

**PENGARUH KECEPATAN HISAP PADA FAKTOR EMISI  
PARTIKEL ULTRAFINE ASAP ROKOK**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains dalam bidang fisika

oleh :

**Shodik Setyo Utomo**

**0610930051-93**



**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**2011**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**  
**PENGARUH KECEPATAN HISAP PADA FAKTOR EMISI**  
**PARTIKEL ULTRAFINE ASAP ROKOK**

oleh :

Shodik Setyo Utomo

0610930051-93

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

Dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Dains dalam bidang Fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Arinto Yudi W, Ph.D

Ir. D.J. Djoko H.S., Ph.D

NIP. 196407021989031001

NIP. 196601311990021001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika

Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

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

NIP. 196312271991031002

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Shodik Setyo Utomo

NIM : 0610930051

Penulis skripsi yang berjudul :

Pengaruh Kecepatan Hisap pada Faktor Emisi Partikel Ultrafine Asap 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, Oktober 2011

Yang Menyatakan

(Shodik Setyo Utomo)

NIM. 0610930051

## ABSTRAK

Pada penelitian terdahulu dijelaskan bahwa suhu lingkungan dan kecepatan aliran udara di sekitar pembakaran dapat mempengaruhi konsentrasi partikel hasil pembakaran biomassa. Penelitian ini memfokuskan pada studi pengaruh kecepatan hisap pada faktor emisi partikel ultrafine asap rokok, sebagai hasil proses pembakaran rokok.

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah rokok dibakar dan dihisap oleh pompa hisap, kemudian asap mainstream dimasukkan ke dalam environmental chamber. Dari dalam Environmental Chamber, konsentrasi partikel ultrafine dapat diukur dengan menggunakan alat UPC P-track. Selanjutnya dengan didapatkan konsentrasi partikel ultrafine maka dapat ditentukan nilai dari faktor emisi yang dihasilkan dari konsentrasi partikel ultrafine. Tahap ini diulangi lagi dengan menggunakan kecepatan hisap yang berbeda.

Hasil dari percobaan menunjukkan trend bahwa ketika dihisap dengan kecepatan hisap yang lebih tinggi maka konsentrasi partikel yang dihasilkan juga akan lebih tinggi begitu pula dengan nilai dari faktor emisi yang dihasilkan juga lebih besar. Hal ini dibuktikan pada grafik hubungan antara faktor emisi partikel ultrafine dengan kecepatan hisap.

**Kata kunci :** partikel ultrafine, faktor emisi, biomassa

## ABSTRACT

The previous studies described the influence of environmental temperature and velocity of air flow around the combustion to the concentration of particles from burning biomass. This research focuses on investigating the influence of suction velocity on the ultrafine particles emission factors of cigarette smoke.

The method was used a cigarette was burn and sucked at a certain flow rate, which was classified as a low, medium and high rate. The smoke was then introduced into an Environmental chamber. The ultrafine particles were measured using a UPC P-Track. The ultrafine particle emission factors were calculated based on the total concentration resulted in cigarette combustions.

The results showed that a higher suction flow rate produced a higher ultrafine particle concentration. Consequently, the emission factors were also higher at the high flow rate. The emission factors were proportional to the flow rate.

**Keyword :** Ultrafine Particle, Factor Emission,, Biomass, Cigarette

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil'alamin, segala syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul “**PENGARUH KECEPATAN HISAP PADA FAKTOR EMISI PARTIKEL ULTRAFINE ASAP ROKOK**” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada bidang fisika.

Terselesainya laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Adi Susilo,PhD. Selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Arinto Yudi selaku pembimbing I dan bapak Djoko selaku pembimbing II yang telah memberi pengarahan dan motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
3. Ibu dan Bapak tercinta yang selalu mendoakanku tiada putus-putus dan mendukung segala aktivitasku selama ini.
4. Seluruh Dosen Penguji dan Bapak / Ibu Dosen di Jurusan Fisika Universitas Brawijaya atas ilmu yang telah diberikan selama penulis mengenyam bangku kuliah.
5. Seluruh Karyawan dan Staf di Jurusan Fisika atas bantuannya dalam melancarkan administrasi perkuliahan selama ini.
6. Teman – teman Fisika, khususnya angkatan 2006, atas pemberian semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini, “Thanks for all memories..”.
7. Semua pihak yang tidak dapat di sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan, baik petunjuk, informasi maupun dukungan moril kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir dan penulisan skripsi ini.

Penulis sangat menyadari bahwa penulisan ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tulisan ini.

Akhirnya penulis berharap agar segala yang tertulis dalam skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi penulis dan masyarakat pada umumnya.

Malang, Oktober 2011

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b> .....	<b>i</b>
<b>Lembar Pengesahan</b> .....	<b>ii</b>
<b>Lembar Pernyataan</b> .....	<b>iii</b>
<b>Abstrak</b> .....	<b>iv</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>v</b>
<b>Kata Pengantar</b> .....	<b>vi</b>
<b>Daftar Isi</b> .....	<b>viii</b>
<b>Daftar Gambar</b> .....	<b>x</b>
<b>Daftar Tabel</b> .....	<b>xi</b>
<b>Daftar Lampiran</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I Pendahuluan</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II Tinjauan Pustaka</b> .....	<b>5</b>
2.1 Particulate Matter(PM) .....	5
2.2 Pembakaran Biomassa.....	6
2.3 Definisi Rokok .....	7
2.4 Enviromental tobacco Smoke (ETS) .....	8
2.5 Rokok filter .....	12
2.6 Partikel Ultrafine .....	12
2.7 Faktor Emisi .....	15
<b>BAB III Metodologi</b> .....	<b>19</b>
3.1 Waktu dan tempat Pelaksanaan .....	19
3.2 Alat dan Bahan .....	19
3.3 Tahapan Penelitian .....	23
3.4 Pengambilan Data.....	25
3.5 Pengolahan Data.....	26
3.6 Interpretasi Data .....	27
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	28
<b>BAB IV Hasil dan Pembahasan</b> .....	<b>31</b>
4.1 Hasil percobaan .....	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 .....	34
4.1.4 Penentuan faktor emisi partikel ultrafine .....	37
4.2 Pembahasan .....	41
<b>BAB V Penutup .....</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2 Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>53</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Environmental Tobacco Smoke	9
Gambar 2.2 Kategori Faktor Emisi	16
Gambar 3.1 Skema Rangkaian Pompa Hisap	20
Gambar 3.2 Sistem Chamber dan bagian-bagiannya	21
Gambar 3.3 Pengambilan Data Pompa Hisap	24
Gambar 3.4 Rangkaian Percobaan	25
Gambar 3.5 Distribusi Asap dalam Chamber	26
Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 4.1 Grafik pengukuran kecepatan hisap	31
Gambar 4.2 konsentrasi partikel ultrafine	32
Gambar 4.3 konsentrasi partikel ultrafine	33
Gambar 4.4 konsentrasi partikel ultrafine	33
Gambar 4.5 Perbandingan konsentrasi partikel ultrafine	34
Gambar 4.6 Tampilan Grafik pada Software Origin	36
Gambar 4.7 Tampilan data hasil Pengukuran dari Origin	37
Gambar 4.8 Hasil Pengukuran Total konsentrasi partikel	42
Gambar 4.9 Hasil Pengukuran Faktor Emisi Partikel	40
Gambar 4.10 Hub. Faktor Emisi dengan Kecepatan Hisap	40

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Macam PM beserta ukurannya	6
Tabel 2.2 Data Enviromental Tobacco Smoke (ETS)	11
Tabel 3.1 Jenis Divine cigarette beserta bahan penyusunnya	22
Tabel 4.1 Faktor Emisi Total	38

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I : Grafik konsentrasi partikel ultrafine	53
Lampiran II : Hub. Faktor emisi dengan kecepatan hisap	62
Lampiran III : Grafik Faktor Emisi tiap jenis Rokok	68
Lampiran IV : Data Kecepatan Hisap pada Pompa	70
Lampiran V : Daftar Gambar	75
Lampiran VI : Tampilan Data Origin 8.1	78

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Salah satu masalah yang dihadapi dalam era masa kini adalah polusi udara. Polusi udara merupakan kehadiran beberapa macam substansi yang meliputi substansi fisik, kimia atau biologi yang berada di udara dengan jumlah yang besar dan dapat membahayakan bagi manusia. Adapun polusi yang bisa menyebabkan pencemaran udara dapat berupa gas dan *particulate matter* (PM).

*Particulate matter* (PM) merupakan bagian penyusun dari suatu materi yang memiliki ukuran bervariasi. Biasanya partikel ini dihasilkan dari peristiwa pemecahan suatu zat atau molekul. Banyak sekali peristiwa pemecahan suatu molekul dan menjadi partikel-partikel yang terjadi di muka bumi ini. Dan salah satunya terjadi pada peristiwa pembakaran antara lain pada pembakaran kendaraan bermotor, proses kegiatan industri maupun pembakaran biomassa (termasuk pembakaran tembakau). Ukuran partikel itu sendiri dapat dibagi menjadi dua yaitu *fine particle* dan *ultrafine particle*. Yang termasuk *fine particle* adalah  $PM_{10}$  yang berukuran kurang dari 10  $\mu m$  dan  $PM_{2.5}$  yang berukuran kurang dari 2,5  $\mu m$  (Fierro, 2003).

Partikel ultrafine (UFPs) berukuran nanometer sehingga sangat sulit dideteksi. Partikel ini dengan mudah masuk ke dalam tubuh khususnya melalui saluran pernapasan. Karena ukurannya, UFPs dapat dengan mudah melewati sistem penyaring dalam sistem pernafasan. Sebagian besar UFPs akan menumpuk di paru-paru dan mampu masuk ke bagian terdalam dari paru-paru sehingga tidak mudah dihilangkan. Dikarenakan kuantitasnya yang sangat besar di udara dan kemampuan penetrasi yang tinggi di dalam paru-paru, maka UFPs menjadi perhatian utama di bidang kesehatan pernafasan. Hal ini berlaku juga pada kegiatan merokok dimana dalam peristiwa pembakaran tembakau dihasilkan ultrafine partikel yang dengan mudah masuk ke tubuh manusia melalui saluran pernafasan.

Pada tahun 1999, The World Bank mempublikasikan dalam papernya, “*Curbing the Epidemic: governments and the economics of tobacco control*”, yang memperlihatkan kecenderungan penggunaan tembakau secara umum dan keterkaitannya dengan peningkatan beberapa jenis penyakit dan kematian dini. Pada tahun 2000, dilaporkan bahwa telah terjadi kurang lebih 5 juta angka kematian yang diakibatkan oleh kebiasaan merokok tiap tahun. Jumlah ini diperkirakan akan meningkat menjadi 10 juta kematian per tahun pada tahun 2030. Tujuh dari sepuluh kematian akibat konsumsi tembakau ini terjadi di negara-negara berkembang (Djuharta, 2003).

Seperti yang diketahui bahwa aktivitas pembakaran khususnya aktivitas merokok dapat menimbulkan partikel-partikel baru yang membahayakan bagi kesehatan. Salah satu jenis particulate matter yang terkandung dalam hasil pembakaran rokok yaitu partikel jenis ultrafine yang berukuran nanometer (Daher, 2009). Partikel berukuran ultrafine mempunyai dampak yang besar dalam menimbulkan penyakit akibat aktivitas merokok.

Dalam aktivitas merokok akan dihasilkan suatu emisi yaitu sisa hasil pembakaran. Oleh karena itu aktivitas merokok juga menyumbang polusi udara karena ketika rokok dibakar akan menghasilkan lebih dari 100.000 jenis zat, 12.000 di antaranya sudah diketahui dan 4.000 dinyatakan zat yang berbahaya (Pappas,dkk., 2005). Adapun zat berbahaya yang sudah diketahui dalam asap rokok antara lain zat yang mengandung bahan radioaktif (Polonium-201), bahan-bahan yang digunakan untuk bahan cat (aseton), racun serangga (CCT), ammonia, arsenic, hydrogen cyanide dan yang terpenting adalah nikotin dan karbon monoksida. Hasil-hasil pembakaran rokok dapat membahayakan bagi para pengguna rokok (perokok aktif) maupun orang yang menghirup sisa-sisa pembakaran meskipun tidak merokok (perokok pasif). Adapun dampak merokok antara lain penyakit kanker, penyakit saluran pencernaan, stroke, osteoporosis, penyakit jantung, kemandulan dan lain lain (Borgerding,dkk., 2005).

Faktor emisi didefinisikan sebagai sejumlah berat tertentu polutan yang dihasilkan oleh terbakarnya sejumlah bahan bakar dalam kurun waktu tertentu. Dari definisi ini dapat diketahui bahwa jika faktor emisi suatu polutan diketahui, maka banyaknya polutan yang lolos dari proses pembakarannya dapat diketahui jumlahnya persatuan waktu. Sehingga proses pembakaran dapat mempengaruhi faktor emisi karena setiap aktivitas pembakaran semakin besar maka bisa dipastikan bahwa faktor emisi yang dihasilkan juga semakin besar. Faktor emisi merupakan nilai suatu parameter dari sebuah pencemaran yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran. Biasanya dinyatakan sebagai berat polutan dibagi dengan satuan berat, volume, jarak, aktivitas yang dapat mengeluarkan polutan, suhu maupun kecepatan hisap rokok tersebut (Wicahyo, 2010).

Pada penelitian sebelumnya tentang pengukuran konsentrasi udara pada hasil pembakaran biomassa pada awal musim kemarau dan di akhir musim kemarau menunjukkan bahwa suhu dan kecepatan aliran udara sangat mempengaruhi konsentrasi partikel pada pembakaran biomassa tersebut (Ristovski, dkk., 2003). Mengacu pada penelitian tersebut maka kami akan meneliti tentang pembakaran rokok dengan memvariasikan kecepatan hisap untuk mempelajari pengaruhnya pada factor emisi partikel ultrafineasap rokok.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh kecepatan hisap pada emisi partikel yang dihasilkan dari asap rokok?

## **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut :

1. Hanya menggunakan rokok yang dicampur dengan bahan campuran dengan mengambil 10 jenis rokok secara acak dan rokok tanpa bahan campuran.
2. Hanya menggunakan kecepatan hisap yang telah ditentukan nilainya sebanyak 3 variasi kecepatan hisap yang digunakan pada masing-masing jenis rokok yaitu pada kecepatan rendah, kecepatan sedang dan kecepatan tinggi.
3. Tidak mendeteksi pengaruh bahan tambahan pada rokok secara kimiawi terhadap faktor emisi partikel ultrafine.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan hisap terhadap faktor emisi partikel ultrafine pada asap rokok.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat bagi penulis maupun bagi orang banyak guna menambah pengetahuan tentang pengukuran faktor emisi partikel ultrafine pada asap rokok dengan menentukan kecepatan hisap rokok tersebut. Disamping itu hasil penelitian ini bermanfaat pula untuk memberikan informasi tentang bahaya partikel ultrafine yang dihasilkan dari asap rokok bagi kesehatan manusia.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Particulate Matter (PM)

Particulate Matter (PM) merupakan istilah yang sering digunakan untuk campuran partikel zat padat dan partikel cair yang tersuspensi di udara. Partikel-partikel ini berasal dari berbagai sumber diantaranya pembangkit listrik, proses industri dan kendaraan bermotor. Partikel-partikel tersebut terbentuk di udara (atmosfer) dengan transformasi gas emisi. Adapun komposisi kimia dan komposisi fisiknya tergantung dari lokasi, waktu maupun cuaca dari tempat tersebut.

Particulate matter mempunyai ukuran yang bervariasi dan dibedakan menjadi dua yaitu *fine particle* dan *ultrafine particle*. Fine particle merupakan partikel yang berukuran antara  $1\mu\text{m}$  sampai dengan  $10\mu\text{m}$ . Secara umum partikel ini dibentuk berdasarkan gangguan mekanik (misalnya penghancuran suatu bahan, penggilingan, abrasi penguapan), penguapan semprotan, suspensi dari debu dan sebagainya yang merupakan proses pembentukan partikel dari jenis  $\text{PM}_{10}$  dan  $\text{PM}_{2.5}$ .

Ultrafine Particle 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 hydrogen, senyawa organik, logam (Pb, Cd, V, Ni, Cu, Zn, Mn, dan Fe) dan partikel air terikat. Sumber utama partikel ini adalah 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 yang paling penting yang mempengaruhi pengendapan partikel pengendapan partikel dalam system pernafasan adalah ukuran partikel dan aerodinamis (Fierro, 2000).

Tabel 2.1 Macam particulate matter beserta ukurannya  
(Fierro, 2000)

Fraction	Size Range
PM <sub>10</sub> (thoracic fraction)	<= 10 µm
PM <sub>2,5</sub> (respirable fraction)	<= 2,5 µm
PM <sub>1</sub>	<= 1 µm
Ultrafine (UFP)	<= 0,1 µm

## 2.2 Pembakaran Biomassa

Diantara sekian banyak polusi udara, pembakaran biomassa dianggap sebagai penyumbang polusi terdepan dalam bentuk particulate matter (PM) maupun dalam bentuk gas. Pada proses pembakaran ini diantaranya hasil kebakaran hutan atau proses pembakaran hutan yang digunakan untuk pembukaan lahan baru untuk keperluan pertanian, dan pembakaran kayu untuk keperluan memasak. Semua pembakaran tersebut memainkan peran yang sangat penting dalam mempengaruhi perubahan kualitas udara di atmosfer yang menyebabkan pengasaman awan, hujan dan kabut yang berdampak pada radiasi ultraviolet. Emisi partikel yang berada di udara secara langsung mempengaruhi panas yang terjadi di atmosfer (Wardoyo,dkk., 2007).

