultrafinenya akan menurun. Semakin besar tingkat kerapatan filter dari arang batok kelapa yang digunakan sebagai bahan pengganti filter rokok maka konsentrasi partikel ultrafinenya akan semakin kecil.

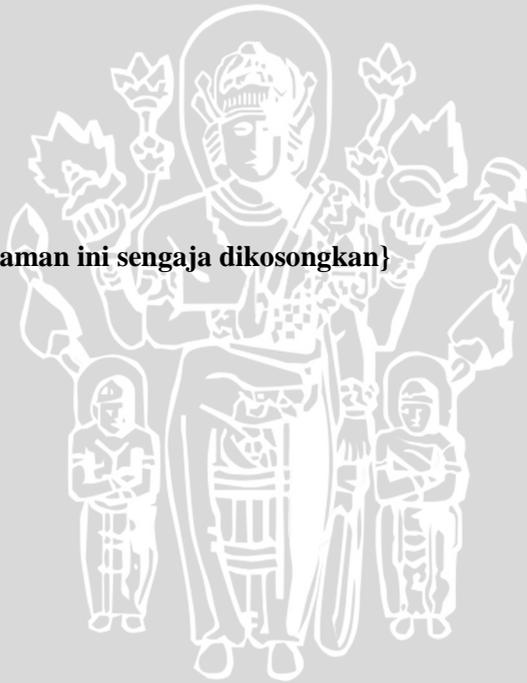
Penggunaan filter dari arang batok kelapa dapat mempengaruhi penurunan jumlah faktor emisi partikel ultrafine pada jenis rokok A, B dan C. Pada jenis rokok A prosentase penurunan faktor emisi partikel ultrafine didapatkan kisaran sebesar 83%- 30 %. Prosentase penurunan faktor emisi partikel ultrafine rokok jenis B didapatkan kisaran sebesar 80% - 44%. Dan prosentase penurunan faktor emisi partikel ultrafine rokok jenis C didapatkan kisaran sebesar 84 % - 48 %. Hasil prosentase tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar tingkat kerapatan bahan filter arang batok kelapa yang digunakan sebagai bahan pengganti filter rokok maka total konsentrasi dan faktor emisi partikel ultrafine dari asap *mainstream* rokok akan semakin kecil.

5.2 Saran

Penggunaan filter arang batok kelapa mampu mengurangi jumlah partikel ultrafine pada asap *mainstream* rokok. Selanjutnya dapat dilakukan penelitian lanjutan mengenai pengaruh penggunaan arang batok kelapa sebagai bahan filter rokok terhadap kandungan rokok lainnya yang berbahaya yaitu VOC dan PAH.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

{Halaman ini sengaja dikosongkan}



DAFTAR PUSTAKA

- Atmoko, R. D. (2012). Pemanfaatan Karbon Aktif Batu bara Termomodifikasi TiO_2 pada proses Reduksi Gas Karbon Monoksida (CO) dan Penjernihan Asap Kebakaran. FT. Depok, Universitas Indonesia. **ST**: 6-33.
- Baker, R. R. (2006). "Smoke generation inside a burning cigarette: Modifying combustion to develop cigarettes that may be less hazardous to health." Progress in Energy and Combustion Science **32**: 373-385.
- Borgerding, M. and H. Klus (2005). "Analysis of complex mixtures – Cigarette smoke." Experimental and Toxicologic Pathology **57**: 43-73.
- Daher, N., R. Saleh, et al. (2009). "Comparison of carcinogen, carbon monoxide, and ultrafine particle emissions from narghile water pipe and cigarette smoking: Sidestream smoke measurements and assessment of second-hand smoke emission factors." Atmospheric Environment **xxx**: 1-7.
- Dawson, E. A., G. M. B. Parkes, et al. (2012). "Synthesis of Vegetable-Based Activated Carbons with Mixed Micro- an Mesoporosity for Use in Cigarette Filters." Adsorption Science & Technology **30**(10).
- Debano, L. F and D. G. Neary dan P.F.Folliott. (1998). Fire Effect on Ecosystem. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Dey, N., A. Das, et al. (2010). "Activated Charcoal Filter Effectivity Reduces P-benzosemiquinone from the Mainstream Cigaretta Smoke and Prevent Emphysema." J.Biosci **35**(2): 217-230.
- Farmer, A. (1997). Managing Enviromental Polution. London, New Fetter Lane.
- Fierro, M. (2000). "Paticulate Matter." 1-11.
- Haurissa, A. M., M. G. Insani, P. P. Sari, Q. Pidriansy dan S. Krisyanti. 2010. "Faktor Emisi". <http://ultrawomen.wordpress.com/2010/02/28/faktor-emisi/>. tanggal akses : 28 Desember 2012.
- Goldsmith, J. R. a. Fiberg, et al. (1977). "Effect of Air Pollution on Human Health." In Air Pollution **2** (3rd Edition).

