

**PENGARUH PENAMBAHAN ZAT ADITIF PADA ROKOK
TERHADAP EMISI PARTIKEL *ULTRAFINE* (UFP)**

SKRIPSI

OLEH :

WICHDA KHUSNIA NITA

0810933035-93



PRODI FISIKA

JURUSAN FISIKA

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2013

**PENGARUH PENAMBAHAN ZAT ADITIF PADA ROKOK
TERHADAP EMISI PARTIKEL *ULTRAFINE* (UFP)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

OLEH :

WICHDA KHUSNIA NITA

0810933035-93



**PRODI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rokok merupakan silinder dari kertas berukuran panjang yang terdiri dari campuran tembakau dan cengkeh. Rokok dibakar pada ujungnya akan menghasilkan asap. Asap rokok mengandung ribuan zat kimia atau komponen asap yang disebut emisi asap (Borgerding dan Klus, 2005)

Pembakaran rokok menghasilkan suatu emisi sisa hasil pembakaran yaitu lebih dari 100.000 jenis zat kimia, 12000 diantaranya sudah diketahui dan 4000 dinyatakan zat yang berbahaya (pappas.2001) aktivitas merokok dapat menghasilkan *particulate matter (PM)* dengan berbagai ukuran yaitu PM 10 (dengan ukuran ,10 μm), PM 2.5 (ukurannya < 2,5 μm), PM 1 (ukuranya < 1 μm), Patikel ultrafine (ukurannya < 0.1 μm) (Mitra dan MorawskaChemosphere, 2002)

Emisi dari pembakaran Rokok yang mengandung partikel *ultrafine* tergantung dari jenis rokok yang digunakan, Penelitian pada tahun 2011 dilakukan terhadap berbagai merek rokok internasional yang memberikan hasil bahwa terdapat keberadaan partikel *ultrafine* pada asap pembakaran rokok (Lee, 2011)

Selain itu konsentrasi partikel *ultrafine* tergantung dari kecepatan hisap rokok pada pembakaran rokok. Hasil dari penelitian sebelumnya menyatakan semakin cepat kecepatan hisap rokok maka semakin tinggi pula faktor emisi yang dihasilkan. Faktor emisi ini didapatkan dari jumlah partikel *ultrafine* yang dihasilkan pada saat pembakaran(Setawan, 2011)

Perubahan karakter dari rokok juga ditentukan dari faktor lain yaitu penambahan zat aditif. Penelitian dari salah satu zat aditif yang dikembangkan oleh Prof.Dr. Sutiman B. sumitro.

Maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan karakter emisi partikel *ultrafine* yang ditunjukan dengan faktor emisi sehingga rokok tersebut ditambahkan zat aditif tersebut. Penelitian ini juga untuk mengetahui hubungan seberapa banyaknya zat aditif yang ditambahkan dengan faktor emisi.

1.1 Rumusan Masalah

Permasalahan yang muncul sebagai berikut:

- Berapakah hasil pengukuran faktor emisi pada pembakaran rokok dengan penambahan zat aditif ?
- Bagaimana hubungan dari banyaknya penambahan zat aditif terhadap faktor emisi partikel *ultrafine* ?

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

- Mengukur nilai faktor emisi pada pembakaran rokok dengan penambahan zat aditif.
- Mengetahui pengaruh dari penambahan zat aditif yang ditentukan terhadap emisi dari partikel *ultrafine* pada pembakaran rokok.
- Mengukur korelasi perubahan faktor emisi dengan penambahan zat aditif terhadap rokok control.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini diukur dengan menggunakan P-TRAK *ultrafine particle counter* .
2. Menggunakan 2 jenis rokok yang beredar dipasaran kota Malang dengan rokok M mempunyai komposisi TAR 14 MG, nikotin 1.0 MG dan rokok N mempunyai komposisi TAR 32 MG, nikotin 1.7 MG
3. Penambahan Zat aditif digunakan untuk pengukuran faktor emisi.
4. Menambahkan zat aditif asam amino RDE dan RDB yang bervariasi yaitu 0.2,0.4,0.6,0.8 dan 1 ml.
5. Pada penelitian ini tidak membahas reaksi-reaksi kimia yang terjadi pada pembentukan dari asap rokok maupun pada zat aditif yang ditambahkan pada rokok.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, yaitu sebagai tambahan pengetahuan dan informasi tentang pengaruh dari penambahan zat aditif pada rokok dengan berbagai variasi penambahan terhadap faktor emisi partikel *ultrafine*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam tinjauan pustaka akan menjelaskan tentang berbagai sub bab. Diantaranya adalah pengetahuan tentang rokok, *particulate matter (PM)*, Asam amino, dan faktor emisi yang akan berkaitan dengan penelitian ini.