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 api 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., 2008).

Pengukuran konsentrasi partikel di udara dari hasil pembakaran biomassa dilakukan di Northern Territory, Australia, selama bulan Juni dan September di 2003, yang merupakan awal dan akhir musim kemarau di daerah itu. Pengukuran udara dilakukan di sepanjang rel penerbangan horisontal, pada beberapa ketinggian tertentu untuk mendapatkan informasi tentang tingkat konsentrasi partikel dan variasi konsentrasi partikel di udara dengan ketinggian yang lebih rendah *lower boundary layer (LBL)*, *upper boundary layer (UBL)* serta *free troposphere (FT)*. Dari pengukuran pada ketiga daerah ini didapatkan hasil bahwa partikel selama awal musim kemarau lebih rendah daripada musim kemarau akhir. Disamping itu juga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi partikel yang paling mungkin dari asap pembakaran itu sangat mendominasi di awal musim kemarau (Wardoyo,dkk.,2007). Dari pernyataan tersebut disimpulkan bahwa suhu dalam suatu pembakaran biomassa sangat berpengaruh pada jumlah partikel yang dihasilkan. Suhu pada saat pembakaran bisa meningkat apabila kecepatan aliran udara disekitar tempat pembakaran juga tinggi (Ristovski,dkk., 2010)

### **2.3 Definisi rokok**

Rokok merupakan salah satu bentuk dari biomassa karena bahan penyusun rokok merupakan bahan-bahan yang berasal dari tembakau yang merupakan biomassa.

Rokok merupakan benda yang berbentuk silinder yang berukuran panjang sekitar 70 mm hingga 120 mm dengan diameter sekitar 10 mm yang sebagian besar berisi tembakau yang dicacah. Adapun jenis rokok berdasarkan penggunaan filter dibagi menjadi dua yaitu :

1. Rokok filter : rokok yang bagian pangkalnya berupa gabus

2. Rokok non filter : rokok yang bagian pangkal nya tidak terdapat gabus (Wikipedia, 2011).

### Bahan Baku Penyusun Rokok

Rokok mempunyai bahan baku penyusun yang sangat beragam. Ketika rokok dibakar maka akan mengeluarkan lebih kurang 4000 zat kimia yang beracun (Burns,dkk., 1991). Adapun bahan penyusun rokok antara lain tembakau, merupakan komponen utama dalam pembuatan rokok, yang dicampur dengan cengkeh dan bahan lain sebagai bahan tambahan. Dari bahan tersebut dihasilkan berbagai zat kimia antara lain karbonil volatil, fenol, alkena volatile, benzo[a] pyrene, N-Nitrosamine tobacco dan lain sebagainya (Bernhard,dkk., 2006).

Fase gas dari rokok mengandung 500 senyawa volatile termasuk karbon monoksida, oksida nitrogen dan ammonia dan terdiri dari sekitar 95% dari asap. Sedangkan fase yang berifat partikel berisi lebih dari 3500 semivolate dan nonvolatile termasuk nikotin, polynuclear aromatic hidrokarbon (PAH). Mainstream cigarette smoke (MSS) biasanya dianalisis baik yang menunjukkan hasil maupun komposisi. Hasil pengukuran mencakup penentuan tar, nikotin dan karbon monoksida yang dihasilkan dan ditentukan oleh badan domestic dan internasional (Wilson,dkk., 2008).

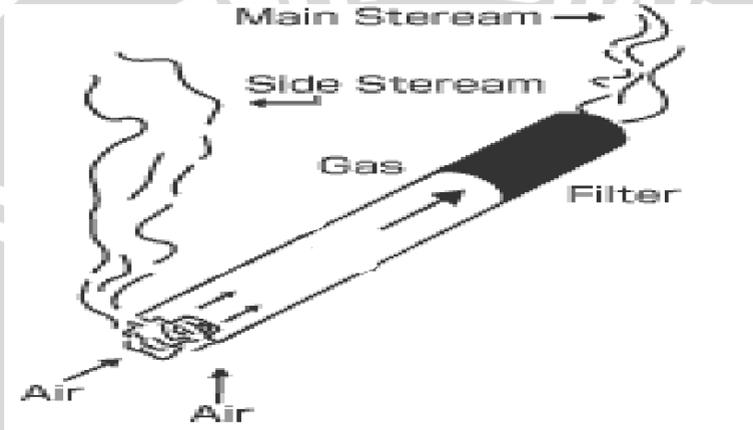
Merokok merupakan penyebab utama terjadinya beberapa kasus kanker di Amerika Serikat, diperkirakan 440.000 kematian dini per tahun. Merokok telah dikaitkan dengan penyakit kanker berbagai jenis organ penyakit paru-paru dan penyakit jantung. Hal ini disebabkan karena adanya particulate matter hasil dari pembakaran rokok tersebut. Asap tersebut merupakan campuran terkonsentrasi zat kimia yang dihasilkan oleh pyrosynthesis, langsung dari penyulingan komponen kimia dan tembakau (Pappas,dkk., 2005).

### 2.4 Enviromental tobacco Smoke (ETS)

Enviromental Tobacco Smoke (ETS) dalam bahasa Indonesia berarti lingkungan asap tembakau yaitu gabungan dari asap yang

dihasilkan dari pembakaran rokok/tembakau maupun asap yang dihasilkan oleh asap rokok yang dihisap oleh perokok. Adapun klasifikasi dari ETS dibagi menjadi dua diantaranya :

1. Asap sidestream yaitu asap yang dihasilkan dari pembakaran rokok, cerutu dll.
2. Asap mainstream yaitu asap yang dihasilkan dari asap yang dihisap oleh perokok aktif.



Gambar 2.1

### Enviromental Tobacco Smoke (ETS)

Pada dasarnya ETS mengandung karsinogenik dan gas beracun sama dengan apa yang dihasilkan oleh asap mainstream yang dihirup dan dilepas oleh perokok dan mengandung sebanyak 4800 zat beracun yang telah diidentifikasi sebagai komponen asap. Sementara itu sebanyak 400 orang yang telah dianalisis secara kuantitatif , sebanyak 200 zat beracun bagi manusia telah diketahui lebih dari 80 orang dari mereka. Zat yang terkandung di dalamnya terdapat karsinogenik. Terdapat pula tar, karbonmonoksida, hydrogen sianida, fenol, ammonia, formaldehid, benzene, nitrosamine dan nikotin.

Orang yang tidak merokok tetapi berada di lingkungan ETS biasa disebut dengan perokok pasif. Apabila terkena ETS maka perokok pasif akan menyerap lebih banyak nikotin dan zat beracun lainnya bila dibandingkan dengan perokok aktif dan hal itu sangat berbahaya bagi kesehatan.

Ketika asap rokok dihisap oleh perokok, maka campuran zat dari asap rokok tersebut akan masuk ke saluran pernafasan. Selama menyalakan rokok untuk menghisap embusan asap yang masuk ke sistem pernafasan maka akan timbul berbagai variasi reaksi kimia, fenomena fisis dan fisiologis. Ketika asap baru dihasilkan dari pembakaran maka hasilnya akan sangat kompleks dan sistem reaksi akan dinamis karena pengaruh dari sifat fisis, dan reaksi kimia. Dalam hal ini mirip dengan yang diteliti oleh orang lain secara ekstensif mengenai campuran kompleks seperti polusi udara dan mesin diesel beremisi (Pandev,dkk., 2010).



Tabel 2.2 Data Enviromental Tobacco Smoke (ETS) (Pandev, dkk., 2010)

Order	ETS component	Acronym	CAS No	Chemical formula	Molar mass (g/mole)
<b>[A] Vapor-phase ETS markers</b>					
1	Nicotine	Nicotine	54-11-5	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub>	162
2	3-ethyl pyridine	3-EP	536-78-7	C <sub>7</sub> H <sub>9</sub> N	107
3	2-5dimethyl furan	2-5DMF	625-86-5	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96.1
4	Myosmine	Myosmine	532-12-7	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> N <sub>2</sub>	146
5	Volatile organic compounds	VOCS <sup>a</sup>			
<b>[B] Particulate-phase ETS markers</b>					
6	Respirable particulate matter	RSPM			
7	Ultraviolet particulate matter	UVPM			
8	Fluorescent particulate matter	FPM			
9	Solanesol particulate matter	SolPM			
<sup>a</sup> e.g., toluene, m,p-xylene, limonene, benzene, furfurylaldehyde, phenol, ethylbenzene, pyridine, o-xylene, 3-picoline, styrene, and naphthalene.					

Enviromental Tobacco Smoke (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 adalah faktor emisi yaitu massa partikel yang dikeluarkan per satuan ETS sesuai produk tembakau yang diproduksi. Yang kedua yang dapat memberikan dampak asap tembakau adalah ukuran partikel yang bermacam-macam. Secara umum ukuran partikel ditemukan di udara dalam ruangan yang bervariasi dari ukuran 0.001 µm sampai dengan 10 µm. Yang ketiga yang dapat memberikan dampak asap tembakau adalah komposisi kimia. Komposisi kimia sangat penting terhadap efek kesehatan yang merugikan dari paparan ETS (Nazzarroff.dkk., 2003).

## 2.5 Rokok filter

Seperti yang telah diketahui sebelumnya bahwa salah satu jenis rokok yang dikenal secara luas adalah rokok filter. Rokok filter merupakan rokok yang dibuat berdasarkan bahan campuran tembakau yang dikelilingi oleh kertas berbentuk silinder dan di salah satu ujungnya diberi filter (penyaring). Dalam perkembangan teknologi terdapat jenis rokok filter yang berjenis *tip ventilated*. Rokok jenis ini mempunyai arti yaitu bahwa asap mainstream dapat di encerkan dalam udara sehingga zat aditif yang dihasilkan juga kecil karena pengaruh dari tip ventilated .

Rokok filter pertama kali diproduksi pada awal tahun 1950 dimana rokok filter ini dibuat untuk menanggapi tuntutan rokok dengan hasil asap sidestream maupun mainstram yang rendah. Sebagian besar filter rokok dibuat dari band of mono – filament 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).

## 2.6 Partikel Ultrafine

Ultrafine partikel merupakan salah satu jenis partikel yang dihasilkan dari pembakaran rokok. Partikel ini berukuran sangat kecil yaitu kurang dari 100 nm. Partikel ultrafine ini biasanya diproduksi dari hasil pembakaran, gesekan maupun secara alamiah di udara maupun di air. Dalam suatu sistem pernafasan partikel ultrafine dapat dengan cepat masuk ke sistem pernafasan manusia karena ukurannya yang berukuran nanometer. Partikel ini akan menumpuk di paru-paru dan mampu masuk ke dalam bagian paru-paru yang paling dalam sehingga sulit dihilangkan. Oleh karena itu partikel ultrafine menjadi perhatian yang sangat serius di dunia kedokteran. Pada penelitian sebelumnya telah dinyatakan bahwa asap mainstream dari sebuah rokok telah menghasilkan partikel-partikel antara lain nicotine, CO, PAH, Aldehid volatile dan partikel ultrafine (Daher,dkk., 2009).

Pada penelitian sebelumnya telah dikemukakan bahwa pada saat beraktifitas merokok terdapat partikel magnetik yang dapat diukur dengan menggunakan *magnetic measurement* dan *EPR spectroscopy*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa terdapat distribusi partikel magnetik yang berupa oksida besi. Dalam penelitian tersebut disimpulkan bahwa poin yang keluar dari sifat magnetic yang relevandan kompleks dari abu dan tembakau yang kemudian harus dianggap sebagai kemungkinan sumber kontaminasi (Cador,dkk., 2008).

Purkis (2009) dalam papernya mengatakan bahwa pemerintah Inggris dan beberapa produsen disana telah membentuk suatu lembaga yang menangani masalah asap rokok. Lembaga ini meneliti tentang bagaimana cara penanggulangan asap rokok dengan mengurangi kadar nikotin, tar dan karbon monoksida yang dihasilkan dari asap pembakaran rokok tersebut. Mengingat bahwa nicotine, tar dan karbon monoksida mempunyai sifat yang membahayakan maka masalah pengukuran ini telah ditangani dengan pengawasan yang sangat ketat (Purkis,dkk., 2009).

Asap pembakaran tembakau akan mengandung beberapa jumlah partikel dalam bentuk padatan maupun bentuk cair dalam bentuk fase gas. Partikel-partikel tersebut dihasilkan melalui proses pembakaran meliputi pirolisis, pirosintesis, distilasi, sublimasi dan kondensasi.

Pada saat rokok dinyalakan, temperatur pada saat pembakaran mencapai 800 °C. Selama waktu tertentu pada saat proses penghisapan, temperatur meningkat menjadi 910-920 °C di zona luar yaitu d sekitar batang rokok. Proses endotermik yang terjadi hanya beberapa millimeter di belakang zona pembakaran merupakan penyebab utama yang membuat temperatur turun dari lebih dari 800 °C menjadi setara dengan temperatur udara sekitar ketika keluar dari ujung bawah dan dihisap oleh perokok (Borgerding,dkk., 2005).

Merokok telah banyak dikaitkan dengan penyakit kanker berbagai organ, penyakit paru-paru dan jantung. Hasil dari penyakit

ini secara biologis merupakan dampak dari menghirup asap rokok yang dihirup yang merupakan campuran terkondensasi zat kimia yang dihasilkan oleh pyrosintesis atau penyulingan kimia dari tembakau. Banyak sekali jenis zat kimia yang dihasilkan yaitu kurang lebih 4000 bahan kimia yang terdeteksi di asap diantaranya nitrosamine, poliakromatik hidrokarbon dan logam berat yang dapat menyebabkan penyakit.

Logam berat yang hadir dalam asap tembakau dikaitkan dengan sejumlah penyakit yang diakibatkannya. Adapun jenis-jenis dari logam berat tersebut yaitu jenis cadmium, timah dan talium yang secara alami diekstraksi dari tanah oleh tanaman tembakau. Dengan demikian, tingkat logam berat dalam tembakau lebih tinggi bila ditanam di tanah yang memiliki konsentrasi logam berat yang tinggi. Faktor lingkungan lainnya juga dapat mempengaruhi logam berat.

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

Telah ditemukan sebagai bukti bahwa stress oksidatif meningkat sebagai mekanisme penting dari peradangan paru-paru yang terjadi pada perokok aktif, karena asap rokok berisi dan menghasilkan oksigen reaktif (ROS) yang menghasilkan peradangan paru-paru. Antioksidan dapat menjadi terapi yang efektif untuk penyakit yang berhubungan dengan paru-paru inflamasi, seperti obstruktif kronis. Platinum nanopartikel distabilkan dengan polyacrylate untuk pembentukan larutan koloid yang stabil. (PAA-Pt) yang merupakan bentuk baru dari antioksi terbukti efektif menekan oksigen reaktif (ROS) (Onizawa,dkk., 2008).

Beberapa kota telah membuat peraturan tentang tentang larangan merokok dikawasan pantai, taman , gedung perkantoran dan lain sebagainya. Karena menurut pernyataan setempat bawah larangan merokok di lingkungan luar dapat mencegah perilaku merokok untuk

merokok di luar dengan segala aktivitas yang merugikan misalnya dengan membuang puntung rokok sembarangan dan melindungi anak-anak dari asap rokok yang terjadi akibat orang-orang yang merokok. Pada awalnya terjadi perdebatan tentang pencanangan aturan ini karena kurangnya data pemantauan udara sehingga dilakukan survey pemantauan OTS dan pengendalian OTS di ruangan outdoor dan beberapa di kawasan perumahan (Klepes,dkk., 2007).

Lee pada (2008) dalam papernya mengatakan bahwa Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) telah teradopsi dari asap rokok sidestream dan telah dianggap sebagai hal yang penting dalam karsinogenesis paru-paru. ETS sendiri menghasilkan sebagian besar asap sidestream yang dihasilkan sekitar 85%.

Secara umum PAH dalam bentuk karsinogenik yang ada dalam partikel asap rokok mainstream mengandung 10 kali lipat lebih tinggi dari kadar PAH pada umumnya (lee,dkk.,2010).

Charles (2007) telah mengemukakan bahwa pada penelitiannya tentang pengukuran asap jenis mainstream dan sidestream yang mengandung VOCs (*volatile organic compounds*) dan PM dengan metode pengukuran emisi dan ditentukan komposisi yang ada di dalam asap tersebut (Charles,dkk., 2007). VOC merupakan bahan kimia organik yang mempunyai tekanan uap yang tinggi pada suhu kamar. VOC telah ditemukan pada peristiwa pembakaran tembakau dan sangat berbahaya bagi manusia dan lingkungan karena seperti stirena dan limonene dapat bereaksi dengan nitrogen oksida atau dengan ozon untuk menghasilkan produk oksidasi baru dan aerosol sekunder, yang dapat menyebabkan gejala iritasi sensorik (Malekniaa,dkk., 2008).