- Idrus, R., B. P. Lapan poro, et al. (2013). "Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa " PRISMA FISIKA I (1): 50-55.
- Jaya, M. (2009). Pembunuh berbahaya itu bernama rokok. Yogyakarta: 15-8.
- Lentari, I. I. (2013). Pengukuran Konsentrasi Partikel Ultrafine pada Ruang perkuliahan di Jurusan Fisika Fakultas MIPA UB Malang. Fisika. Malang, Universitas Brawijaya. **SI**.
- Lobert, J. M. (1991). "Experimental evaluation of biomass burning emissions : Nitrogen and carbon containing compounds. In J.S Levine(ed), Global Biomass Burning." Atmospheric , Climatic, and Biosphic implication. MIT Press, Cambridge, Mass.,: 289-304.
- Nassarouf, W.W, et al. (2003). "Enviromental Tobacco Smoke Particle."1-3.
- Ohlstrom, M.O., et al. (1999). "Fine Particle Emissions of Energy Production in Firland." Paper Atmospheric Environment Finland **34**: 3701-3711.
- Pignot , J. (1987). "Quantification and chemical markers of tobacco exposure." Eur J Respir Dis **70**: 1-7.
- Prima, J. T. (2011).” Rancang Bangun Alat Pembuat Arang Kayu Skala Laboratorium Kapasitas 15 Kg.” Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang **Diploma III**.
- Salasa, M. (2009). Perancangan dan Pembuatan Sistem Pengukuran Unjuk Kerja Kompor Biomassa berbasis mikrokontroler. FMIPA. Malang, Universitas Brawijaya. **S.Si**.
- Slezakova, K., M.C.Pereira, et al. (2008). "Influence of tobacco smoke on the elemental composition of indoor particles of different sizes." Atmospheric Environment **43** 486–493.
- Suliyanto, M. (2010). Pemantauan Kebersihan Udara pada Daerah Pengoperasian Hot Cell Instalasi Radiometalurgi. Seminar Nasional VI BATAN. SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 1978-0176.
- Tian, B., P. Chen, et al. (2008). "Blocking anda Filtering effect of Bombyx mori silkworm silk fiber filter tips against mainstream smoke of cigarettes." Material and Design **30**: 2289-2294.

Utomo, S. S. (2011). "Pengaruh kecepatan Hisap pada faktor emisi Partikel Ultrafine terhadap Asap rokok". Fisika. Malang, Universitas Brawijaya. **S.Si**.

Valley, S. J. 2012." Emission Factor". N. S. F. Office, Air Pollution Control District. California.

Wicahyo, Y. (2010). Faktor Emisi. <http://ultrawomen.wordpress.com/2010/02/28/faktor-emisi>