2.1 Rokok

Rokok adalah silinder dari kertas berukuran panjang antara 70 hingga 120 mm (bervariasi tergantung negara) dengan diameter sekitar 10 mm yang berisi daun-daun tembakau yang telah dicacah. Rokok dibakar pada salah satu ujungnya dan dibiarkan membara agar asapnya dapat dihirup lewat mulut pada ujung lainnya (Fisher, 1999)

Rokok merupakan olahan tembakau yang dihasilkan dari tanaman *Nicotiana tabacum* dan spesies lainnya atau sintesisnya yang mengandung nikotin dan tar dengan bahan tambahan. Rokok merupakan silinder dari kertas berukuran panjang antara 70 hingga 120 mm (bervariasi tergantung negara) dengan diameter sekitar 10 mm yang berisi daun tembakau yang telah dicacah. Rokok dibakar pada salah satu ujungnya dan dibiarkan membara agar asapnya dapat dihirup lewat mulut pada ujung lain. Rokok berdasarkan bahan pembuatnya dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Rokok putih : merupakan rokok yang komposisinya terdiri dari daun tembakau dan terkadang di tambah saus yang berfungsi memberi rasa dan aroma.
2. Rokok kretek : merupakan rokok yang komposisinya terdiri dari daun tembakau dan cengkeh kering yang kemudian diberi saus sebagai penambah rasa dan aroma.
3. Rokok klembak : merupakan rokok yang memiliki komposisi daun tembakau, cengkeh, menyan dan saus sebagai penambah rasa (Allan, 2009).

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 (PM)* yang banyak dan berbagai macam ukuran. *Particulate matter (PM)* yang dihasilkan berupa partikel *ultrafine* yang memiliki ukuran yang sangat kecil yaitu ukuran sekitar 100 nm.

Proses pembentukan partikel *ultrafine* pada rokok *divine* 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 bantuan bahan campuran yang lain seperti asam amino dan lain lain maka partikel-partikel yang berskala nanometer tersebut memungkinkan memecah partikel sehingga susunan dari partikel menjadi lebih kecil (Zahar, 2012)

Dalam pembuatan rokok *divine* tembakau dicampur dengan menggunakan bahan campuran yaitu 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 organisme karena asam amino sebagai penyusun protein (Suryo, 2012)

Manusia di dunia yang merokok untuk pertama kalinya adalah suku bangsa Indian di Amerika, untuk keperluan ritual seperti memuja dewa atau roh. Pada abad 16, Ketika bangsa Eropa menemukan benua Amerika, sebagian dari para penjelajah Eropa itu ikut mencoba-coba menghisap rokok dan kemudian membawa tembakau ke Eropa. Kemudian kebiasaan merokok mulai muncul di kalangan bangsawan Eropa. Tapi berbeda dengan bangsa Indian yang merokok untuk keperluan ritual, di Eropa orang merokok hanya untuk kesenangan semata-mata. Abad 17 para pedagang Spanyol masuk ke Turki dan saat itu kebiasaan merokok mulai masuk negara-negara Islam

Rokok berisikan tembakau dan Sampai akhir abad ke-15 tidak ada yang tahu tentang tanaman ini kecuali penduduk pribumi Amerika. Penggalian arkeologi telah menunjukkan bahwa 4000 tahun yang lalu, dan mungkin sebelumnya, suku Indian Amerika Utara telah menggunakan tembakau. Dalam peradaban kuno asap tembakau dihubungkan dengan hal-hal medis atau obat-obatan.

Kata "tembakau" mungkin berasal dari nama pulau Tobago. Menurut kesaksian pelaut Spanyol, yang tiba bulan Oktober 1492 silam. Yang terkenal dengan ekspedisi Columbus saat ini Amerika Tengah. Kata "tobacco" berasal dari penduduk setempat yaitu memutar daun berukuran besar yang dimaksudkan untuk ritual merokok. Columbus disana bertemu dengan orang tua yang sedang merokok atau disebut dengan "Injun", lalu penduduk setempat menawarkan kepada sang kapten kapal, dia tidak bisa menolaknya dan mencoba untuk "merokok" yang digunakan orang-orang Indian, dia tidak hanya mencoba akan tetapi juga menyita daun tembakau yang dimiliki penduduk setempat untuk dibawa pulang. Selanjutnya, orang-orang Spanyol dan Portugis membawa daun dan biji tembakau ke Eropa kemudian orang-orang Eropa juga mulai menanam tembakau tersebut (Theilen dkk., 2007)