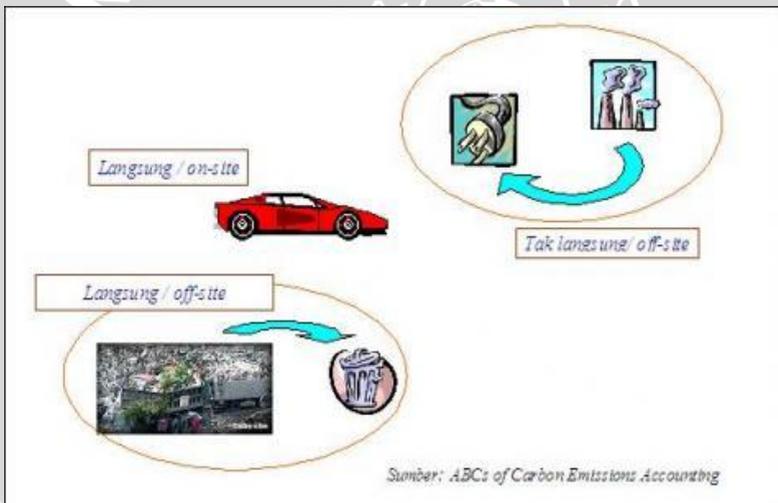
## 2.7 Faktor Emisi

Faktor emisi merupakan nilai representative yang menghubungkan kuantitas suatu polutan yang dilepaskan ke atmosfer dari suatu kegiatan yang terkait dengan sumber polutan. Faktor-faktor ini biasanya dinyatakan sebagai berat polutan dibagi dengan

satuan berat, volume, jarak ataupun lamanya aktivitas yang mengemisikan polutan. Emisi dapat dikategorikan menjadi 2 yaitu :

- 1 Emisi langsung yaitu emisi yang keluar langsung dari aktifitas atau sumber dalam ruang batas yang ditetapkan. Misalnya emisi CO<sub>2</sub> dari asap kendaraan bermotor.
- 2 Emisi tidak langsung merupakan hasil aktifitas di dalam ruang batas yang ditetapkan. Misalnya konsumsi listrik dalam rumah tangga

Untuk keterangan jenis-jenis faktor emisi akan disajikan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kategori Faktor Emisi

Faktor emisi mungkin cocok untuk digunakan dalam situasi tertentu seperti membuat perkiraan sumber emisi spesifik pada suatu area. Pendataan memiliki banyak tujuan termasuk pemodelan dan analisis *disperse ambient*, pengembangan strategi control, penyaringan dalam studi kepatuhan. Penggunaan faktor emisi juga

mungkin tepat di beberapa aplikasi, seperti dalam penentuan dan penerapan biaya izin operasi (Wicahyo, 2010).

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

{Halaman ini sengaja dikosongkan}



## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Waktu dan tempat Pelaksanaan**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya. Penelitian dimulai pertengahan Mei sampai dengan akhir Juli tahun 2011.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat yang digunakan dalam percobaan**

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan berbagai peralatan sebagai berikut :

1. P- Track Ultrafine Particle Counter Model 8525

P-track Ultrafine Particle Counter Model 8525 merupakan suatu alat yang mampu mendeteksi jumlah partikel di udara dalam skala nanometer/ultrafine. Alat ini dapat digunakan untuk mendeteksi migrasi gas buang yang beracun, gas buang dari hasil pembakaran, zat sisa penggunaan mesin fotocopy dan printer dan lain sebagainya.

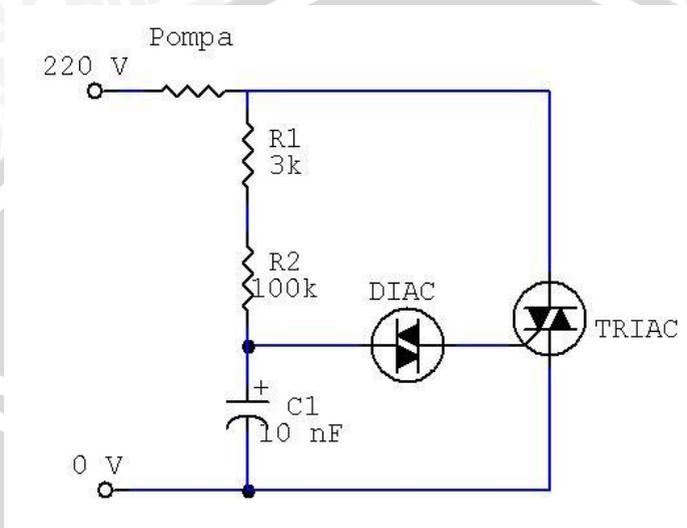
2. Anemomaster Kanomax seri A 031

Anemomaster Kanomax merupakan alat yang digunakan untuk menentukan kecepatan aliran udara di lingkungan. Dalam penelitian ini anemomaster Kanomax digunakan untuk menentukan kecepatan hisap pada pompa hisap.

3. Pompa hisap rokok

Pompa hisap rokok merupakan alat yang didesain untuk digunakan dalam menghisap rokok dengan menggunakan pompa udara yang biasanya digunakan untuk membuat

gelembung udara pada aquarium. Pada alat ini kecepatan hisap dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Adapun rangkaian dari pompa hisap disajikan dalam gambar 3.1



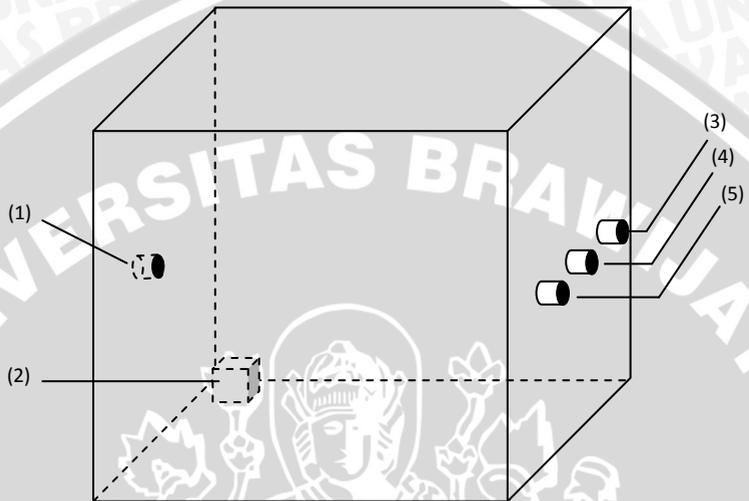
Gambar 3.1

#### Skema Rangkaian pada Pompa Hisap

#### 4. Environmental Chamber

Environmental Chamber merupakan suatu kubus akrilik transparan dengan dimensi  $0.75 \times 0.75 \times 0.75 \text{ m}^3$  tanpa ventilasi. Udara di dalam *chamber* dicampur dengan sebuah kipas listrik kecil yang ditempatkan 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 suatu saluran yang terisolasi dengan baik untuk mencegah kebocoran yang tidak diinginkan. Sisi yang berlawanan dengan saluran masuk memiliki 3 buah saluran yang digunakan untuk menempatkan *probe* dari instrument pengukuran yang dipakai. Saluran yang

tidak terpakai dibuat tertutup atau apabila dibutuhkan bisa dibiarkan terbuka sebagai saluran pembuangan. Adapun bentuk dari chamber ini disajikan pada gambar 3.2



Keterangan: (1). Saluran masuk  
(2). Mini fan  
(3). Exhaust  
(4). UFP instrument duct  
(5). Exhaust

Gambar 3.2

Sistem *chamber* dan bagian-bagiannya

## 5. Software Origin 8.1

Software origin merupakan software yang digunakan dalam pengolahan data. Data yang di olah merupakan data yang tersipan dari P-track UPC dan di olah dalam bentuk grafik. Dari grafik tersebut akan dicari luas area dari grafik dimana luas area grafik ini merupakan bentuk integral dari grafik. Luas

area grafik menunjukkan total konsentrasi partikel ultrafine yang dihasilkan dari pembakaran tiap satu batang rokok.

## 6. PC/komputer

Komputer digunakan untuk mengolah data dari hasil percobaan dimana data-data yang tersimpang di dalam alat P-track UPC kemudian di export ke dalam bentuk Microsoft excel yang kemudian bisa dilihat bentuk grafik.

### 3.2.2 Bahan-bahan percobaan

Adapun bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah divine rokok dengan mengambil 10 jenis divine rokok dan satu jenis rokok tanpa campuran (hanya tembakau) yang diambil secara acak. Jenis divine rokok yang digunakan disajikan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Jenis divine cigarette yang digunakan pada penelitian

No	Jenis divine cigarette	Jenis Asam Amino
1	Rokok nomer 2	Tryptophan
2	Rokok nomer 3	Serine
3	Rokok nomer 7	Histidine
4	Rokok nomer 10	Glutamine acid
5	Rokok nomer 12	proline
6	Rokok nomer 14	Asparagine
7	Rokok nomer 18	Cystenine
8	Rokok nomer 23	Serine+proline + glisin

9	Rokok nomer 26	Folic acid
10	Rokok nomer 30	Cortison

Rokok yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai massa rata-rata sebesar 0.2 gram dan memiliki panjang rata-rata sekitar 8.1 cm dan diameter sekitar 0.6 cm, sehingga pada rokok tersebut mempunyai nilai volume rata-rata sebesar  $2.289 \text{ cm}^3$ . Dari volume tersebut maka nilai massa jenis dari rokok tersebut sebesar  $0.087 \text{ gr/cm}^3$ .

### 3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan beberapa tahapan antara lain :

1. Studi literatur untuk mempelajari literatur yang diambil dari paper-paper penelitian, artikel-artikel baik dari jurnal maupun dari internet, paper penelitian yang pernah dilakukan berkaitan dengan rokok,divine rokok, particulate matter, ultrafine partikel dan sebagainya.
2. Menentukan nilai kecepatan hisap dari alat pompa hisap dengan Anemomaster Kanomax. Pompa hisap yang ujung selang terdapat selang untuk tempat rokok ketika dibakar, disambung dengan selang dengan ukuran yang lebih besar. Kemudian selang besar tersebut dilubangi bagian atasnya untuk memasukan probe dari Anomemaster Kanomax. Ketika pompa dihidupkan di atur kecepatan yang kita inginkan maka probe tersebut dimasukkan ke dalam lubang bagian atas selang besar dan akan diketahui nilai kecepatan hisap dari pompa tersebut. Karena selang yang dibuat untuk meletakkan rokok ketika dibakar, disambung dengan selang yang lebih besar, maka untuk menghitung kecepatan alir di selang kecil dihitung dengan menggunakan konsep persamaan kontinuitas. Untuk menghitung nilai dari kecepatan pada selang kecil adalah sebagai berikut :

$$v_1 = \frac{A_2 \cdot v_2}{A_1} \quad (3.1)$$

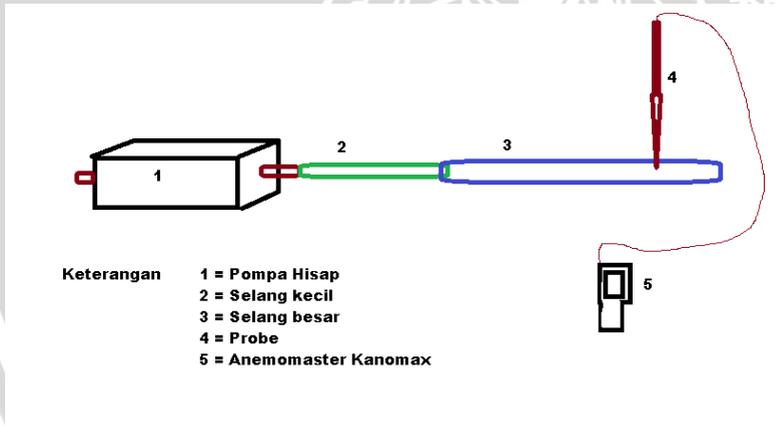
Keterangan :  $v_1$  = kecepatan aliran udara pada selang kecil

$v_2$  = kecepatan aliran udara pada selang besar

$A_1$  = luas penampang selang kecil

$A_2$  = luas penampang selang besar

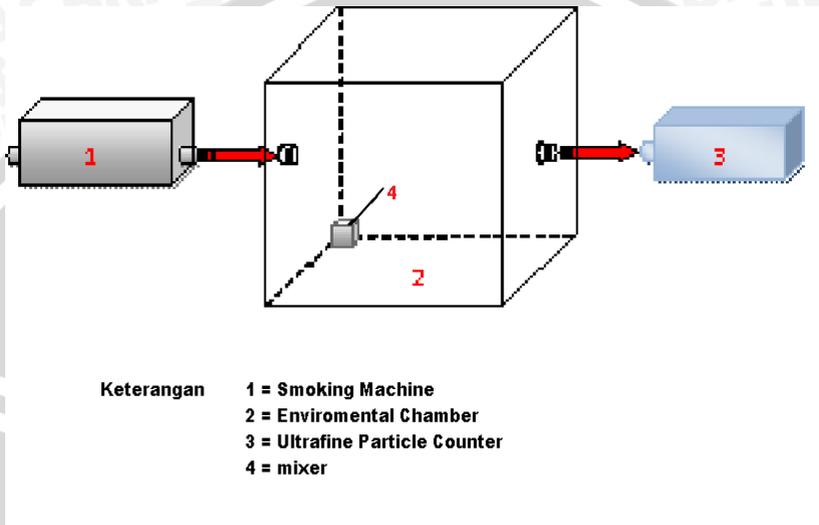
Proses tersebut di ulangi setiap 30 detik selama 10 menit untuk menentukan 1 jenis kecepatan. Kemudian ketika data sudah didapatkan maka data-data tersebut dicari nilai rata-rata untuk menentukan besarnya faktor emisi yang dihasilkan karena dalam penelitian ini nilai kecepatan hisap dapat mempengaruhi nilai faktor emisi. Adapun proses pengambilan data untuk menentukan kecepatan hisap akan disajikan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3

Proses pengambilan data pada pompa hisap

- Merangkai pompa hisap, Environmental chamber dan P-Trak UPC yang dihubungkan dengan selang dalam satu rangkaian yang digambarkan pada gambar 3.4 sebagai berikut :



Gambar 3.4

### Rangkaian Percobaan

### 3.4 Pengambilan Data

Pengambilan data dimulai dari rokok di tempatkan di pompa dan dbakar dengan mengatur kecepatan hisap tertentu. Setelah itu asap hasil pembakaran yang berupa asap *mainstream* akan masuk ke chamber. Fungsi penggunaan *chamber* yaitu untuk menampung asap mainstream rokok sebelum diserap oleh UPC yang kemudian dicacah nilai jumlah partikelnya. Untuk distribusi asap mainstream yang ada di dalam *chamber* digunakan kipas kecil yang di taruh di salah satu bagian bawah yang fungsinya untuk mengaduk asap yang ada di dalam *chamber* sehingga asap tersebut merata di semua bagian *chamber*. Gambar 3.5 menyajikan pendistribusian asap mainstream di dalam *chamber*.



Gambar 3.5 Distribusi Asap dalam Chamber

Asap yang berada di *chamber* tersebut diaduk dengan kipas pengaduk setelah itu jumlah konsentrasi partikel yang ada di dalam *chamber* diukur dengan menggunakan alat UPC sampai dengan mendekati jumlah konsentrasi partikel yang ada di dalam *chamber* sebelum adanya pembakaran. Pengukuran ini membutuhkan waktu  $\pm$  5 jam. Karena membutuhkan waktu lama dalam pengambilan data maka hanya 3 jenis rokok saja yang diukur nilai konsentrasi partikelnya tiap kecepatan sebanyak tiga kali pengambilan data yaitu rokok nomor 7, nomor 10 dan rokok tanpa bahan campuran untuk melihat deviasi pada tiap kecepatan. Untuk jenis rokok lainnya konsentrasi partikel ultrafine tiap kecepatan diukur sebanyak satu kali pengukuran.

### 3.5 Pengolahan Data

#### 3.5.1 Plotting Data

Data yang telah dicacah oleh UPC p-track dan tersimpan di dalam UPC p-track kemudian di download ke komputer. Data tersebut semula berupa file .tkp data tersebut kemudian di export ke Microsoft excel 2007. Setelah itu data di tulis ulang di Microsoft excel dalam tabel dan di plotkan hubungan antara waktu tiap sepuluh detik dengan jumlah partikel dalam satuan pt/cc dalam bentuk grafik. Kemudian mengulangi langkah yang sama dengan data yang lain

dalam 1 jenis rokok kemudian grafik yang telah didapatkan, digabung dan akan menunjukkan suatu perbedaan bentuk grafik antara rokok dengan kecepatan hisap yang satu dengan kecepatan hisap lainnya.

### 3.5.2 Menentukan Total Konsentrasi Partikel Ultrafine

Total konsentrasi partikel ultrafine ditentukan dengan menghitung luas area grafik. Luasan pada grafik ditentukan dengan menggunakan software Origin 8.1. Pada proses ini data jumlah partikel yang dihasilkan diplot terhadap waktu dalam tiap 10 detik. Setelah itu nilai luasan pada grafik tersebut dianalisis dengan perhitungan integral untuk mencari luasan secara otomatis.