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

{Halaman ini sengaja dikosongkan}

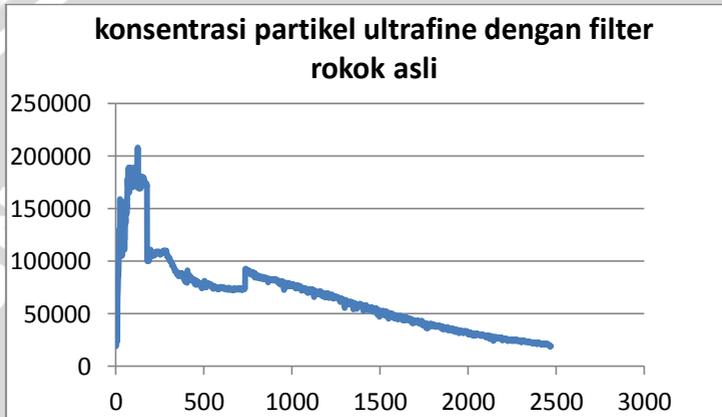


LAMPIRAN

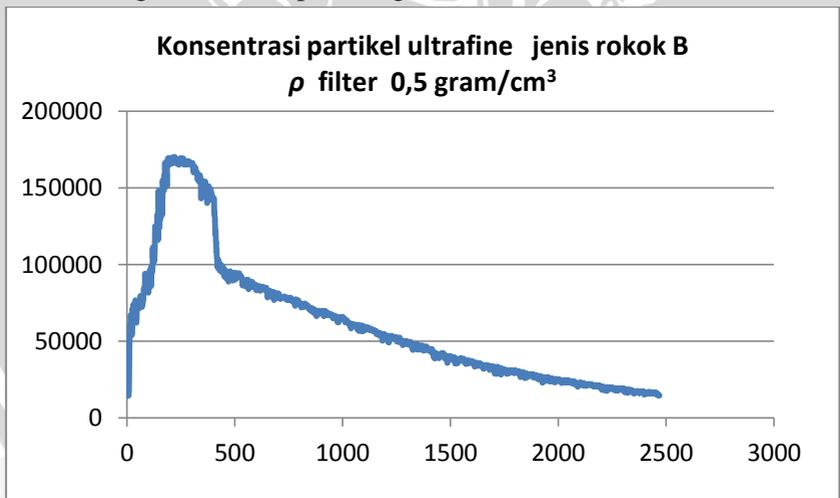
Lampiran. 1 : Grafik Konsentrasi Partikel rokok B dan C dengan Kerapatan Bahan Filter Arang Batok Kelapa.

➤ ROKOK B

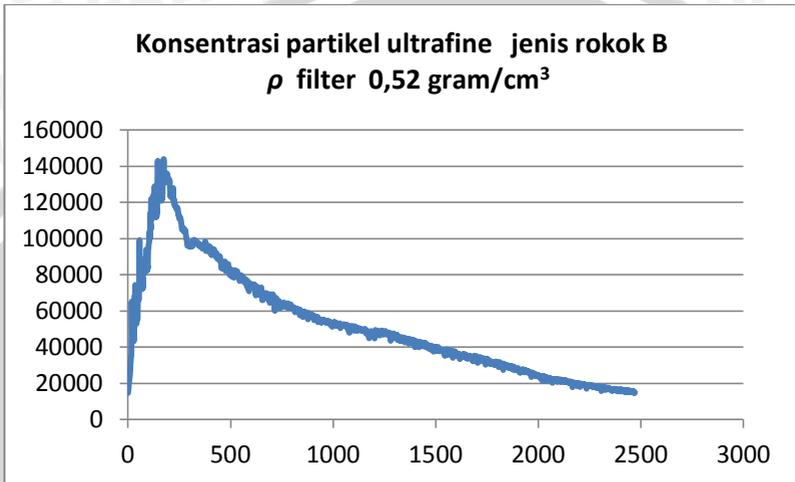
a. Grafik Konsentrasi Partikel Ultrafine dengan Filter Rokok Asli.



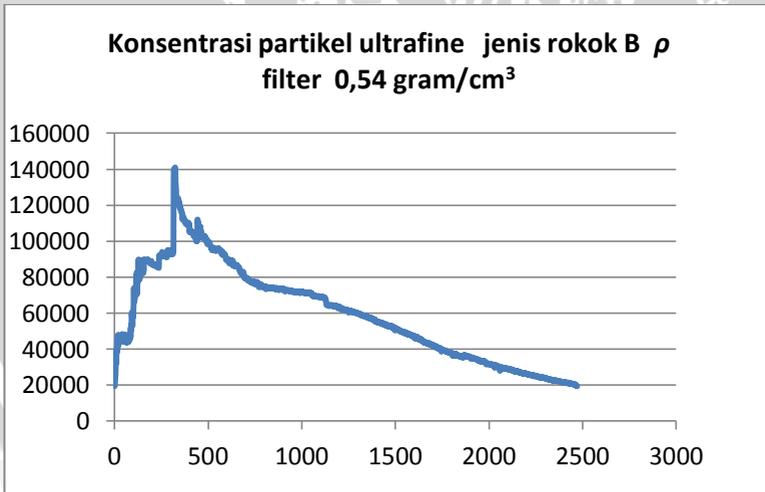
b. Grafik Konsentrasi Partikel Ultrafine dengan Kerapatan Bahan Filter Arang Batok Kelapa 0.5 gram/cm^3