Duta Besar Perancis di pengadilan Portugis pada tahun 1560 yang bernama Jean Nicot mengirim beberapa tembakau kepada Ratu Catherine de Medici, dia merekomendasikan tembakau sebagai obat untuk migran (sakit kepala sebelah). Setelah cara ini ampuh kemudian menyebarlah ke seluruh Perancis. Dalam kehormatan dari tanaman Nico kemudian menerima nama latin Nicotiana, dan dipisahkan dari itu pada awal abad ke-19 alkaloid - masing-masing, yang menjadi "nikotin" (Theilen dkk., 2007)

Sejak paruh kedua dari abad ke 16, tembakau telah cepat populer sebagai tanaman obat, hampir sebagai obat mujarab. Tembakau merokok melalui pipa, dikunyah, dicampur dengan berbagai bahan dan digunakan untuk merawat pilek, sakit kepala, sakit gigi, kulit dan penyakit menular. Pada awal abad ke-17 di wilayah Amerika modern, terutama di kolonial Inggris, dan perkebunan tembakau lainnya. Pada tahun 1611, sebuah perkebunan di Virginia Inggris yang dimiliki oleh John Rolfe. Benih tembakau ia impor dari Trinidad dan Venezuela, dan teknologi yang dipinjam dari Sir Walter Raleigh. Bahkan 8 tahun kemudian mulai mengeksport tembakau dari Virginia ke Inggris, dan

John Rolf secara permanen menetap di dunia baru dan bahkan menikahi putri kepala India yang memberikan saran untuk mencoba keberuntungannya di tembakau (Theilen dkk., 2007)

Di antara para bangsawan pecinta tembakau antara lain adalah Raja Prusia Frederick I (pada abad ke-18), dimuat dalam halaman germanskom festival merokok, dan putranya, Frederick William I, bahkan mendirikan apa yang disebut "Tembakau Collegium", pada pertemuan yang dikombinasikan dengan yang berbeda-beda, tampaknya, hal-hal seperti argumen tentang urusan publik, percakapan yang sopan dan menyenangkan, disertai oleh pipa rokok. Dari kerajaan Rusia pecinta tembakau pertama kali di Rusia muncul dalam benak Peter I - dan, mungkin lebih daripada siapa pun. Peter I menjadi perokok penuh gairah selama tinggal di Inggris (Theilen dkk., 2007)

"Old Joe" (Joe Tua) merupakan merek rokok yang pertama kali muncul didunia dan pertama kali muncul pada perusahaan rokok RJ Reynolds (Richard Joshua Reynolds) pada tahun 1913. Camel - Salah satu nama merek rokok, yang diakui dunia internasional dan telah menjadi standar kualitas universal. Kronologi industri tembakau Amerika dan sampai hari ini dibagi menjadi dua periode utama yaitu sebelum "Camel" dan setelah "Camel". Pencipta Camel dan kerajaan tembakau adalah RJ Reynolds Tobacco Company (RJR), Richard Joshua Reynolds turun dalam sejarah tidak hanya sebagai seorang pengusaha yang sukses, tetapi juga sebagai pemasar berbakat. Camel salah satu nama merek rokok, yang diakui dunia internasional dan telah menjadi standar kualitas universal. Kronologi industri tembakau Amerika dan sampai hari ini dibagi menjadi dua periode utama yaitu sebelum "Camel" dan setelah "Camel". Pencipta Camel dan kerajaan tembakau adalah RJ Reynolds Tobacco Company (RJR), Richard Joshua Reynolds turun dalam sejarah tidak hanya sebagai seorang pengusaha yang sukses, tetapi juga sebagai pemasar berbakat (Theilen dkk., 2007)

Pada 1492, Christopher Columbus kembali ke Eropa dari Amerika dengan membawa daun dan bibit tembakau pertama yang pernah dilihat di dunia. Duta besar Prancis untuk Portugal, Jean Nicot, mendapatkan bibit tembakau di Lisbon dan memperkenalkan tanaman tersebut ke Prancis pada tahun 1561. Untuk

menghormatinya, maka Carolus Linnaeus menamakan tembakau sebagai genus *Nicotina* pada tahun 1753 (Theilen dkk., 2007)

Pada abad ke-18, *snuff* dan rokok pipa merupakan hal paling populer dari penggunaan tembakau dan abad ke-19 merupakan abad rokok. Pada awalnya, rokok merupakan kebiasaan bangsa turki yang kemudian diadopsi oleh bangsa Inggris sejak perang crimean. Penemuan mesin untuk pembuatan rokok pada tahun 1850 membuka jalan untuk produksi masal dan pada abad 20 merupakan abad pengembangan rokok modern. Pada tahun 2000, konsumsi rokok dunia mencapai 5.6 trilliun batang (Theilen dkk., 2007)