### 3.5.3 Menentukan Nilai Faktor Emisi

Nilai dari faktor emisi partikel ultrafine pada asap rokok dalam satu batang rokok dapat ditentukan dengan persamaan 3.2 sebagai berikut :

$$E_i = A \cdot v \int_0^t C(t) dt \quad (3.2)$$

Keterangan :

$E_i$  = Faktor Emisi (partikel/batang)

$A$  = Luas penampang batang rokok ( $5,02 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$ )

$v$  = Kecepatan hisap (m/s)

$C_t$  = Konsentrasi partikel hasil pembakaran (partikel/ $10^{-6} \text{ m}^3$ )

Bentuk integral dari  $C_t$  merupakan luasan pada grafik yang telah dicari dalam software Origin 8.1

### 3.6 Interpretasi Data

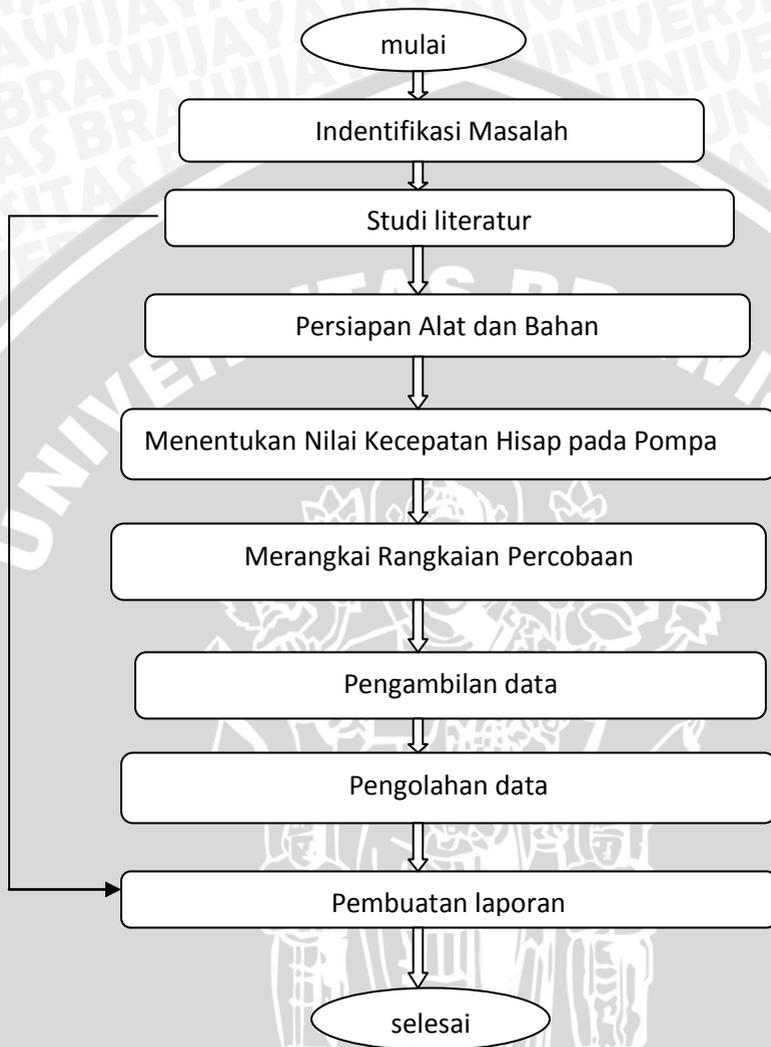
Interpretasi data dilakukan dengan melihat bentuk trend grafik antara waktu yang digunakan pada saat penelitian dengan

konsentrasi partikel yang dihasilkan dari pembakaran tembakau. Sehingga dari hubungan tersebut didapatkan sebuah korelasi dari parameter-parameter yang bersangkutan. Dari hubungan korelasi itu juga dapat ditentukan besarnya faktor emisi yang dihasilkan dari pembakaran.

### 3.7 Diagram Alir Penelitian

3.6. Secara umum diagram alir penelitian disajikan pada gambar





Gambar 3.6 Diagram alir penelitian

# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

{Halaman ini sengaja dikosongkan}



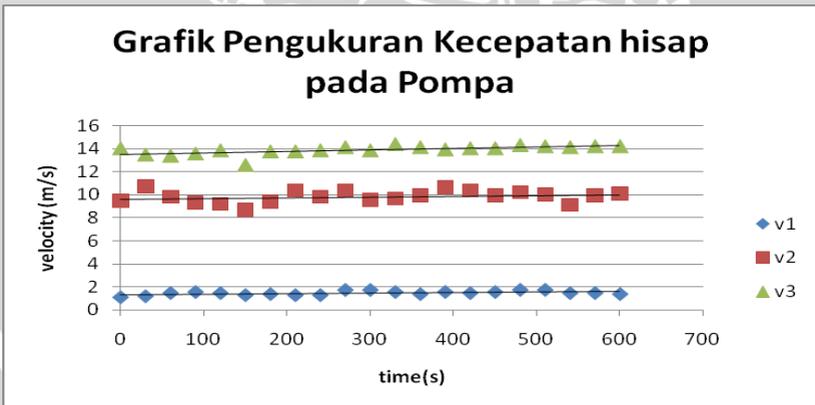
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil percobaan

##### 4.1.1 Hasil Pengukuran kecepatan hisap pada pompa

Pengambilan data yang pertama dilakukan pada penelitian ini adalah penentuan kecepatan hisap pada alat pompa hisap rokok. Penentuan kecepatan hisap ini ditentukan 3 jenis variabel kecepatan hisap yaitu kecepatan rendah, kecepatan sedang dan kecepatan tinggi. Masing-masing variabel ditentukan kecepatan hisapnya selama 10 menit dengan 21 kali pengambilan data. Berhubung selang yang ada dalam pompa hisap kecil maka selang tersebut dihubungkan dengan selang yang lebih besar sehingga dalam proses pengambilan data lebih mudah. Kecepatan hisap yang diperoleh pada proses ini merupakan kecepatan hisap pada selang yang besar. Untuk menentukan kecepatan hisap pada selang yang kecil maka hasil pengambilan data tadi dihitung dengan menggunakan persamaan kontinuitas sehingga didapatkan nilai kecepatan hisap pada selang kecil. Adapun hasil dari nilai kecepatan hisap pada selang kecil disajikan pada gambar 4.1.



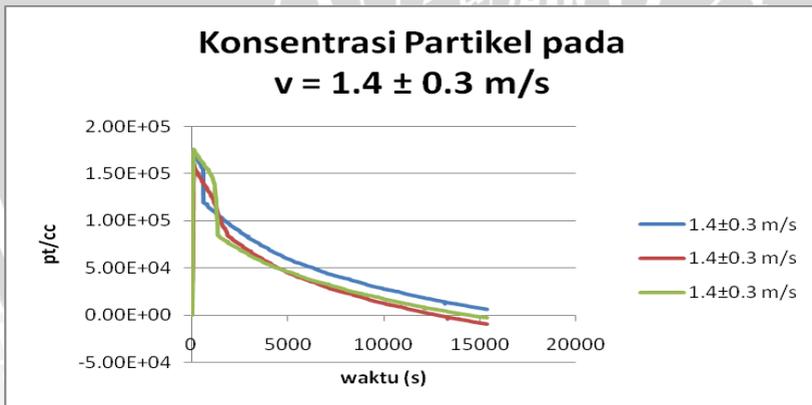
Gambar 4.1 Grafik Pengukuran Kecepatan hisap pada pompa hisap

Pengukuran ini, dimaksudkan untuk mendapatkan nilai kecepatan hisap yang baik yaitu dengan melakukan beberapa kali pengambilan data dan dicari nilai kecepatan hisap rata-rata tiap tiap jenis kecepatan hisap tertentu dan mencari nilai bentuk deviasi dari kecepatan rata-rata tersebut.

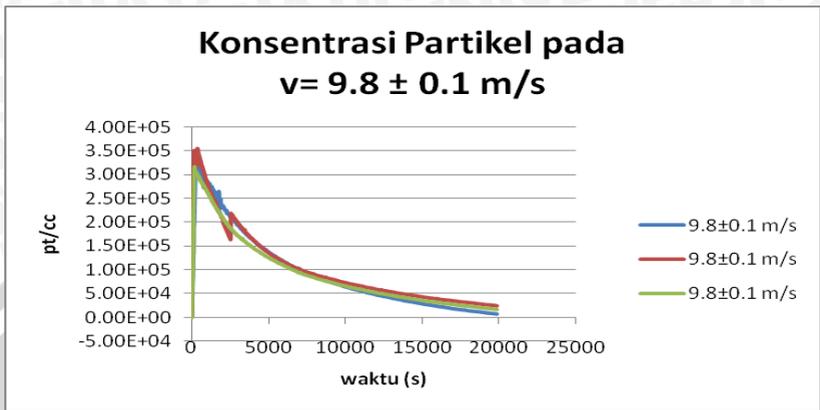
Dari data yang dihasilkan maka didapatkan nilai  $v$  pada masing-masing variabel yaitu pada kecepatan rendah didapatkan nilai  $v = 1.4 \pm 0.3$  m/s, untuk kecepatan sedang didapatkan nilai  $v = 9.8 \pm 0.1$  m/s dan untuk kecepatan tinggi didapatkan nilai  $v = 13.9 \pm 0.08$  m/s.

#### 4.1.2 Hasil pengukuran konsentrasi partikel ultrafine

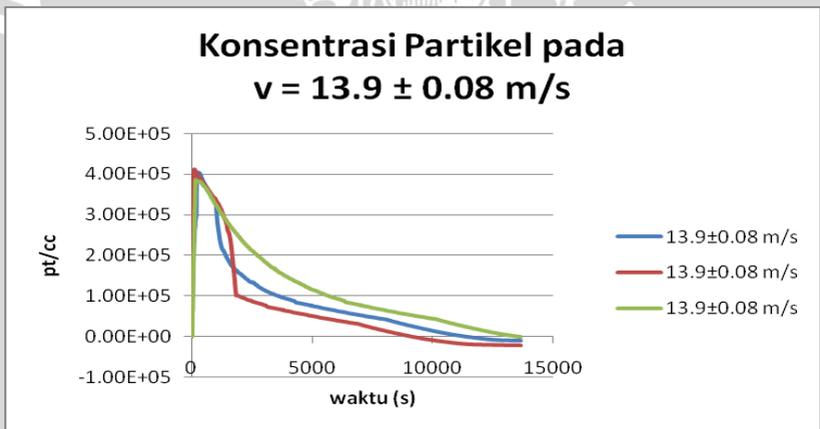
Pengukuran konsentrasi partikel ultrafine yang terdapat pada asap rokok dilakukan dengan mengambil data pada saat pembakaran rokok yang ada di dalam alat UPC P-track kemudian di download ke komputer dalam bentuk Microsoft excel dan ditampilkan pada grafik. Grafik untuk tiap-tiap kecepatan hisap pada rokok nomor 7 disajikan pada gambar 4.2 sampai dengan 4.4.



Gambar 4.2 Grafik konsentrasi partikel ultrafine pada kecepatan  $1.4 \pm 0.3$  m/s pada rokok nomor 7



Gambar 4.3 Grafik konsentrasi partikel ultrafine pada kecepatan  $9.8 \pm 0.1 \text{ m/s}$  pada rokok nomor 7

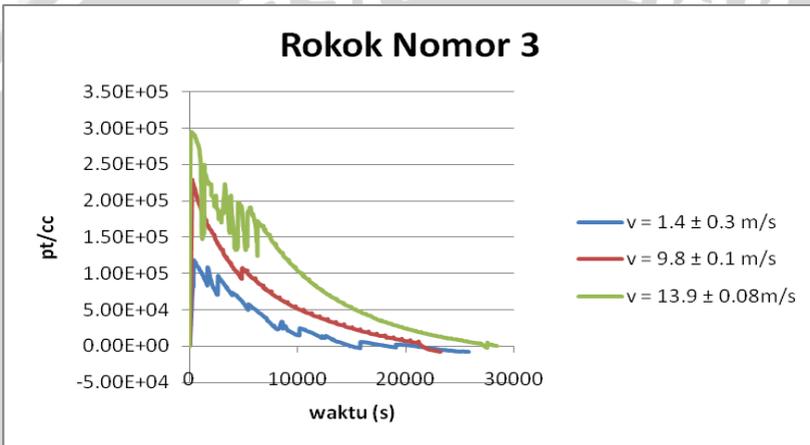


Gambar 4.4 Grafik konsentrasi partikel ultrafine pada kecepatan  $13.9 \pm 0.08 \text{ m/s}$  pada rokok nomor 7

Dari pengukuran ini didapatkan nilai konsentrasi partikel ultrafine yang tidak jauh berbeda pada kecepatan yang sama. Hal ini juga dibuktikan pada jenis rokok yang lain yaitu pada rokok nomor 10 dan jenis rokok tanpa bahan campuran yang disajikan pada bab lampiran. Dengan melihat hasil tersebut dan mengingat sampel yang

akan diuji juga banyak maka pada percobaan selanjutnya hanya diukur 1 kali saja pada 1 kecepatan tertentu.

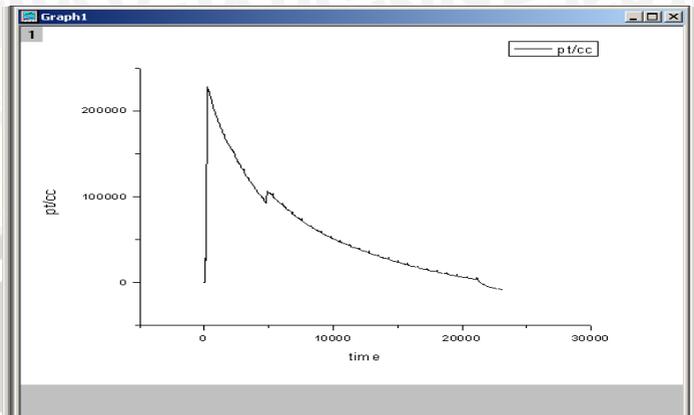
Pada pengukuran selanjutnya terlihat bahwa pengaruh kecepatan hisap mempengaruhi besarnya konsentrasi partikel ultrafine di mana pada kecepatan yang lebih tinggi nilai konsentrasi partikel ultrafine lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan yang lebih rendah. Adapun hasil percobaan ini disajikan pada gambar 4.5 yaitu mengambil salah satu sampel pada rokok nomer 3.



Gambar 4.5 Perbandingan konsentrasi partikel ultrafine pada rokok nomor 3

#### 4.1.3 Penentuan Total Konsentrasi Partikel Ultrafine

Total konsentrasi partikel ultrafine ditentukan dengan menentukan luas area grafik yang telah didapatkan. Penentuan luas area grafik dilakukan dengan menggunakan software origin 8.1. Adapun bentuk tampilan pengolahan data menghitung total konsentrasi partikel ultrafine pada origin disajikan pada gambar 4.6 dan 4.7 .



Gambar 4.6 Tampilan grafik pada software origin

```
[10/19/2011 05:31:24 "" (2455853.230139)]
integ1
  input
  iy = [Book1]Sheet1!(A"time",B"pt/cc")
  baseline = 0
  type = 0 (math:Mathematical Area)
  plot = 0
  Output
  oy = [Book1]Sheet1!(,E"Integrated y3")
  x1 = 0
  x2 = 23150
  i1 = 1
  i2 = 2316
  area = 1344041550
  y0 = 229010
  x0 = 270
  dx = 3559.2120320118
```

Gambar 4.7 Tampilan data hasil pengukuran dari origin

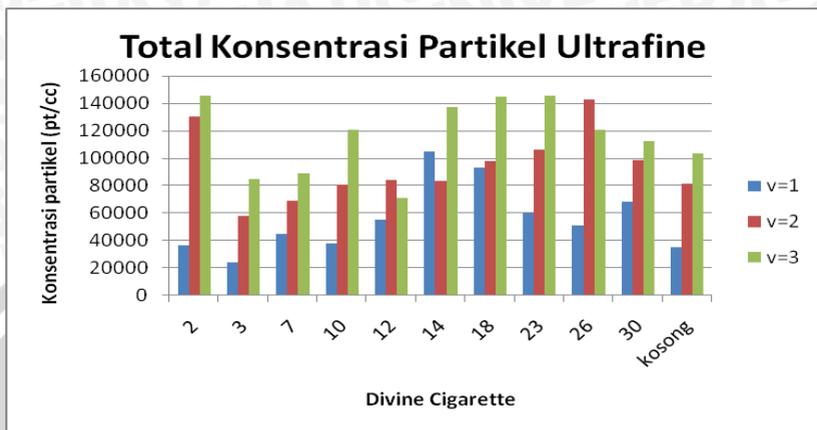
Karena pada rokok nomor 7, nomor 10 dan rokok tanpa bahan campuran diukur tiga kali maka untuk menentukan luas area grafik juga dilakukan sesuai dengan jumlah rokok yang diukur guna menentukan nilai dari deviasi.

Untuk  $v = 1.4 \pm 0.3$  m/s didapatkan hasil luas area grafik pada divine cigarette nomor 7 sebesar  $6.4 \times 10^8 \pm 5.1 \times 10^7$  pt/cc. Untuk cigarette nomor 10 didapatkan hasil  $4.9 \times 10^8 \pm 6.3 \times 10^7$  pt/cc dan untuk rokok kosong tanpa bahan campuran didapatkan luas area grafik sebesar  $4.9 \times 10^8 \pm 2.8 \times 10^7$  pt/cc.

Untuk  $v = 9.8 \pm 0.1$  m/s akan didapatkan hasil luas area grafik pada divine cigarette nomor 7 sebesar  $1.3 \times 10^9 \pm 2.2 \times 10^8$  pt/cc. Untuk cigarette nomor 10 didapatkan hasil  $1.5 \times 10^9 \pm 1.1 \times 10^8$  pt/cc dan untuk rokok kosong tanpa bahan campuran didapatkan luas area grafik sebesar  $1.1 \times 10^9 \pm 1.7 \times 10^8$  pt/cc.

Untuk  $v = 13.9 \pm 0.08$  m/s akan didapatkan hasil luas area grafik pada divine cigarette nomor 7 sebesar  $1.89 \times 10^9 \pm 1.8 \times 10^6$  pt/cc. Untuk cigarette nomor 10 didapatkan hasil  $1.9 \times 10^9 \pm 1.6 \times 10^8$  pt/cc dan untuk rokok kosong tanpa bahan campuran didapatkan luas area grafik sebesar  $1.3 \times 10^9 \pm 6.9 \times 10^7$  pt/cc.