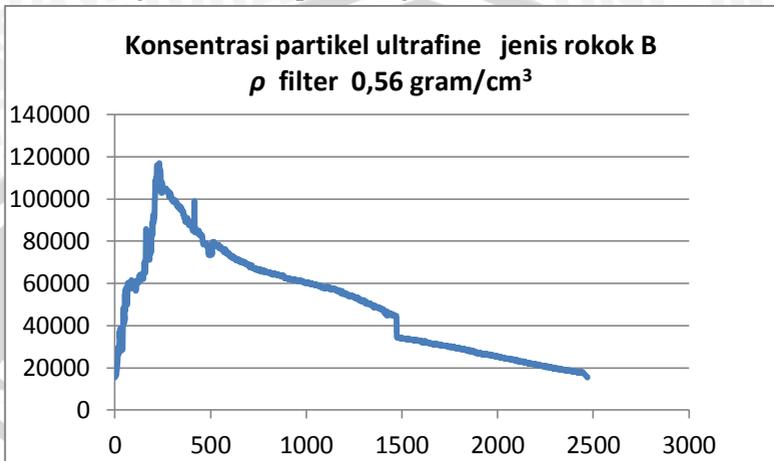
- c. Grafik Konsentrasi Partikel Ultrafine dengan Kerapatan Bahan Filter Arang Batok Kelapa $0,52 \text{ gram/cm}^3$



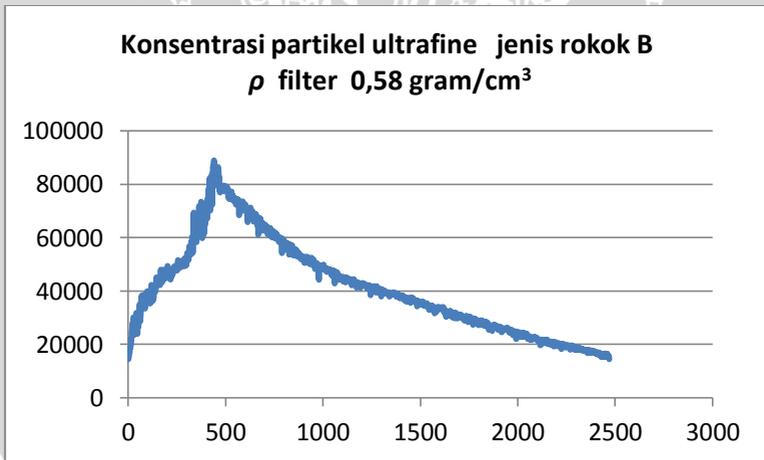
- d. Grafik Konsentrasi Partikel Ultrafine dengan Kerapatan Bahan Filter Arang Batok Kelapa $0,54 \text{ gram/cm}^3$



- e. Grafik Konsentrasi Partikel Ultrafine dengan Kerapatan Bahan Filter Arang Batok Kelapa $0,56 \text{ gram/cm}^3$