2.1.1 Bahan Penyusun Rokok

Rokok mengandung ribuan zat kimia, atau komponen asap, juga disebut sebagai 'emisi asap.' Komponen asap yang paling banyak dikenal adalah tar, nikotin, dan karbon monoksida (CO). Selain zat-zat ini, hingga saat ini lebih dari 7000 zat kimia telah diketahui terkandung dalam asap rokok. Dinas kesehatan masyarakat telah menggolongkan sekitar 70 komponen asap sebagai kemungkinan penyebab penyakit yang terkait dengan merokok, seperti kanker paru, penyakit jantung, dan emfisema.

Komponen asap diukur menggunakan mesin laboratorium. Pada saat ini metode pengujian yang berstandar dan tervalidasi secara internasional hanya tersedia untuk beberapa komponen asap saja, yaitu tar, nikotin, dan karbon monoksida sublimasi (Borgerding dan Klus, 2005) bahan penyusun rokok adalah tembakau dicampur dengan cengkeh dan bahan penyusun lainnya dimana bahan tersebut tersusun oleh berbagai bahan polimer.

Kandungan didalam tembakau dapat dikelompokan menurut kelas komponennya seperti alkaloid, protein, nitrogen dan lain-lain. Saat ini dilaporkan bahwa terdapat elemen mikro pada tembakau termasuk elemen umum seperti alkali, alkali bumi, logam berat dan elemen langka. Serta banyak juga terdapat logam berat radioaktif. Elemen-elemen pada tembakau ini pada tabel 2.1 dapat berasal dari tanah maupun sumber lainnya (Allan, 2009).

Tabel 2.1. Daftar elemen dalam daun tembakau

Elemen	Symbol	Presentasi berat kering (%)
Oksigen	O	43
Karbon	C	43
Hydrogen	H	6.0
Nitrogen	N	5.0
Phosphor	P	0.2
Potassium	K	1.0
Calcium	Ca	0.35
Magnesium	Mg	0.20
Sulfur	S	0.15
Chloride	Cl	0.10
Besi	Fe	0.10
Molybdenum	Mo	0.05
Zinc	Zn	0.02
Borron	B	0.02
Copper	Cu	0.01
Lainnya		0.80

(Allan, 2009)

Kebanyakan perokok sudah mengenal tar, nikotin, dan karbon monoksida karena banyak pemerintah yang mengharuskan produsen untuk mengukur komponen-komponen ini untuk setiap merek rokok dan mencantumkan hasilnya pada kemasan rokok.

Tar bukanlah komponen asap yang spesifik, melainkan mengacu kepada partikel-partikel asap yang terukur dalam metode pengujian mesin. Partikel-partikel ini terbuat dari banyak komponen asap, termasuk beberapa komponen yang diyakini oleh otoritas kesehatan masyarakat sebagai kemungkinan penyebab penyakit terkait-merokok seperti kanker paru (Adam dkk., 2010)

Nikotin adalah zat kimia yang terkandung secara alami dalam tanaman tembakau. Apabila tembakau dibakar, nikotin berpindah ke dalam asap. Nikotin dikenal oleh otoritas kesehatan masyarakat sebagai zat yang menimbulkan kecanduan dalam asap tembakau, dan Karbon monoksida adalah gas yang terbentuk dalam

asap rokok. Karbon monoksida dikenal sebagai penyebab utama penyakit kardiovaskuler (penyakit jantung) pada perokok.

Ribuan komponen asap lainnya telah diketahui terkandung dalam asap rokok. Gambar 2.1 merupakan salah satu contoh dari zat yang terkandung dalam rokok. Selain nikotin dan karbon monoksida, otoritas kesehatan masyarakat telah menggolongkan sekitar 70 di antaranya sebagai kemungkinan penyebab penyakit terkait-merokok. Sebagian dari komponen ini adalah arsenik, benzena, benzo[a]pirena, logam berat (timbel, kadmium), hidrogen sianida, dan nitrosamina khusus tembakau (Klepeis dan Ott, 2007)



Gambar 2.1: Zat yang terkandung dalam rokok
(<http://tubcrose.com/cigarette-smoking.html>)

Sebatang rokok terdiri atas campuran tembakau yang digulung oleh kertas. Kebanyakan rokok telah diberi filter pada pangkal hisap. Zat aditif tambahan kadang juga dicampur pada tembakau, seperti gula, coklat, ekstrak buah dan zat beraroma untuk memberikan rasa, bau, dan aroma tertentu pada rokok. Tembakau, kertas, tipe filter dan jenis ventilasi akan menentukan komposisi kimia dari asap rokok. Saat merokok, campuran kompleks akan masuk pada sistem pernafasan (Baker, 2006).