Setelah dilakukan pengukuran luas area grafik pada rokok nomor 7, nomor 10 dan rokok tanpa bahan campuran, maka dilakukan kembali total konsentrasi partikel ultrafine pada rokok dengan satu kali pengukuran yang digunakan untuk menentukan faktor emisi partikel. Hasil dari total konsentrasi partikel ultrafine yang dihasilkan dari pembakaran rokok disajikan pada gambar 4.8 .



Gambar 4.8 Hasil Pengukuran Total Konsentrasi Partikel Ultrafine pada Asap Rokok

Jari-jari dari ujung batang rokok yang dibakar ditentukan dengan menggunakan penggaris dengan nilai satuan terkecil 0.5 mm dengan satu kali pengukuran. Dari pengukuran ini didapatkan hasil  $r = 0.4$  cm atau 0.004 m. Besarnya deviasi dari jari-jari ini ditentukan dari setengah nilai satuan terkecil dari alat ukur yaitu dengan menghitung setengah dikalikan dengan 0.5mm dan diperoleh nilai sebesar 0.025 cm atau 0.00025 m. Sehingga dari perhitungan tersebut akan diperoleh nilai  $r$  total sebesar  $0.004 \text{ m} \pm 0.00025 \text{ m}$ .

#### 4.1.4 Penentuan faktor emisi partikel ultrafine

Faktor emisi partikel ultrafine dihitung dengan menggunakan persamaan 3.1 dimana faktor emisi ditentukan oleh hasil kali dari kecepatan hisap, luas area grafik dan luas ujung batang rokok yang dibakar. Pada rokok nomor 7, nomer 10 dan rokok tanpa bahan campuran masing-masing kecepatan diukur faktor emisi sebanyak tiga kali sesuai dengan proses percobaan yang dilakukan pada ketiga rokok tersebut. Dari perhitungan faktor emisi ketiga sampel rokok

tersebut dapat ditentukan nilai dari deviasi faktor emisi. Deviasi faktor emisi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.1 .

$$\Delta E = \left( \frac{\Delta r}{r} x \frac{\Delta v}{v} x \frac{\Delta Area}{Area} \right) \bar{E} \quad (4.1)$$

Karena dari rumus ini luas area grafik masih dalam satuan partikel/cc maka untuk mengkonversi ke dalam satuan yang sama yaitu dengan menjadikan ke satuan meter maka hasil dari perhitungan faktor emisi dikalikan dengan  $10^6$  dimana nilai dari 1 cc sama dengan  $10^{-6} \text{ m}^3$ .

Dari perhitungan dengan menggunakan persamaan 4.1 maka didapatkan faktor emisi total pada rokok nomor 7, nomor 10 dan rokok tanpa bahan campuran yang disajikan pada tabel 4.1 .

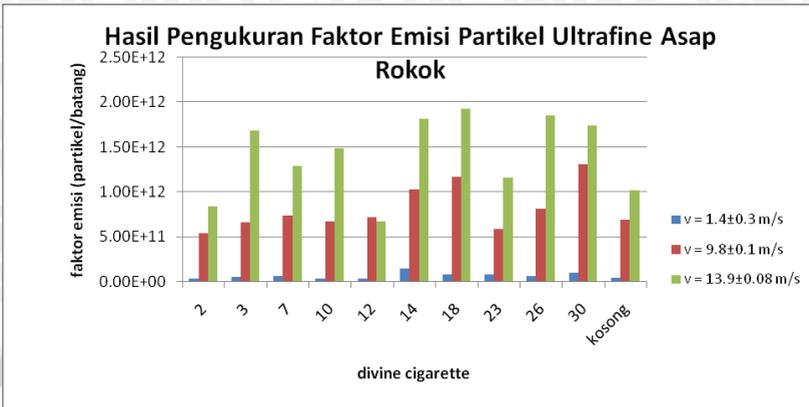
Tabel 4.1 Faktor Emisi Total (Partikel/ Batang)

Jenis Rokok	Nilai E pada v = 1.4 ±0.3 m/s	Nilai E pada v = 9.8±0.1 m/s	Nilai E pada v = 13.9±0.08 m/s
Tanpa campuran	$3.4 \times 10^{10} \pm 2.2 \times 10^9$	$5.1 \times 10^{11} \pm 4.8 \times 10^{10}$	$9.3 \times 10^{11} \pm 2.1 \times 10^{11}$
Nomor 7	$4.5 \times 10^{10} \pm 4.1 \times 10^9$	$6.4 \times 10^{11} \pm 3.7 \times 10^{10}$	$1.3 \times 10^{12} \pm 1.1 \times 10^{11}$
Nomor 10	$3.4 \times 10^{10} \pm 2.2 \times 10^9$	$5.1 \times 10^{11} \pm 4.8 \times 10^{10}$	$9.3 \times 10^{11} \pm 2.8 \times 10^{11}$

Dari pengukuran diatas diperoleh nilai kesalahan relatif yang kecil sehingga bisa dikatakan bahwa dalam tiga kali pengukuran satu batang rokok dengan satu kecepatan yang sama dapat menunjukkan data yang valid karena nilai dari deviasi pada faktor emisi yang dihitung dari data di atas kecil dan nilai prosentase nilai kesalahan relatif dari masing-masing pengukuran factor emisi juga bernilai kecil. Karena waktu yang singkat yang digunakan dalam pengambilan data dan tiap pengambilan data 1 kali pembakaran rokok dalam mencacah partikel ultrafine di dalam Ultrafine Particle Counter (UPC) membutuhkan waktu yang sangat lama sekitar  $\pm 5$  jam, maka untuk menentukan faktor emisi partikel ultrafine dalam satu kecepatan hisap diukur tiga kali percobaan hanya menggunakan 3 jenis rokok saja yaitu rokok tanpa bahan campuran, divine cigarette nomer 7 dan divine cigarette nomer 10.

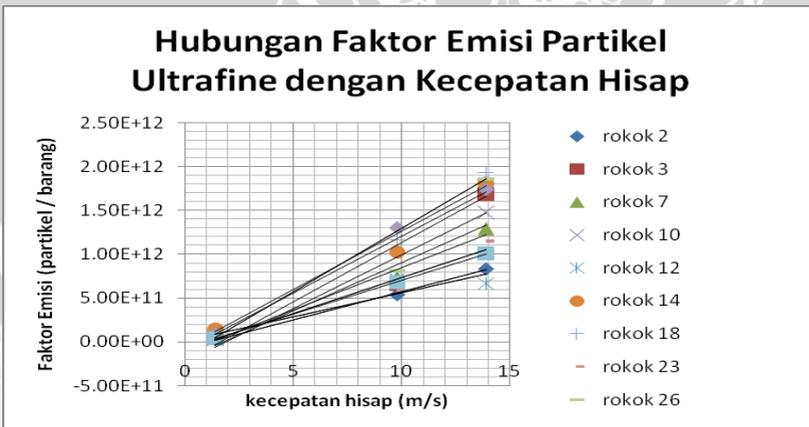
Selanjutnya setelah mendapatkan faktor emisi total dari 3 rokok yang telah dilakukan sebelumnya maka dilakukan pengambilan data lagi sebanyak 7 rokok dengan tiap jenis rokok dilakukan pembakaran selama 1 kali pembakaran.

Setelah itu dicari nilai faktor emisi dari tiap-tiap rokok dengan menggunakan persamaan 3.1 dan selanjutnya hasil perhitungan faktor emisi tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik batang untuk membandingkan nilai faktor emisi dari kecepatan hisap yang rendah, kecepatan hisap yang sedang dan kecepatan hisap yang tinggi ditiap rokoknya. Dari perbandingan itu didapatkan pengaruh kecepatan hisap pada faktor emisi partikel ultrafine pada asap rokok yang disajikan pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Hasil Pengukuran Faktor Emisi pada Asap Rokok

Dari hasil di atas kemudian dicari hubungan antara faktor emisi dengan kecepatan hisap pada setiap jenis rokok yang berguna untuk melihat tren bagaimana kecepatan hisap mempengaruhi besar kecilnya faktor emisi yang dihasilkan. Gambar 4.10 akan menyajikan bagaimana hubungan antara faktor emisi dengan kecepatan hisap pada rokok.



Gambar 4.10 Hubungan faktor emisi dengan kecepatan hisap

## 4.2 Pembahasan

Pada saat pengukuran konsentrasi partikel ultrafine asap rokok dihasilkan bahwa pada kecepatan hisap rokok rendah dihasilkan konsentrasi partikel yang rendah dan ketika dinaikkan kecepatan hisapnya, maka konsentrasi partikel yang didapatkan akan menjadi lebih tinggi dari sebelumnya. Pada gambar 4.5 telah disajikan bagaimana pada kecepatan tertentu pada divine rokok nomor 7 dihasilkan konsentrasi partikel ultrafine seperti yang disajikan pada grafik tersebut. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kecepatan hisap dapat mempengaruhi nilai konsentrasi dari partikel ultrafine. Hal ini berdampak pada penentuan faktor emisi dari partikel ultrafine dari asap pembakaran rokok tersebut.

Dari gambar 4.8 menunjukkan bahwa kecepatan hisap merokok dapat mempengaruhi partikel yang dihasilkan dari pembakaran rokok tersebut. Semakin tinggi kecepatan hisap pada saat aktivitas merokok semakin besar pula faktor emisi yang dihasilkan dari pembakaran rokok tersebut. Kecepatan hisap dipengaruhi oleh faktor aliran udara saat menghisap dan suhu panas pada saat pembakaran tersebut. Ketika kecepatan hisap pada saat merokok semakin tinggi maka suhu pembakaran juga akan mengalami peningkatan temperatur pada bara api dari kondisi semula. Sehingga dari keadaan suhu panas yang semakin tinggi maka partikel yang dihasilkan juga akan semakin banyak dan berpengaruh pula faktor emisi yang dihasilkan dari partikel-partikel tersebut. Hal ini telah dijelaskan pada penelitian sebelumnya bahwa kecepatan aliran udara dan perbedaan suhu di lingkungan di sekitar pembakaran biomassa dapat mempengaruhi konsentrasi partikel hasil dari pembakaran biomassa tersebut.

Pada gambar 4.10 terdapat hubungan antara faktor emisi partikel ultrafine dengan kecepatan hisap. Grafik tersebut menggambarkan bahwa semakin besar kecepatan hisap semakin bertambah pula faktor emisi yang dihasilkan dari proses pembakaran rokok tersebut. Bisa dikatakan bahwa faktor emisi partikel ultrafine sebanding lurus dengan kecepatan hisap yang telah dilakukan.

Dengan hasil dari grafik tersebut kecepatan hisap mempengaruhi faktor emisi yang dihasilkan pada saat pembakaran rokok.

Seperti pada pembakaran yang lain, pembakaran rokok juga termasuk dalam pembakaran biomassa dimana pada peristiwa pembakaran biomassa banyak komponen yang terlibat di dalamnya seperti bahan-bahan polimer yang terkandung dalam biomassa(bahan bakar) tersebut begitu pula dengan udara yang berada di lingkungan sekitar, suhu dan tekanan yang berada disekitar. Bila terjadi suatu pembakaran biomassa maka udara disekitar dan suhu disekitar akan mempengaruhi proses pembakaran tersebut dan besarnya aktivitas udara di sekitar dan besar kecilnya suhu disekitar juga akan mempengaruhi proses pembakaran dalam hal ini yang sangat mempengaruhi adalah partikel yang dihasilkan dari pembakaran tersebut. Dalam pembakaran rokok ini yang dimaksud aktivitas udara adalah kecepatan hisap saat merokok.

Secara umum bahan penyusun rokok adalah tembakau dicampur dengan cengkeh dan bahan penyusun lainnya dimana bahan tersebut tersusun oleh berbagai bahan polimer. Polimer ini sendiri merupakan kumpulan dari beberapa monomer yang dapat berikatan secara kimia dan dapat membentuk sifat baru yang berbeda dengan unsur monomer yang membentuknya. Dari pembakaran rokok tersebut maka akan terjadi peristiwa pemecahan polimer-polimer yang tersusun di dalam rokok akan menjadi monomer-monomer yang berbentuk particulate matter yang banyak dan berbagai macam ukuran. Particulate matter yang dihasilkan berupa partikel ultrafine yang memiliki ukuran yang sangat kecil yaitu ukuran sekitar 100 nm. Pada asap rokok, partikel ultrafine ini sangat membahayakan bagi kesehatan manusia. Untuk itu ditemukan *divine cigarette* yang merupakan rokok yang dapat dijadikan terapi untuk kesehatan.

Proses pembentukan partikel ultrafine pada divine cigarette adalah ketika rokok dibakar maka bahan-bahan penyusun rokok akan memecah menjadi partikel-partikel dengan berbagai macam ukuran salah satunya berukuran nanometer (partikel ultrafine).

Dengan teknologi nano yang yang digunakan dalam pembuatan divine cigarette maka partikel-partikel yang dihasilkan dari pembakaran tadi akan dipecah lagi menjadi ukuran yang lebih kecil dan lebih banyak lagi partikel-partikel yang berukuran nanometer. Dengan bantuan bahan campuran yang lain seperti asam amino dan lain lain maka partikel-partikel yang berskala nanometer tersebut akan menyerap radikal bebas yang ada di dalam tubuh manusia.

Ada 1 jenis divine cigarette yang tidak memiliki kecenderungan yang sama yaitu pada divine cigarette nomer 12 dimana pada pada kecepatan hisap  $v = 9.8 \text{ m/s}$  dan  $v = 13.9 \text{ m/s}$  mengalami kenaikan faktor emisi tetapi tidak terlalu signifikan. Hal ini disebabkan karena pada saat kondisi UPC yang trouble dan kondisi kelistrikan di laboratorium yang pada saat pemberian arus ke UPC tidak stabil sehingga didapatkan hasil seperti ini dan bisa jadi kondisi pompa hisap yang tidak bisa berfungsi dengan baik akibat banyak tar yang ada di dalam pompa sehingga menutupi jalannya udara yang dihisap oleh pompa tersebut.

Dalam pembuatan divine cigarette tembakau dicampur dengan menggunakan bahan campuran diantaranya asam amino. Tiap jenis rokok dicampur oleh asam amino sesuai dengan jenis asam amino beserta fungsinya. Asam amino merupakan senyawa organik yang memiliki gugus fungsional karboksil ( $-\text{COOH}$ ) dan amina ( $-\text{NH}_2$ ). Dalam biokimia seringkali pengertiannya dipersempit : keduanya terikat pada satu karbon C yang sama. Karboksil memberikan sifat asam dan gugus amina memberikan sifat basa. Dalam bentuk larutan, asam amino bersifat amfoterik : cenderung menjadi asam pada larutan basa dan menjadi basa pada larutan asam. Perilaku ini terjadi karena asam amino mampu menjadi zwitter-ion. Asam amino mempunyai peran yang sangat penting dalam organism karena asam amino sebagai penyusun protein.

Dalam proses pembakaran faktor kecepatan aliran udara sangat mempengaruhi kualitas pembakaran tersebut. Dan faktor kecepatan udara juga mempengaruhi jumlah partikel yang dihasilkan dalam proses pembakaran. Jika kualitas kecepatan udara yang ada

dilingkungan tinggi maka proses pembakaran suatu biomassa akan menjadi lebih cepat dan partikel yang dihasilkan juga akan menjadi lebih banyak. Hal ini terkait nantinya dengan faktor emisi yang dihasilkan.

Kecepatan aliran udara ini akan mempengaruhi suhu pada saat pembakaran. Pembakaran biomassa dengan suhu yang tinggi memerlukan kecepatan aliran udara yang tinggi disekitar pembakaran.

Bahan yang tersusun di dalam rokok merupakan bahan-bahan yang berasal dari biomassa diantaranya yang paling menonjol adalah tembakau. Jika seseorang merokok dengan kecepatan hisap tertentu maka akan dihasilkan partikel-partikel yang berukuran kecil. Dan apabila seseorang merokok dengan mempercepat kecepatan hisapnya maka semakin banyak pula partikel-partikel yang dihasilkan dari pembakaran rokok tersebut.

Untuk proses pembakaran biomassa terjadi adanya proses pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen sekitar 300-600 °C menghasilkan emisi (sisa-sisa hasil pembakaran). Untuk pembakaran biomassa khususnya pada rokok bahan yang digunakan adalah tembakau, cengkeh dan bahan campuran lainnya. Biomasa itu sendiri terdiri dari bahan penyusun diantaranya selulose, hemiselulose, lignin, lignat, hidrokarbon dan sebagainya dimana bahan-bahan tersebut merupakan bahan polimer dan ketika dilakukan peristiwa pembakaran maka polimer-polimer tersebut terpecah dan menjadi monomer-monomer yang berupa gas dan particulate matter (PM). Disamping itu juga dihasilkan berbagai macam zat diantaranya metal yang terdiri dari Cu, Fe, Mn, Pb dan lain sebagainya. Terdapat pula Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH), Aldehyde, dioxil, volatile organic compounds (VOCs) (Lemieux, dkk., 2003). Semuanya berpotensi membahayakan bagi kesehatan manusia. Tetapi pada divine cigarette partikel-partikel yang dihasilkan dari pembakaran rokok akan dipecah lagi sehingga sifat dari partikel-partikel baru tersebut berbeda dengan sifat partikel-partikel sebelumnya dan

jumlah partikel ultrafine juga lebih besar karena hasil dari pemecahan partikel-partikel dengan nanoteknologi.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

{Halaman ini sengaja dikosongkan}



## BAB IV

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kecepatan hisap saat beraktivitas merokok dapat mempengaruhi faktor emisi asap rokok tersebut. Hal tersebut telah disajikan pada grafik bahwa semakin cepat kecepatan hisap rokok maka semakin tinggi pula faktor emisi yang dihasilkan dimana faktor emisi ini didapatkan dari jumlah partikel yang dihasilkan pada saat pembakaran. Selain itu pengaruh kecepatan hisap ini juga menaikkan suhu pembakaran tersebut sehingga dari suhu pembakaran yang meningkat didapatkan juga faktor emisi partikel ultrafine yang tinggi.