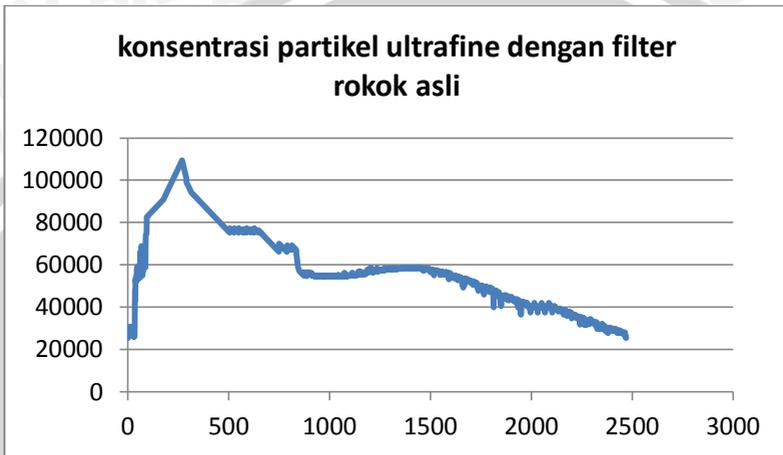


- f. Grafik Konsentrasi Partikel Ultrafine dengan Kerapatan Bahan Filter Arang Batok Kelapa $0,58 \text{ gram/cm}^3$

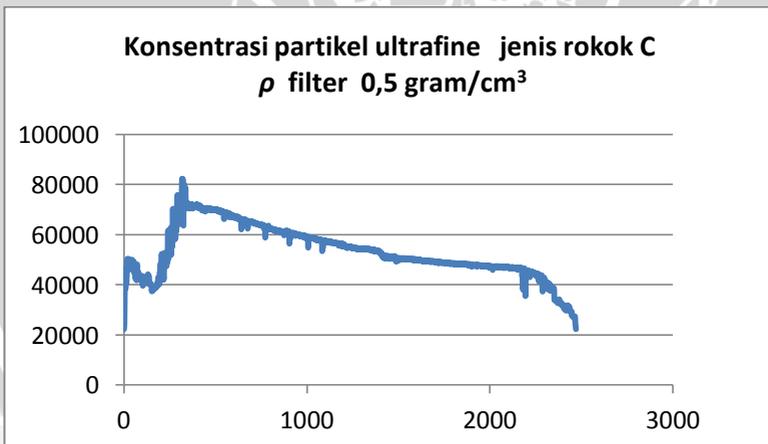


➤ **ROKOK C**

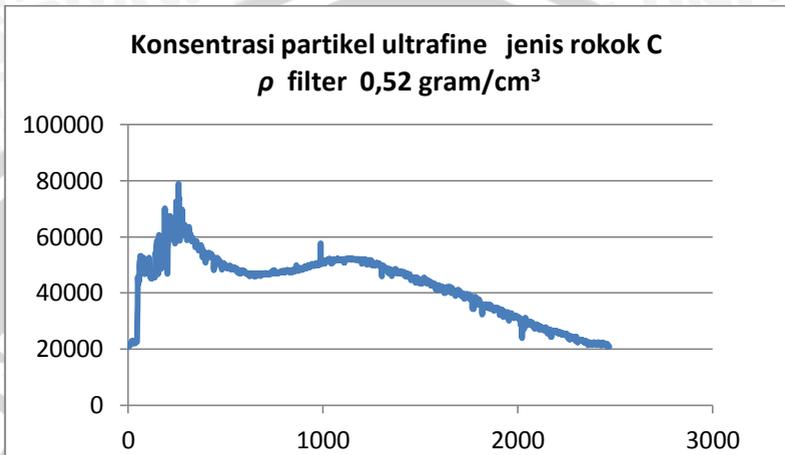
- a. Grafik Konsentrasi Partikel Ultrafine dengan Filter Rokok Asli.



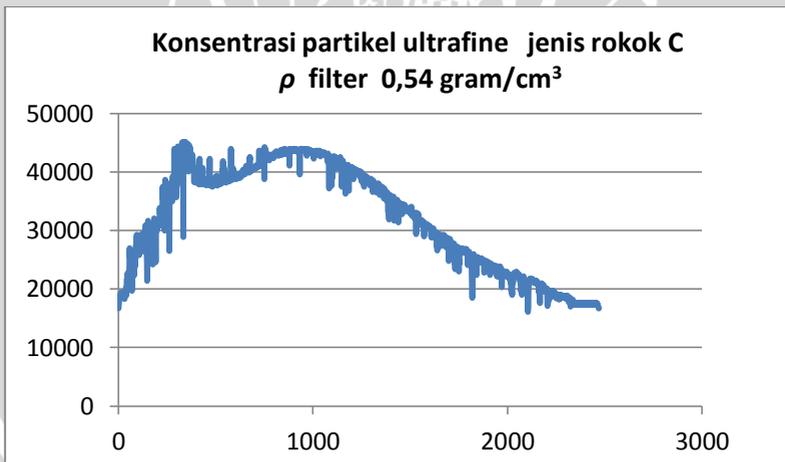
- b. Grafik Konsentrasi Partikel Ultrafine dengan Kerapatan Bahan Filter Arang Batok Kelapa $0,5 \text{ gram/cm}^3$