2.1.2 Pembakaran rokok

Pembakaran dapat diklasifikasikan dalam dua jenis yaitu pembakaran sempurna dan pembakaran tak sempurna. Pembakaran sempurna terjadi apabila seluruh unsur C yang bereaksi dengan oksigen hanya akan menghasilkan CO_2 , sementara unsur H menghasilkan uap air dan S menghasilkan sulfur dioksida. Sedangkan pembakaran tak sempurna terjadi apabila seluruh C yang dikandung dalam bahan bakar bereaksi dengan oksigen dan gas yang dihasilkan tidak seluruhnya CO_2 (Mayasari, 2010).

Asap tembakau merupakan aerosol yang terdiri atas partikel padatan atau cairan dalam fase gas. Partikel aerosol tersebut dihasilkan oleh proses yang kompleks dan saling tumpang tindih, diantaranya adalah pyrolysis, pyrosynthesis, destilasi, sublimasi, dan kondensasi. Pada saat sebatang rokok terbakar, suhu pada bara api dapat mencapai 800°C . Proses konsumsi energi, endotermik, seperti destilasi dan sublimasi yang terjadi hanya beberapa milimeter dibelakang bara api, merupakan penyebab terjadinya penurunan suhu yang ekstrim dimana suhu asap rokok akan turun hingga sama dengan suhu lingkungan. Penyusun asap yang dihasilkan oleh proses pyrolysis dan pyrosynthesis merupakan proses yang tercakup dalam destilasi dan sublimasi (Borgerding and Klus, 2005).

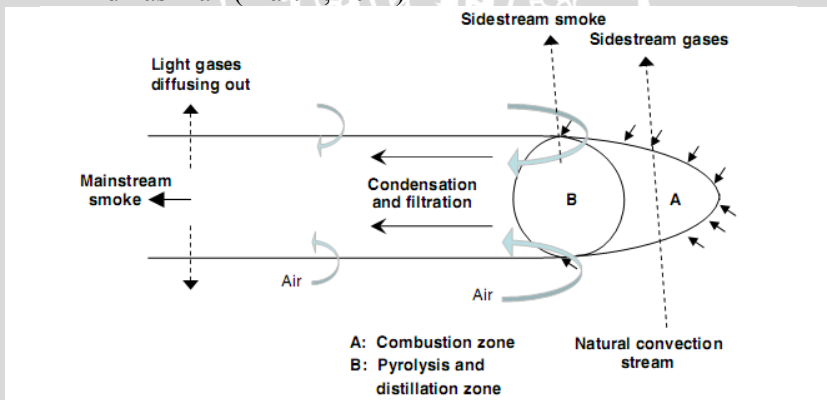
Mekanisme terjadinya asap dari pembakaran rokok ada tiga yakni pyrolysis dan pembakaran, pembentukan aerosol dan proses transfer massa fisis dan fibrasi. Pyrolysis merupakan dekomposisi termokimia pada material organik pada temperature tinggi tanpa melibatkan adanya oksigen. Pyrolysis merupakan perubahan spontan pada susunan kimia dan fase fisis, dan hanya proses tersebut tidak dapat dibalik (irreversible). Terdapat dua zona pada daerah pembakaran dapat dilihat pada gambar 2.2, yakni zona pembakaran dan zona pyrolysis atau destilasi. Pada zona pembakaran, oksigen akan bereaksi dengan tembakau terkarbonisasi yang pada akhirnya akan menghasilkan gas-gas sederhana seperti CO , CO_2 , dan H_2 . Suhu pada zona pembakaran akan mencapai 950°C . Pada zona pyrolysis terdapat sekitar 5000 senyawa kimia yang dihasilkan. (Baker, 2006).