Jika dilihat dari tren grafik hubungan antara faktor emisi partikel ultrafine dengan kecepatan hisap menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan hisap maka faktor emisi partikel ultrafine yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini dibuktikan pada gambar 4.7 yang menunjukkan tren semakin cepat kecepatan hisap maka semakin besar juga faktor emisinya. Karena dari kecepatan hisap dengan faktor emisi mempunyai kelinieran maka dapat dinyatakan bahwa faktor emisi partikel ultrafine sebanding lurus dengan kecepatan hisap.

Hasil data keseluruhan yang disajikan dapat disimpulkan bahwa Pada kecepatan rendah yaitu pada  $v = 1.4 \pm 0.3$  m/s faktor emisi yang dihasilkan pada range sekitar  $6.08 \times 10^{10}$  partikel/batang. Ketika kecepatan hisap dinaikkan pada kecepatan sedang yaitu pada  $v = 9.8 \pm 0.1$  m/s didapatkan faktor emisi pada range  $8.08 \times 10^{12}$  partikel/batang dan ketika kecepatan hisap pada kecepatan tinggi dengan  $v = 13.9 \pm 0.08$  didapatkan faktor emisi pada range  $1.41 \times 10^{12}$  partikel/batang sehingga ketika kecepatan hisap diubah menjadi lebih tinggi maka faktor emisi yang dihasilkan juga lebih besar.

## 5.2 Saran

Penelitian ini masih merupakan tahap awal untuk penelitian yang akan datang. Karena dalam distribusi partikel ultrafine yang ada di dalam chamber dan belum diukur homogenitasnya maka untuk penelitian selanjutnya disarankan mengukur distribusi asap rokok secara rinci di dalam chamber tersebut. Disamping itu kami menyarankan untuk menjelaskan secara ilmiah tentang proses pemecahan partikel ultrafine hasil dari pembakaran tembakau baik secara fisik maupun kimiawi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Bernhard, D. C. M., Aleksandar Backovic, Georg Wick (2006). "Cigarette smoke – an aging accelerator." Vascular Biology Group, Division Experimental Pathophysiology and Immunology, Biocenter, Innsbruck Medical University, Fritz-Pregl-Str. 3/4. OG. 6020 Innsbruck, Austria.
- Borgerding, M, H. K. (2005). "Analysis of complex mixtures – Cigarette smoke." 1-4.
- Burns, D. M. (1991). "Cigarettes and cigarette smoking. Clin. Chest Med. 12." Chest Med. 12631–642.
- Cador,O, A. C., D. Rovai , C. Sangregorio , R. Sessoli, L. Sorace (2008). "From multidomain particles to organic radicals: The multifaceted magnetic properties of tobacco and cigarette ash."
- Charles,S.M , S. A. B., Chunrong Jia (2007). "Composition and emissions of VOCs in main- and side-stream smoke of research cigarettes." 1-10.
- Daher.N. R. S., Jaroudi.E, Sheheitli, H. , and M. A. R. Elizabeth Sepetdjian, Saliba.N, Alan Shihadeh (2009). "Comparison of carcinogen, carbon monoxide, and ultrafine particle emissions from narghile waterpipe and cigarette smoking: Sidestream smoke measurements and assessment of second-hand smoke emission factors."
- DeBano, L. F. N., Daniel G.;Ffolliott,Peter F (1998). Fire 's effects on ecosystems. New York, John Wiley and Sons Inc.
- Djutaharta, T. a. H. V. S. (2003). "Research on Tobacco in Indonesia: An Annotated Bibliography and Review of Research on Use, Health Effects. Economics, and Control Effort." Economics of Tobacco Control - HNP World Bank's Discussion Paper: 10.
- Fierro, M. (2000). "Particulate Matter." 1-11.

- Lee,H.L, D. P. H. H., Lih-Ann Li (2010). "Polycyclic aromatic hydrocarbons in cigarette sidestream smoke particulates from a Taiwanese brand and their carcinogenic relevance."
- Lemieux, P.M. (2003) " Emissions of Organic Air Toxics from Open Burning." 1-6.
- Malekniiaa,S.D , T. L. B., A. Adams (2008). "Eucalypt smoke and wildfires: Temperature dependent emissions of biogenic volatile organic compounds." 1-6.
- Nazzaroff, W.W, N. E. K. (2003). "Environmental Tobacco Smoke Particles." 1-3.
- Neil E. Klepes,N.E, W. R. O., and Paul Switzer (2007). "Real-Time Measurement Of Outdoor Tobacco Smoke Particles." 1-5.
- Onizawa,S, K. A., Kajita.M, Miyamoto.Y, Nagai.A (2008). "Platinum nanoparticle antioxidants inhibit pulmonary inflammation in mice exposed to cigarette smoke."
- Pandey, S.K, K.-H. K. (2010). "A review of environmental tobacco smoke and its determination in air."
- Pappas,R.S , G. M. P., L. Zhang, C.H. Watson, D.C. Paschal, D.L. Ashley (2005). "Cadmium, lead, and thallium in mainstream tobacco smoke particulate."
- Purkis, S.W , L. D., Meger.M, Derek C. Mariner (2009). "A Review of the UK Methodology Used for Monitoring Cigarette Smoke Yields, Aspects of Analytical Data Variability and Their Impact on Current and Future ss
- Ristovski ,Z.D, A., Morawska,L, Jamriska, M, S. Carr, Johnson, G. (2003). "Biomass Burning Influenced Particle Characteristics in Northern Territory Australia Basen on Airbone Measurements." 1-11.
- Wardoyo, A.Y.P, L. M., , Zoran D. Ristovski, Milan Jamriska, Steve Carr, Graham Johnson (2007). "Size distribution of particles emitted from grass fires in the Northern Territory, Australia."
- Wicahyo, Yuli. (2010). "Faktor Emisi." Retrieved 7 juli, 2011, from <http://ultrawomen.wordpress.com/2010/02/28/faktor-emisi>.
- Wikipedia. (2011). "Rokok." Retrieved 12 juli, 2011, from <http://en.wikipedia.org/wiki/Rokok>.

Wilson, C.L, J. A. B., B.G. Brown, W.T. Morgan, R.J. Potts, M.F. Borgerding (2008). "Assessment of dioxin and dioxin-like compounds in mainstream smoke from selected US cigarette brands and reference cigarettes."

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

{Halaman ini sengaja dikosongkan}

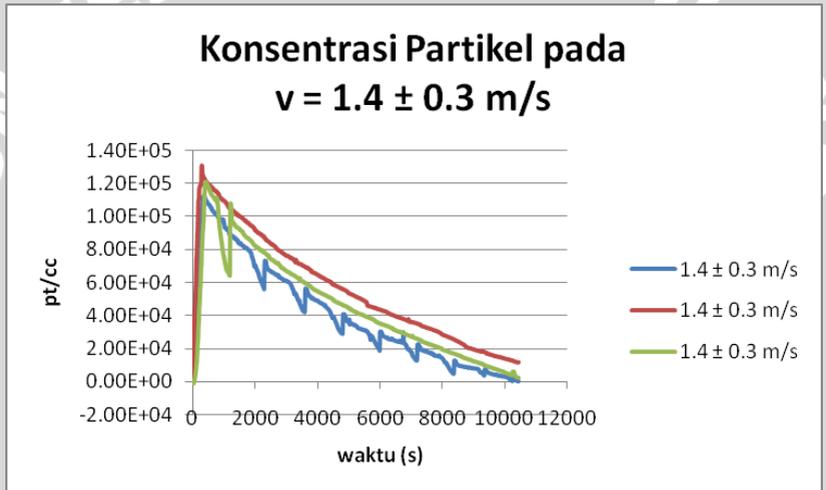


## LAMPIRAN

### Lampiran I

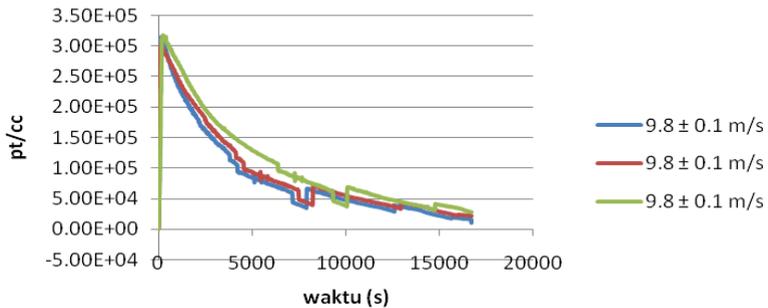
Grafik konsentrasi partikel tiap kecepatan hisap pada rokok nomor 10 dan rokok tanpa bahan campuran

#### A. Rokok Nomor 10



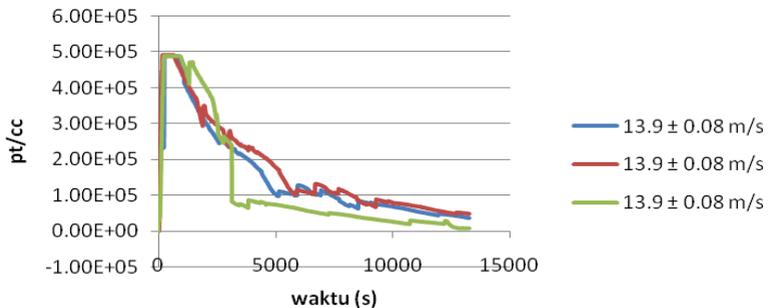
(a) Grafik konsentrasi partikel rokok nomor 10 pada kecepatan  $1.4 \pm 0.3$  m/s

### Konsentrasi Partikel pada kecepatan $9.8 \pm 0.1$ m/s



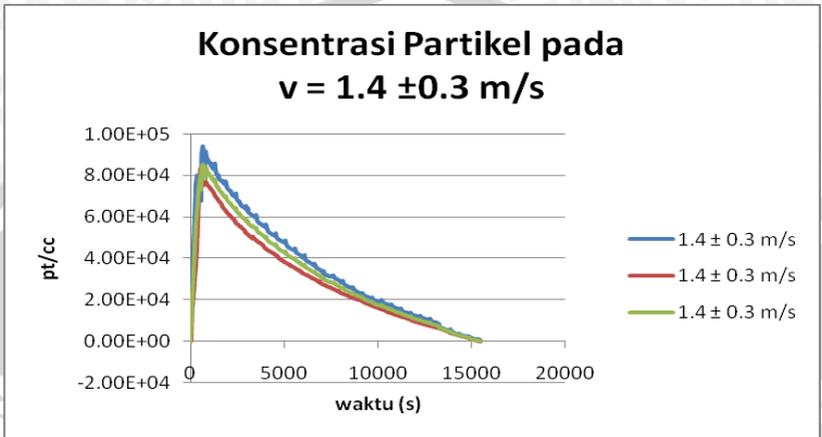
(b) Grafik konsentrasi partikel rokok nomor 10 pada kecepatan  
 $9.8 \pm 0.1$  m/s

### Konsentrasi Partikel pada $v = 13.9 \pm 0.08$ m/s

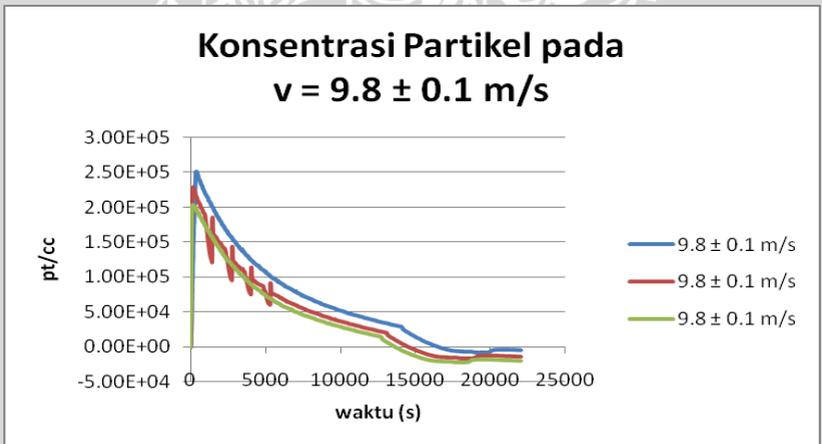


(c) Grafik konsentrasi partikel rokok nomor 10 pada kecepatan  
 $13.917 \pm 0.00869$  m/s

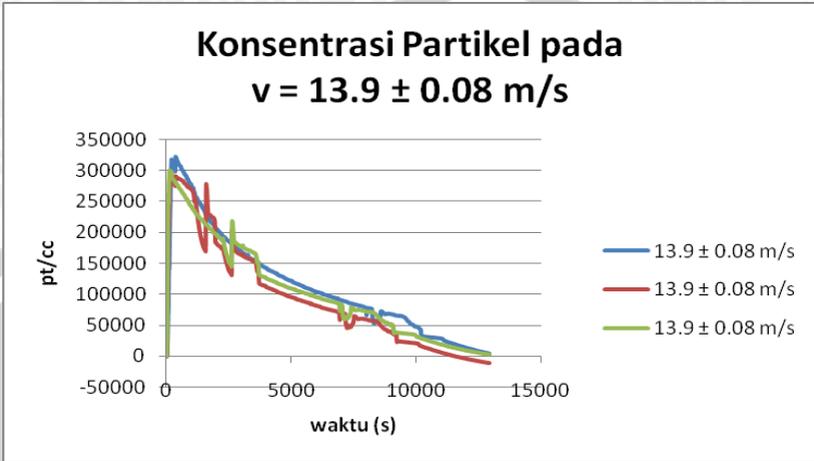
B. Rokok tanpa bahan campuran



(d) Grafik konsentrasi partikel rokok nomor tanpa bahan campuran pada kecepatan  $1.4 \pm 0.3$  m/s

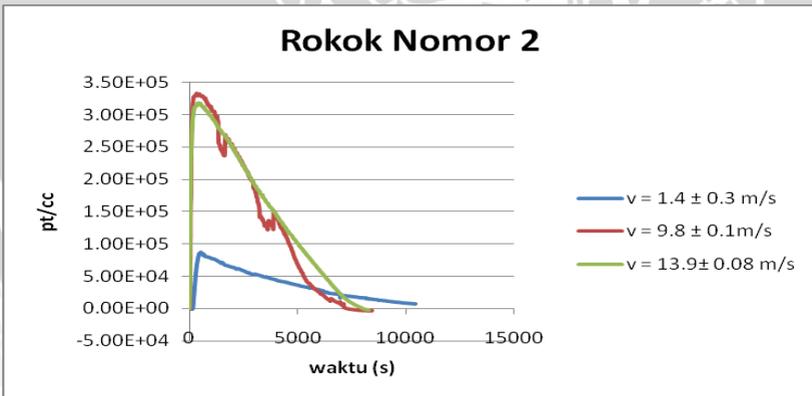


(e) Grafik konsentrasi partikel rokok nomor tanpa bahan campuran pada kecepatan  $9.8 \pm 0.1$  m/s

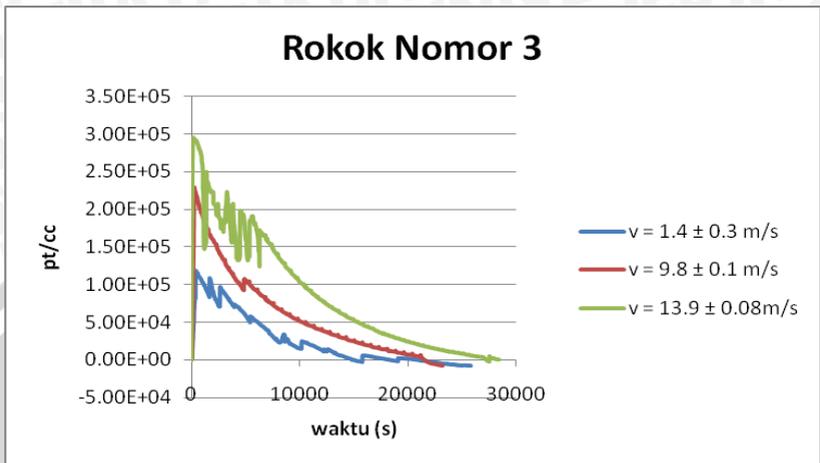


(f) Grafik konsentrasi partikel rokok nomor tanpa bahan campuran pada kecepatan  $13.9 \pm 0.08 \text{ m/s}$