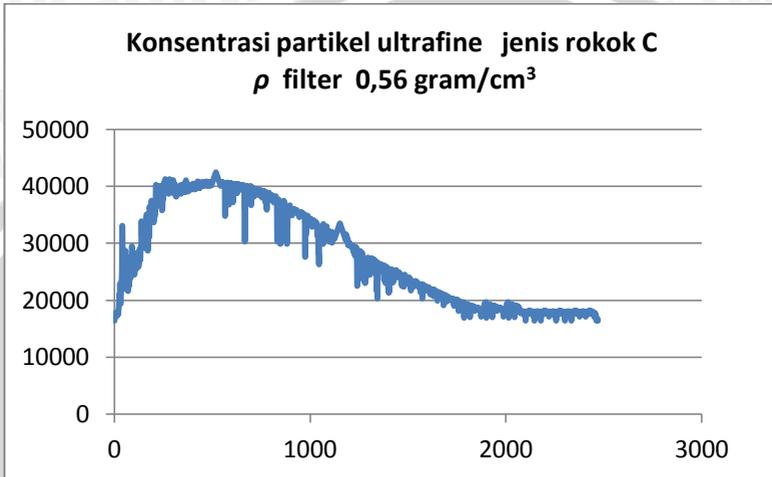
- c. Grafik Konsentrasi Partikel Ultrafine dengan Kerapatan Bahan Filter Arang Batok Kelapa $0,52 \text{ gram/cm}^3$



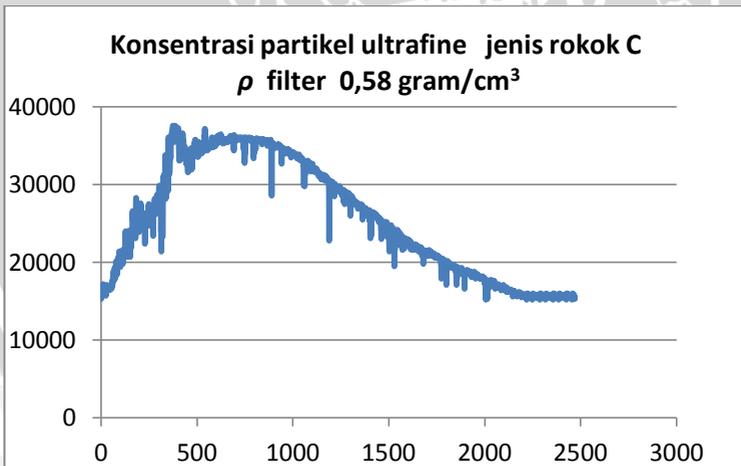
- d. Grafik Konsentrasi Partikel Ultrafine dengan Kerapatan Bahan Filter Arang Batok Kelapa $0,54 \text{ gram/cm}^3$



- e. Grafik Konsentrasi Partikel Ultrafine dengan Kerapatan Bahan Filter Arang Batok Kelapa $0,56 \text{ gram/cm}^3$



- f. Grafik Konsentrasi Partikel Ultrafine dengan Kerapatan Bahan Filter Arang Batok Kelapa $0,58 \text{ gram/cm}^3$



Lampiran. 2 : Data Hasil Pengukuran Kecepatan Pompa Hisap

No	time(s)	v(m/s)
1	60	9.93
2	120	11.4
3	180	10.7
4	240	10.7
5	300	11.4
6	360	11.5
7	420	10.3
8	480	9.37
9	540	10.6
10	600	10.4