Selama kegiatan merokok, partikel ETS dihasilkan dan bercampur dengan udara ruangan dan mengalami berbagai perubahan kimia dan fisika setiap waktu. Merokok di dalam ruangan dapat meningkatkan jumlah partikel dalam udara secara signifikan. Telah

diketahui bahwa ruangan dengan perokok mempunyai jumlah partikel dalam ruang 20-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lebih banyak dari ruangan tanpa perokok (Ning dkk., 2006)

Environmental Tobacco Smoke (ETS) didefinisikan sebagai campuran dari asap hasil pembakaran rokok dan asap yang dikeluarkan oleh perokok. ETS dapat diklasifikasikan dalam (Pandey dan Kim, 2010)

- 1) *Sidestream Smoke* (SS) yaitu asap yang diemisikan oleh ujung batang rokok yang terbakar selama kegiatan merokok berlangsung.
- 2) *Mainstream Smoke* (MS) yaitu kombinasi dari asap yang dihirup dan asap yang dikeluarkan oleh perokok dari kegiatan merokok. Komposisi dari MS dipengaruhi oleh bagaimana cara perokok menghisap dan menghembuskan asap rokok. Frekuensi hisapan, lama menghisap dan volume hisapan juga akan mempengaruhi karakteristik dari MS yang dihasilkan (Martin, 2011)



Gambar 2.2: Proses Pembakaran rokok (Baker, 2006)

Terdapat dua fase utama pembentukan asap rokok yaitu fase partikel dan fase gas. Kedua fase tersebut terdiri dari banyak radikal bebas yang mengikat oksigen, carbon dan nitrogen maupun oksidan bukan radikal. Berdasarkan analisis pada tiap fase, diperkirakan bahwa dari setiap batang rokok yang dibakar mengandung sekitar 10^{14} radikal bebas pada fase tar dan 10^{15} radikal bebas pada fase gas. Berbagai macam senyawa ini dapat menyebabkan peningkatan pada penciptaan bermacam-macam ROS (*Reactive Oxygen Species*)

seperti radikal superoksida, hidrogen peroksida, hidroksil dan peroksil. ROS ini pada akhirnya dapat menyebabkan kerusakan oksidasi dalam bentuk peroksidasi lipid (Wikipedia,20012).

Proses pembakaran berlangsung dalam fase-fase yang berurutan seperti berikut:

a. *Pre-ignition*

Dalam tahap *pre-ignition* bahan bakar mulai terpanaskan, terhidrasi serta terjadi penyerapan panas. Pada fase ini mulai terjadi pirolisasi, yaitu pelepasan uap air, CO₂ dan gas-gas yang mudah terbakar (*hydrogen, methane* dan *methanol*). Dalam proses ini reaksi berubah dari eksotermis menjadi endotermik. Pada saat ini timbul suhu yang mencapai 100 °C (Ryan dan McMahon, 1976).

b. *Flaming combustion*

Reaksi eksotermik pada fase ini dapat menaikkan suhu menjadi lebih dari 300 °C (Ryan dan McMahon, 1976). Panas yang dihasilkan dari reaksi *flaming* ini mempercepat laju *pyrolysis* dan meningkatkan volume gas yang mudah terbakar dari bahan bakar. Pada fase ini degradasi termal dari molekul-molekul terjadi lebih lengkap dan lebih cepat daripada fase *ignition* dengan melepaskan banyak energi panas. Temperatur yang dicapai selama fase *flaming* dapat bervariasi bergantung pada jumlah bahan bakar maupun kondisi lingkungan. Temperatur maksimal yang dapat dicapai berkisar 1650 °C, tetapi temperatur rata-rata cenderung pada kisaran 700 °C – 980 °C. Efisiensi pada fase *flaming* relatif lebih tinggi dan melepaskan polutan dalam jumlah yang paling sedikit dibandingkan dengan massa bahan bakar yang terbakar. Produk dominan yang dihasilkan adalah karbon dioksida dan uap air.

c. *Smoldering*

Fase *flaming* segera diikuti oleh fase *smoldering*. Fase *smoldering* dicirikan dengan dua zona, yaitu zona *pyrolysis* dimana hasil-hasil pembakaran terbentuk, dan zona arang dimana hasil-hasil pembakaran yang tidak tampak

dilepaskan. Jumlah partikel yang diemisikan selama fase *smoldering* lebih besar daripada fase *flaming*. Penumpukan *char* (arang) pada permukaan bahan bakar merupakan ciri transisi dari fase *flaming* menuju *smoldering*. Penumpukan arang ini menghalangi pelepasan *volatile gas* yang dihasilkan sehingga pembakaran berkurang. Fase *smoldering* menghasilkan partikel yang lebih kecil dan lebih banyak menghasilkan gas pembakaran tidak sempurna yang merugikan daripada fase *flaming* (DeBano dkk., 1998)

d. *Glowing*

Proses *smoldering* diakhiri dengan fase *glowing*. Pada fase ini sebagian besar dari gas-gas yang mudah menguap hilang dan oksigen mengadakan kontak langsung dengan permukaan bakar yang mengarang. Fase *glowing* terjadi saat tidak lagi terdapat cukup energi untuk menghasilkan asap, tar, *volatile gas*, dan *liquid* dari bahan bakar. Produk utama yang dihasilkan dari fase ini adalah gas karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂), sementara suhu pembakaran masih bisa mencapai 600 °C (DeBano dkk., 1998)