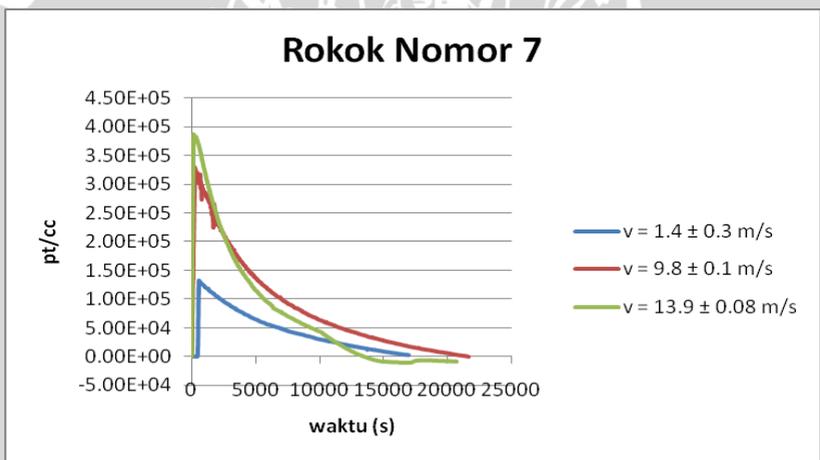
Grafik Perbandingan partikel dari masing-masing jenis rokok pada tiga kecepatan yang berbeda



(a) Grafik partikel ultrafine pada rokok nomer 2

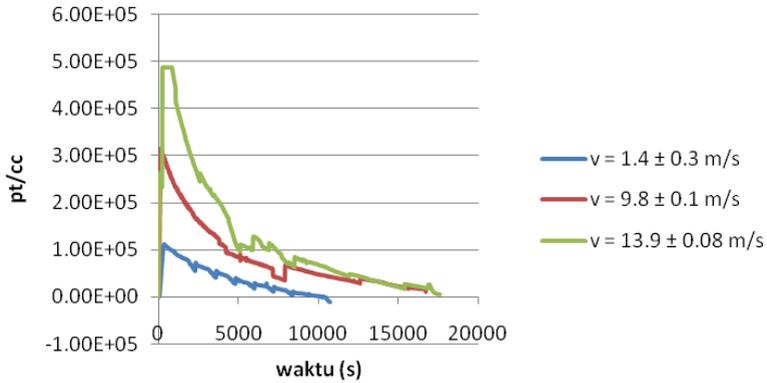


(b) Grafik partikel ultrafine pada rokok nomor 3



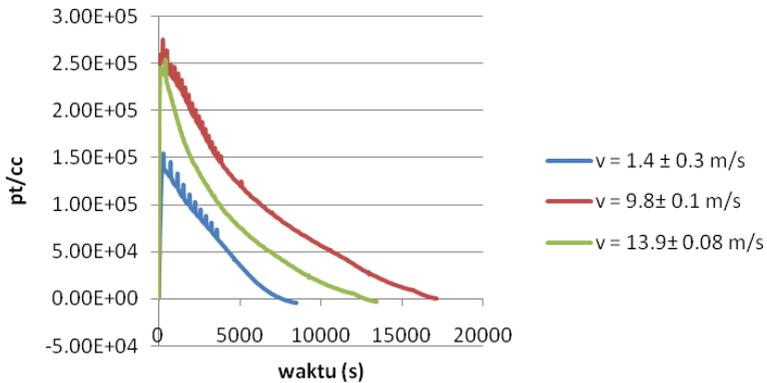
(c) Grafik partikel ultrafine pada rokok nomor 7

### Rokok Nomor 10

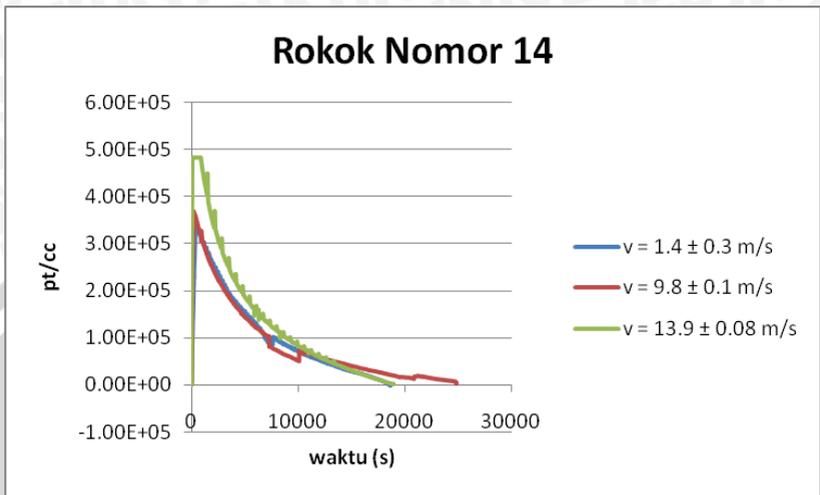


(c) Grafik Partikel ultrafine pada rokok nomor 10

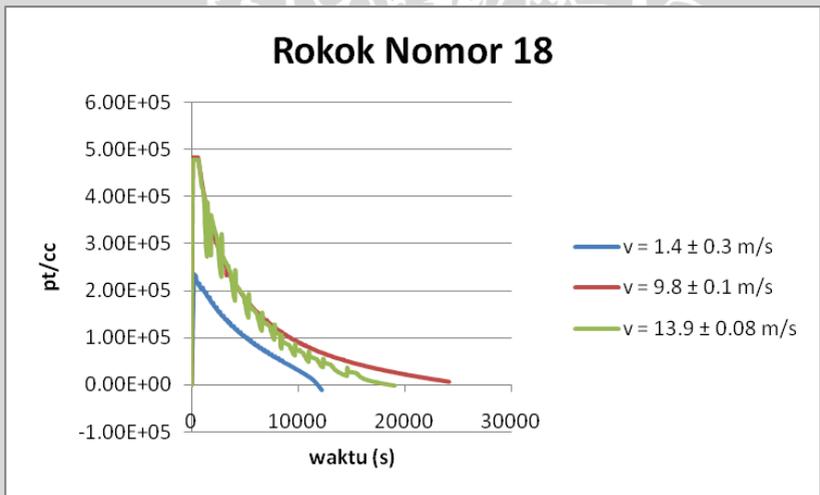
### Rokok Nomor 12



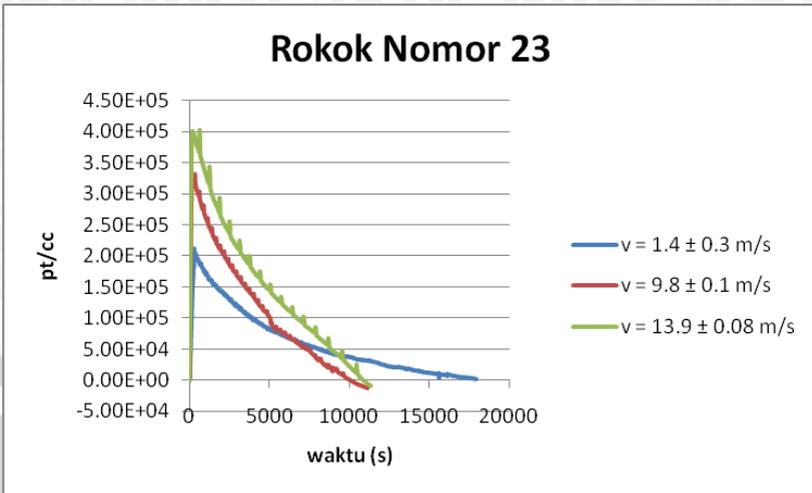
(d) Grafik Partikel ultrafine pada rokok nomer 12



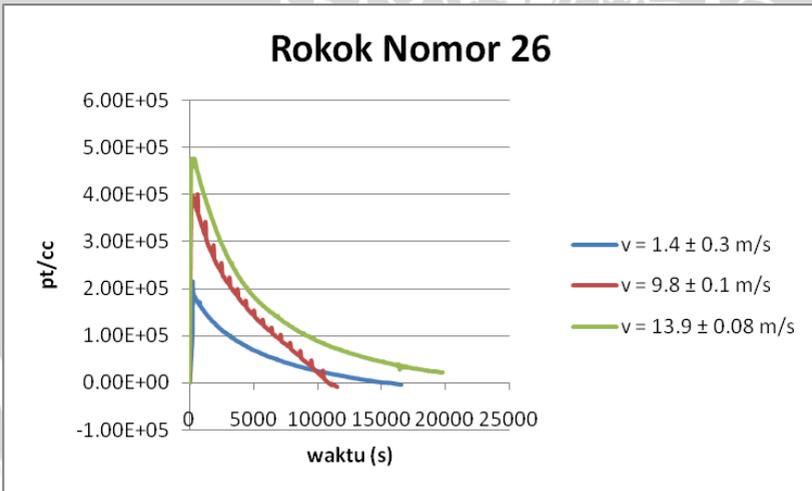
(e) Grafik Partikel ultrafine pada rokok nomer



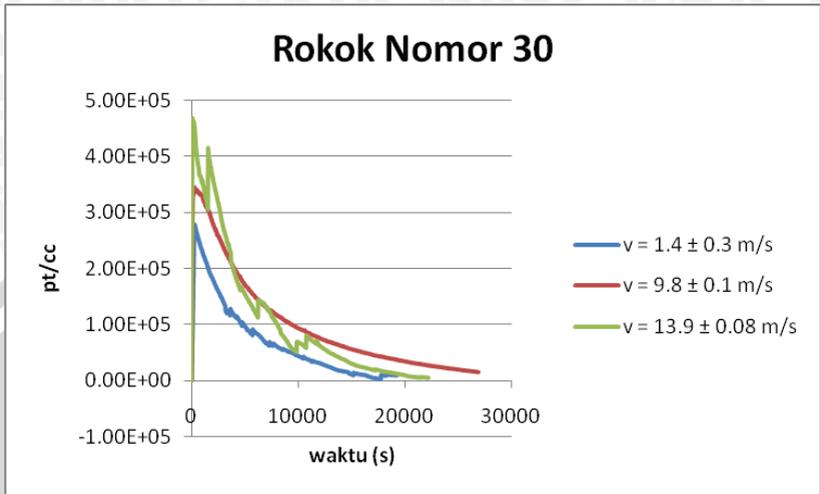
(f) Grafik Partikel ultrafine pada rokok nomer 18



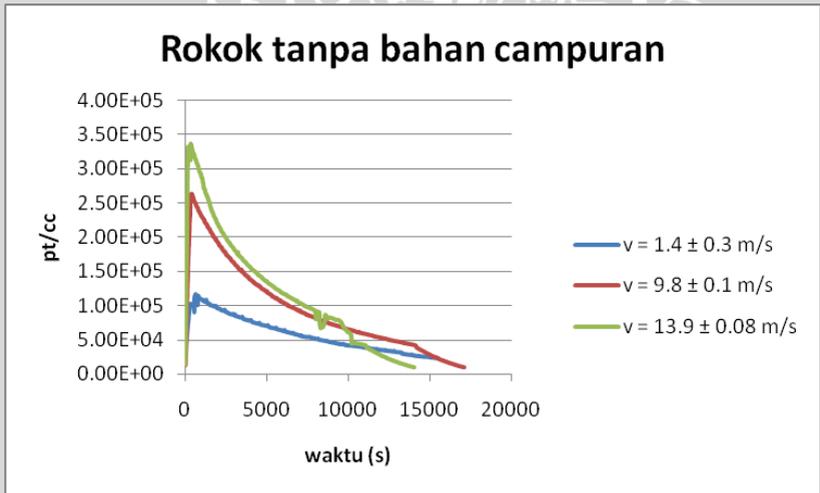
(g) Grafik Partikel ultrafine pada rokok nomor 23



(h) Grafik Partikel ultrafine pada rokok nomor 26



(i) Grafik Partikel ultrafine pada rokok nomor 30

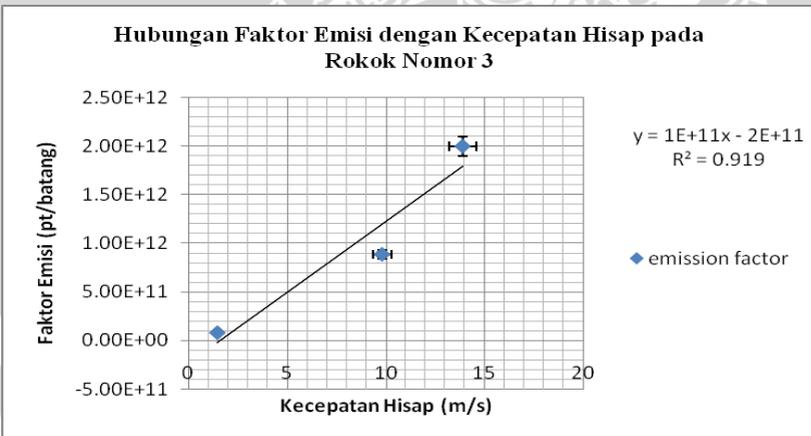


(j) Grafik partikel ultrafine pada Rokok tanpa bahan campuran

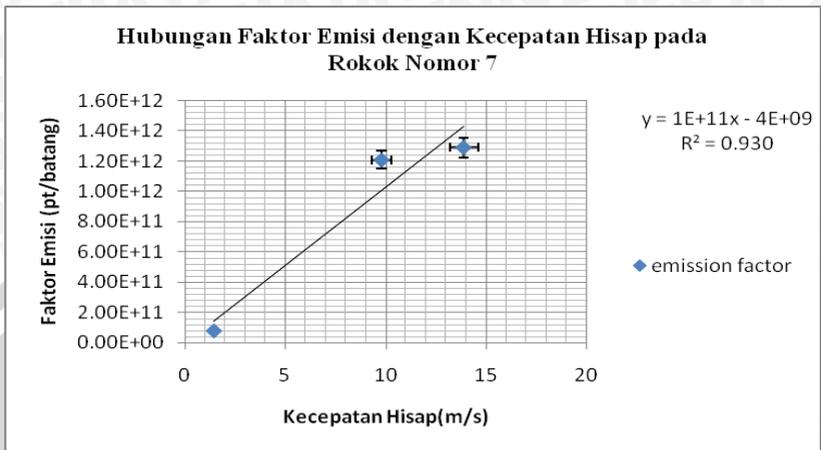
## Lampiran II : Grafik Hubungan Faktor Emisi dengan Kecepatan Hisap



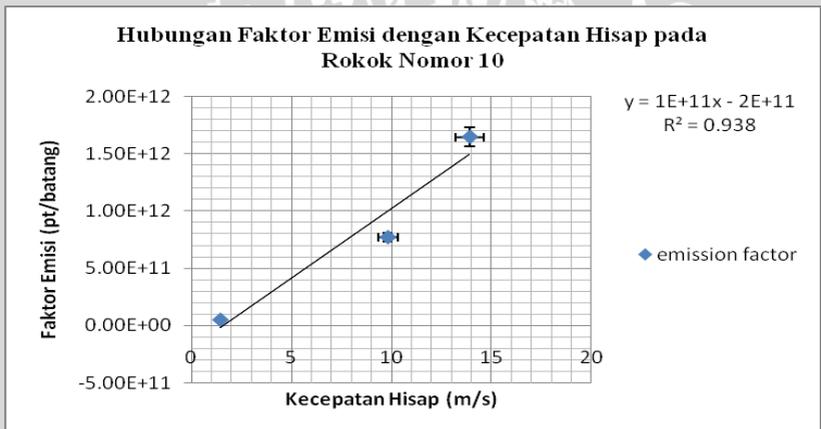
- a) Hubungan faktor emisi dengan kecepatan hisap pada rokok nomor 2



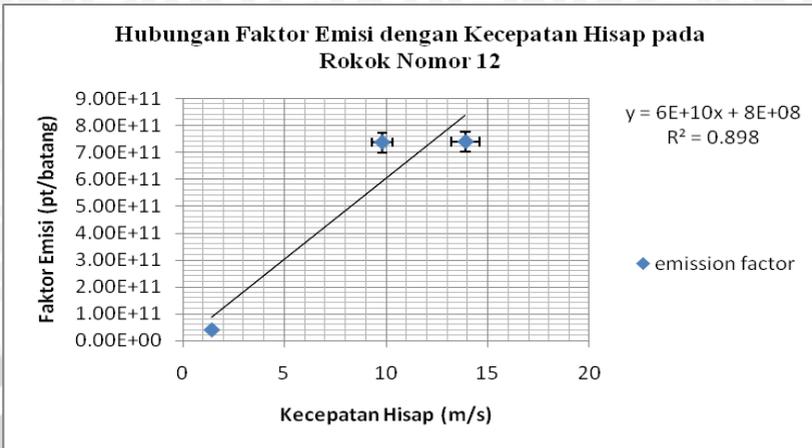
- b) Hubungan faktor emisi dengan kecepatan hisap pada rokok nomor 3



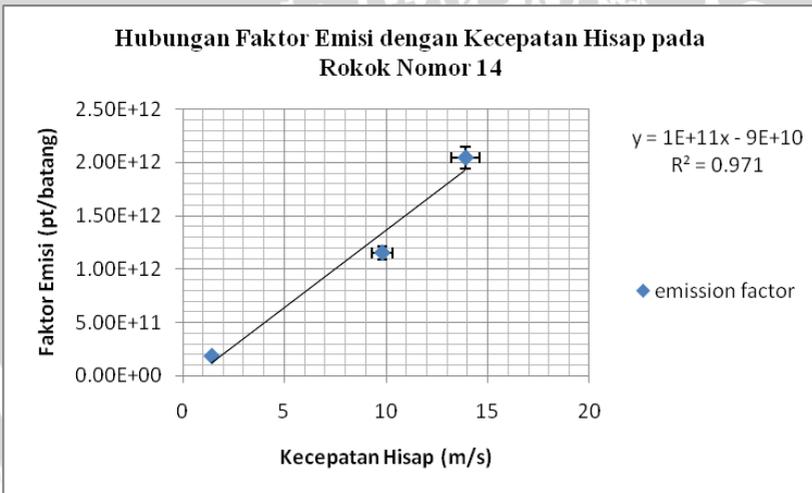
- c) Hubungan faktor emisi dengan kecepatan hisap pada rokok nomor 7