Nilai deviasi dan hasil ralat kecepatan pompa hisap

$$\bar{v} = \frac{\sum v}{n} = \frac{106.3}{10} = 10.63 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned}\delta v &= \sqrt{\frac{\sum [v - \bar{v}]^2}{n(n-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{4.193}{10(10-1)}} = 0.216\end{aligned}$$

$$Kr \% = \frac{\delta v}{\bar{v}} = \frac{0.216}{10.63} = 2\%$$

Lampiran. 3 : Perhitungan Luas Area Selang pada Pompa

no	r(meter)	π	A(m ²)
1	0.004	3.14	0.00005024
2	0.004015	3.14	5.06175E-05
3	0.00401	3.14	5.04915E-05
4	0.00404	3.14	5.12498E-05
5	0.00398	3.14	4.97389E-05
6	0.004005	3.14	5.03657E-05
7	0.004045	3.14	5.13768E-05
8	0.003975	3.14	4.9614E-05
9	0.00401	3.14	5.04915E-05
10	0.00401	3.14	5.04915E-05

$$\bar{A} = \frac{\sum A}{n} = \frac{5.05}{10} = 0,50 \text{ cm}^2$$

$$\delta A = \sqrt{\frac{\sum [A - \bar{A}]^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{2.78 \text{ exp}-4}{10(10-1)}} = 0,017$$

$$Kr \% = \frac{\delta A}{\bar{A}} \times 100\% = \frac{1.76 \text{ exp}-07}{5.05 \text{ exp}-5} \times 100\% = 0.17\%$$

Lampiran. 4 : Perhitungan Deviasi Faktor Emisi Partikel Ultrafine Pengukuran Tiga Kali Rokok Jenis A

total konsentrasi partikel ultrafine(partikel/m3)				
densitas (gram/cm3)	A	B	C	rata2
filter asli	2.12E+14	2.37E+14	2.07E+14	2.19E+14
0,5	1.97E+14	1.87E+14	1.46E+14	1.77E+14
0,52	1.33E+14	1.34E+14	1.13E+14	1.27E+14
0,54	1.11E+14	8.81E+13	1.02E+14	1.00E+14
0,56	6.91E+13	6.52E+13	7.07E+13	6.83E+13
0,58	5.34E+13	5.13E+13	4.55E+13	5.01E+13

Dimana nilai dari $v = 10.63 \text{ m/s}$

$$\delta v = 2.16 \times 10^{-1}$$

$$A = 5.54 \times 10^{-9}$$

$$\delta A = 1.76 \times 10^{-7}$$

Nilai dari rata-rata total konsentrasi dan deviasi konsentrasi partikel ultrafine tiap batang rokok ditampilkan dalam tabel berikut:

densitas (gram/cm3)	Ct rata2	deviasi Ct
filter asli	2.19E+14	9.28E+12
0,5	1.77E+14	1.56E+13
0,52	1.27E+14	6.84E+12
0,54	1.00E+14	6.66E+12
0,56	6.83E+13	1.63E+12
0,58	4.97E+13	2.75E+12

Deviasi faktor emisi dicari menggunakan persamaan berikut:

$$Ef = \frac{\Sigma Ef}{n}$$

$$\delta Ef = \sqrt{\left(\frac{\partial Ef}{\partial A} \cdot \delta A\right)^2 + \left(\frac{\partial Ef}{\partial v} \cdot \delta v\right)^2 + \left(\frac{\partial Ef}{\partial Ct} + \delta Ct\right)^2}$$

$$Kr\% = \frac{\delta Ef}{Ef} \times 100\%$$

Dari perhitungan menggunakan persamaan tersebut untuk rokok dengan massa filter arang batok kelapa yang berbeda, didapatkan hasil yang disajikan dalam bentuk tabel berikut:

densitas (gram/cm³)	<i>Efrata</i>²	δEf	<i>Kr Ef</i>
filter asli	1.17E+11	5.54E+09	4.74%
0,5	9.48E+10	8.60E+09	9.07%
0,52	6.79E+10	3.93E+09	5.79%
0,54	5.40E+10	3.74E+09	6.93%
0,56	3.67E+10	1.16E+09	3.15%
0,58	2.67E+10	1.58E+09	5.90%