e. *Extinction*

Fase terakhir dari proses pembakaran adalah saat dimana semua bahan bakar telah dikonsumsi atau apabila panas yang dihasilkan melalui oksidasi baik dalam fase *smoldering* maupun *glowing* tidak cukup menguapkan uap air yang berasal dari bahan bakar. Panas yang diserap oleh bahan bakar yang lembab dan udara yang mengelilinginya mengurangi jumlah panas yang tersedia pada pembakaran sehingga mempercepat padamnya api (DeBano dkk., 1998)

2.1.3 Dampak Asap Rokok

Saat merokok, logam berat berada pada asap mainstream, asap sidestream, abu dan pangkal batang rokok. Asap rokok mainstream biasanya dibagi menjadi dua jenis fase *particulate* fase (kondensasi) yang terkumpul pada batang filter dan fase gas atau uap yang melewati batang filter tersebut. Pada asap mainstream, tingkat

kadar kadmium dan timah berubah-ubah pada kedua fase. Pada sebagian penelitian, disebutkan bahwa thalium umumnya ditemukan saat particulate fase (Pappas, 2006).

Saat seorang perokok menghirup asap, logam berat akan masuk melalui mulut menuju paru-paru. Dari paru-paru, logam berat tersebut akan menuju organ lain bersama zat lain, seperti nikotin. Kadar kadmium yang tinggi pada paru-paru, liver, jaringan ginjal, lemak tubuh, darah, urine dan cairan ketuban berhubungan dengan riwayat merokok seseorang (baik perokok primer maupun pasif). Kadar timah yang tinggi pada dalam dan cairan ketuban serta pembuluh darah pada bayi berhubungan dengan riwayat merokok (Pappas, 2006).

Cigarette smoke condensate (CSC) dan *total particulate matter (TPM)* pada asap rokok merupakan zat beracun dan mungkin mengakibatkan beberapa efek pathologis. CSC merupakan asap tembakau yang tidak mengandung nikotin dan air. Senyawa-senyawa kimia dari asap rokok antara lain adalah radikal bebas, gas-gas berbahaya, volatile organic compounds (VOC), aldehydes, PAH, dan tobacco-specific nitrosamines (TSNA) (Pappas, 2005).

2.2 Particulate Matter di Udara

Particulate matter (PM) mengacu pada campuran partikel zat padat dan cair yang berada atau mengendap pada udara. Beberapa partikel terjadi secara alami yang berasal dari gunung berapi, kebakaran hutan atau buih air laut. Kegiatan manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil pada kendaraan, pembangkit listrik dan berbagai proses industri juga menghasilkan partikel dalam jumlah yang. Di seluruh dunia, *anthropogenic aerosols* (aerosol yang muncul karena kegiatan manusia) mencapai 10 % dari total aerosol yang berada di atmosfer. Peningkatan jumlah partikel di udara berbahaya bagi kesehatan yang mana dapat menyebabkan penyakit jantung, kelainan fungsi paru-paru juga kanker paru-paru (Anonymous^a, 2011)

Partikel dikategorikan dalam beberapa fraksi menurut ukurannya pada table 2.1 . Karena partikel-partikel tersebut seringkali tidak berbentuk sferikal, maka kemudian banyak ditemui berbagai definisi ukuran yang dijelaskan pada tabl 2.1. Definisi ukuran yang paling sering digunakan adalah diameter *aerodynamic*. Sebuah

partikel dengan diameter *aerodynamic* 10 mikrometer (Brunshidle dkk., 2003).

Tabel 2.2: Macam Particulate Matter Beserta Ukurannya

Particulate Matter	Diameter
PM 10	$\leq 10 \mu\text{m}$
PM 2.5	$\leq 2.5 \mu\text{m}$
PM 1	$\leq 1 \mu\text{m}$
PM 0.1	$\leq 0.1 \mu\text{m}$
Coarse Fraction Particulate	$\leq 2.5\text{-}10 \mu\text{m}$

Zat partikel dikategorikan berdasarkan ukurannya. PM_{10} merupakan partikel yang memiliki diameter kurang dari $10 \mu\text{m}$, $\text{PM}_{2.5}$ adalah partikel yang memiliki diameter aerodinamik kurang dari $2.5 \mu\text{m}$ dan UFP dan nanopartikel didefinisikan sebagai partikel yang memiliki diameter kurang dari 100 nm. (Slezakova, 2009).