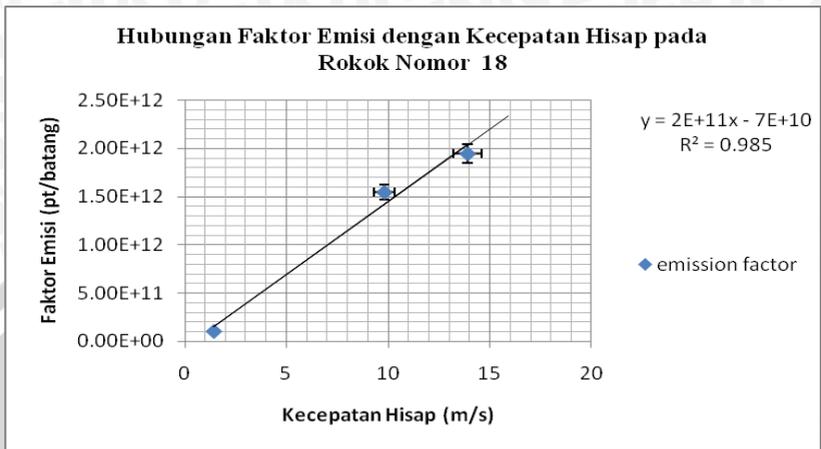
- d) Hubungan faktor emisi dengan kecepatan hisap pada rokok nomor 10



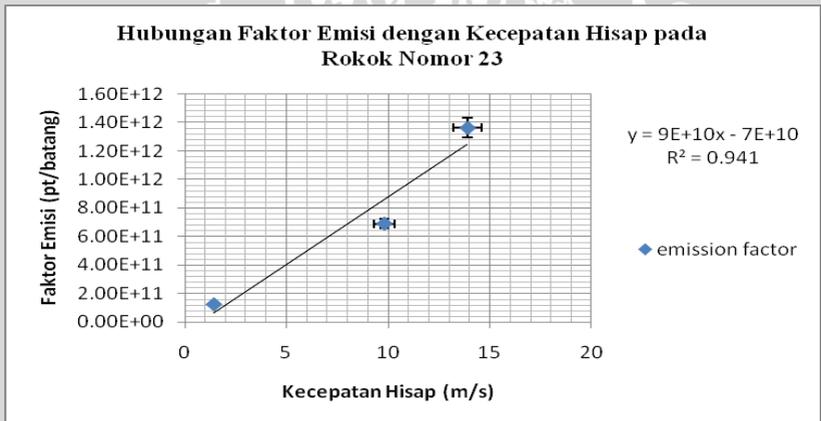
e) Hubungan faktor emisi dengan kecepatan hisap pada rokok nomor 12



f) Hubungan faktor emisi dengan kecepatan hisap pada rokok nomor 14

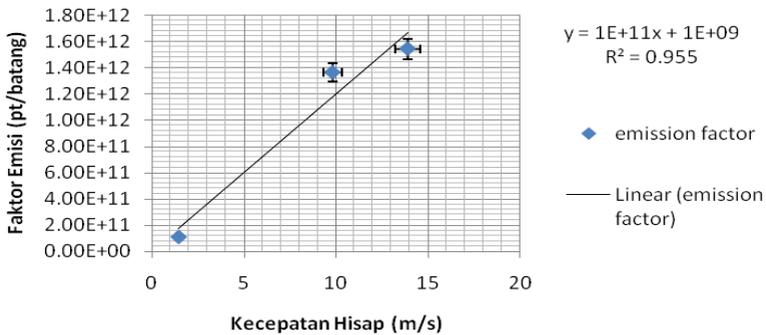


- g) Hubungan faktor emisi dengan kecepatan hisap pada rokok nomor 18



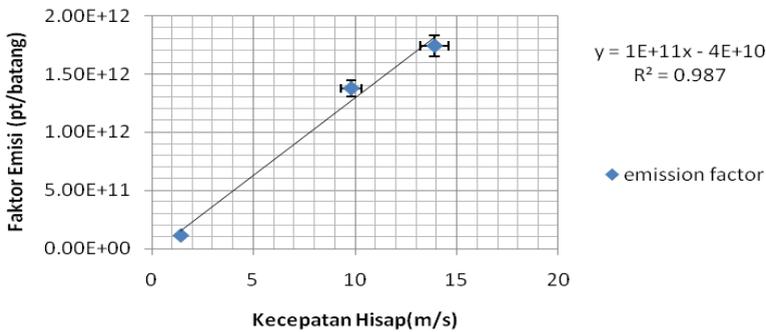
- h) Hubungan faktor emisi dengan kecepatan hisap pada rokok nomor 23

**Hubungan Faktor Emisi dengan Kecepatan Hisap pada Rokok Nomor 26**

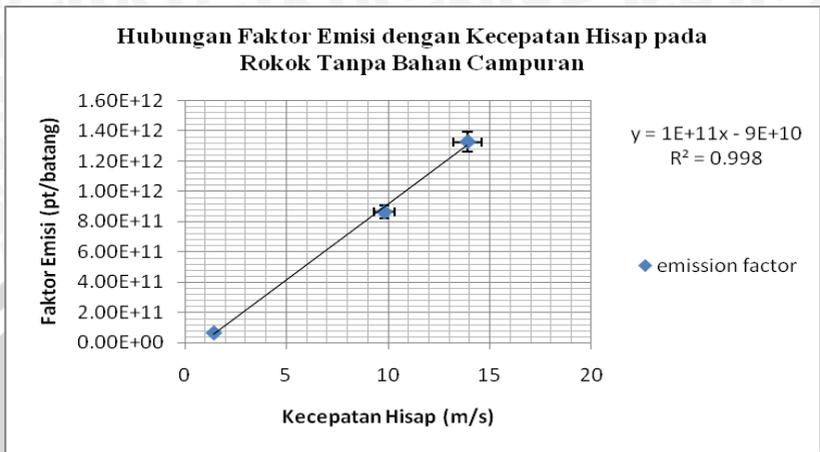


- i) Hubungan faktor emisi dengan kecepatan hisap pada rokok nomor 26

**Hubungan Faktor Emisi dengan Kecepatan Hisap pada Rokok Nomor 30**



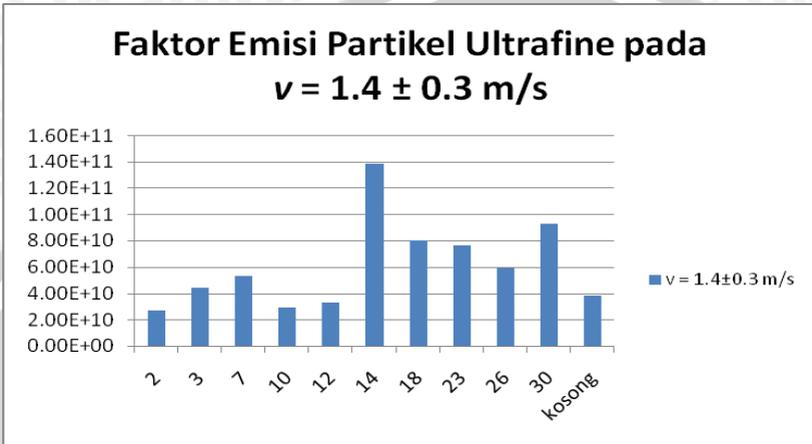
- j) Hubungan faktor emisi dengan kecepatan hisap pada rokok nomor 30



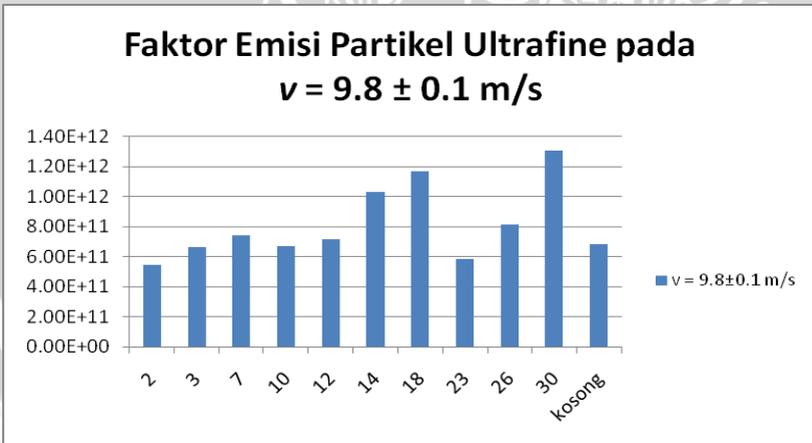
- k) Hubungan faktor emisi dengan kecepatan hisap pada rokok tanpa bahan campuran



**Lampiran III : Grafik Faktor Emisi Tiap-tiap Jenis Rokok dengan Kecepatan Hisap tertentu**

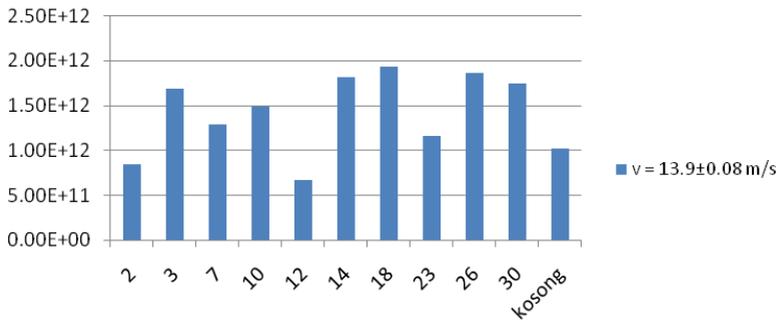


a) Faktor emisi partikel ultrafine pada  $v = 1.4 \pm 0.3$  m/s

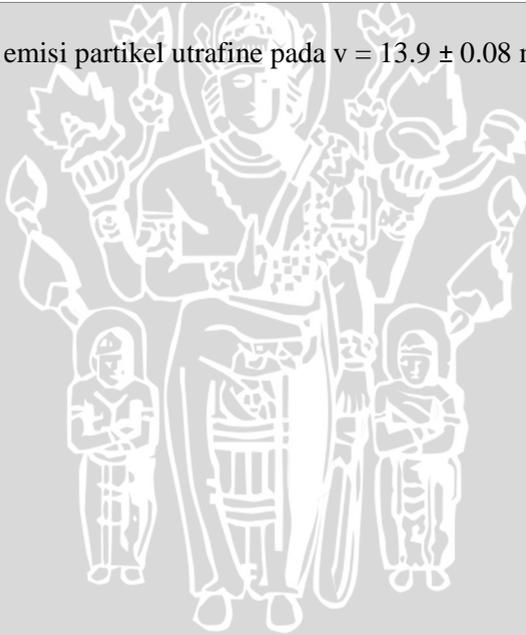


b) Faktor Emisi partikel ultrafine pada  $v = 9.8 \pm 0.1$  m/s

### Faktor Emisi Partikel Ultrafine pada $v = 13.9 \pm 0.08 \text{ m/s}$



c) Faktor emisi partikel ultrafine pada  $v = 13.9 \pm 0.08 \text{ m/s}$



## Lampiran IV : Data kecepatan hisap pada pompa

### A. Data pada selang besar

No	time (s)	v1	v2	v3
1	0	0.12	1.05	1.56
2	30	0.13	1.19	1.5
3	60	0.16	1.09	1.49
4	90	0.17	1.03	1.51
5	120	0.16	1.02	1.54
6	150	0.14	0.98	1.4
7	180	0.15	1.04	1.53
8	210	0.14	1.15	1.53
9	240	0.14	1.09	1.54
10	270	0.13	1.15	1.57
11	300	0.13	1.06	1.54
12	330	0.17	1.07	1.6
13	360	0.15	1.1	1.57
14	390	0.17	1.18	1.55
15	420	0.16	1.15	1.56
16	450	0.17	1.1	1.56
17	480	0.19	1.13	1.59
18	510	0.19	1.11	1.58
19	540	0.16	1.01	1.57
20	570	0.16	1.1	1.58
21	600	0.15	1.12	1.58

B. Data pada selang kecil

No	time(s)	v1	v2	v3
1	0	1.080276	9.452415	14.04359
2	30	1.170299	10.712737	13.50345
3	60	1.440352	9.812507	13.41343
4	90	1.530391	9.272369	13.59347
5	120	1.440352	9.182346	13.86354
6	150	1.260322	8.645808	12.60322
7	180	1.350345	9.362392	13.77352
8	210	1.260332	10.352645	13.77352
9	240	1.260332	9.812507	13.86354
10	270	1.70299	10.352645	14.13361
11	300	1.70299	9.542438	13.86354
12	330	1.530391	9.632461	14.40368
13	360	1.350345	9.90253	14.13361
14	390	1.530391	10.622714	13.95357
15	420	1.440352	10.352645	14.04359
16	450	1.530391	9.90253	14.04359
17	480	1.710437	10.172599	14.31363
18	510	1.710437	9.992553	14.22363
19	540	1.440352	9.093323	14.13361
20	570	1.440352	9.90253	14.22363
21	600	1.350345	10.082576	14.22363
	jumlah	30.23277	206.15727	292.1246
	rata rata	1.439655	9.817014	13.9107

### C. Perhitungan Faktor Emisi tiap Jenis Rokok

Jenis Rokok	Faktor Emisi (partikel per batang)		
	$v = 1.4 \pm 0.3 \text{ m/s}$	$v = 9.8 \pm 0.1 \text{ m/s}$	$v = 13.9 \pm 0.08 \text{ m/s}$
2	2.68E+10	5.40E+11	8.37E+11
3	4.40E+10	6.61E+11	1.69E+12
7	5.31E+10	7.37E+11	1.29E+12
10	2.88E+10	6.66E+11	1.48E+12
12	3.28E+10	7.12E+11	6.64E+11
14	1.38E+11	1.03E+12	1.81E+12
18	7.97E+10	1.17E+12	1.93E+12
23	7.60E+10	5.83E+11	1.15E+12
26	5.93E+10	8.11E+11	1.85E+12
30	9.23E+10	1.30E+12	1.74E+12
kosong	3.82E+10	6.82E+11	1.01E+12
rata-rata	6.08E+10	8.08E+11	1.41E+12

Nilai deviasi dan hasil ralat masing masing kecepatan

1. Deviasi pada kecepatan rendah:

$$\Delta v = 0.390$$

Nilai v ralat :

$$v = 1.439 \pm 0.390 \text{ m/s}$$

$$Kr = 0.390/1.439) \times 100\% = 2.71 \%$$

2. Deviasi pada kecepatan tinggi :

$$\Delta v = 0.086$$

Nilai v ralat :

$$v = 13.917 \pm 0.086 \text{ m/s}$$

$$K_r = (0.086/13.917) \times 100\% = 0.6\%$$

3. Deviasi pada kecepatan sedang :

$$\Delta v = 0.115$$

Nilai v ralat :

$$v = 9.817 \pm 0.115 \text{ m/s}$$

$$K_r = (0.115/9.817) \times 100\% = 1.1\%$$

D. Nilai ralat pada jari jari ujung rokok

$$R = 0.4 \text{ cm}$$

$$\Delta R = \frac{1}{2} nst = \frac{1}{2} \times 0.5 = 0.25 \text{ mm} = 0.025 \text{ cm}$$

$$R_{\text{rata-rata}} = 0.4 \text{ cm}$$

$$K_r\% = \frac{\Delta R}{R} \times 100\% = \frac{0.025}{0.4} \times 100\% = 6.25\%$$

$$R = 0.4 \pm 2.5 \text{ cm}$$

E. Tabel Faktor Emisi

<b>rokok</b>	$\Delta r/r$	$\Delta v/v$	$\Delta A/A$	<b>E rata rata</b>	$\Delta E$
No 7	0.0625	0.027	0.0316	4.53E+10	4.05E+09
No 7	0.0625	0.01179	0.0487	6.39E+11	3.71E+10
No 7	0.0625	0.006244	0.0476	1.32E+12	1.13E+11
No 10	0.0625	0.027	0.372	3.45E+10	3.62E+09
No 10	0.0625	0.01179	0.0624	7.54E+11	5.50E+10
No 10	0.0625	0.006244	0.1223	1.39E+12	1.13E+11
kosong	0.0625	0.027	0.0771	3.47E+10	2.02E+09
kosong	0.0625	0.01179	0.0229	5.13E+11	4.88E+10
kosong	0.0625	0.006244	0.478	9.30E+11	2.08E+11



## Lampiran V : Daftar gambar

Gambar alat percobaan



(a) Gambar alat Ultrafine Particle Counter (UPC) P-track



(b) Gambar Anemomaster Kanomax



(c) Gambar Pompa Hisap Rokok



(d) Gambar Environmental Chamber



## Gambar pengambilan data

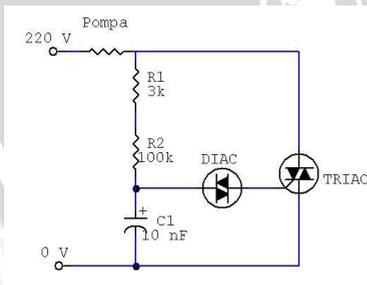


(a) Penentuan kecepatan hisap



(b) Distribusi asap pada chamber

(c) Skema alat pompa hisap



## Lampiran VI : Tampilan data origin 8.1