2.2.1 Partikel *Ultrafine*

Nanopartikel dan partikel *ultrafine* memiliki diameter yang sama. Perbedaan antara keduanya terletak dari mana keduanya berasal. Partikel *ultrafine* merupakan partikel yang dihasilkan sebagai emisi "spurious" yang berasal dari kehidupan sehari-hari atau industri, dan diklasifikasikan sebagai polusi udara. Namun nanopartikel merupakan partikel yang berasal dari hasil rekayasa atau manufaktur (Slezakova, 2009)

Partikel *ultrafine* didefinisikan sebagai partikel dengan diameter aerodinamis $< 100 \text{ nm}$ yang sangat sering diamati di atmosfer dan troposfer. Inti dari partikel molekuler memadatkan menjadi partikel baru melalui proses kondensasi (kumala, 2004)

Interaksi partikel yang berada di udara ini dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu interaksi melalui peristiwa koagulasi, deposisi, dan nukleasi atau nucleation.

a. Koagulasi yaitu 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 yaitu merupakan pembentukan partikel dengan ukuran yang sangat kecil dimana diameter dari partikel yang dihasilkan kurang dari 30 nm. Partikel yang terbentuk dari proses nucleation merupakan suatu partikel yang dihasilkan dari konversi gas menjadi partikel. Peristiwa ini dapat terjadi di atmosfer akibat dari proses pembakaran. Partikel akibat proses nucleation ini juga dapat tersusun dari uap homogen yang mengalami nucleation

c. Deposisi merupakan peristiwa pengurangan jumlah partikel yang berada di udara. Proses deposisi pada 15 partikel dapat terjadi melalui dua proses yaitu proses kering dan proses basah. Dimana untuk proses deposisi basah dapat terjadi akibat pengendapan partikel yang terdeposisi oleh air hujan, salju, fog, awan, dan kabut. Sedangkan deposisi kering merupakan transfer partikel secara langsung menuju tanah (Sogacheva, 2008)

Partikel *ultrafine* yang mempunyai ukuran kurang dari 0.1 μm 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 sistem pernafasan adalah ukuran partikel dan aerodinamis (Fierro, 2000).

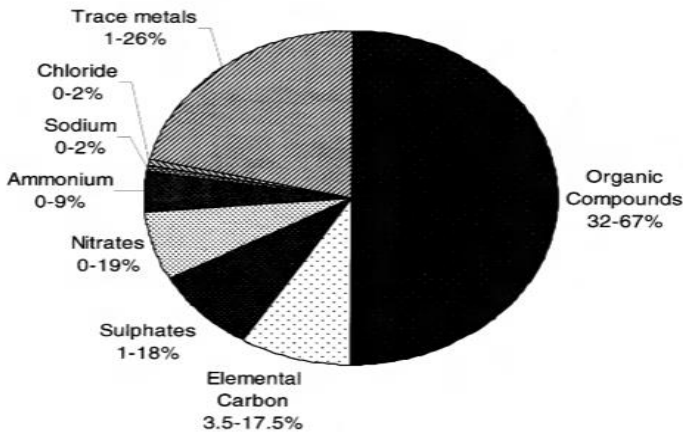
Partikel *ultrafine* dapat diukur dengan menggunakan alat P-TRAK *ultrafine particle counter*. Partikel *ultrafine* dapat mendeteksi partikel yang berukuran 0,02 sampai 1,0 μm serta mengukur konsentrasi partikel antara 0 sampai 500.000 partikel/cm³. Prinsip kerja alat ini sama seperti prinsip kondensasi, dimana zat yang dikondensasikan berupa isopropyl alkohol. 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 alat instrument, 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 menjadi 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.

Pembentukan partikel tersebut dikaitkan dengan tiga proses. Pertama dinamakan pembentukan langsung, menggambarkan partikel yang berasal dari proses pembakaran yang terkait dengan sumber lalu lintas dan industri, pembakaran biomassa. Kebanyakan partikel *ultrafine* yang dihasilkan oleh knalpot kendaraan memiliki ukuran diameter 20-130 nm dan untuk mesin diesel dan bensin 20-60 nm, serta pembakaran biomassa 30-200 nm. Proses pembentukan kedua adalah dengan nukleasi dan kondensasi dari panas, uap jenuh yang dikeluarkan saat pembakaran didinginkan. Mekanisme terakhir dari pembentukan partikel *ultrafine* adalah reaksi kimia di atmosfer yang mengarah pada pembentukan spesies volatilitas yang rendah pada suhu kamar dapat mempengaruhi partikel *ultrafine* melalui proses nukleasi (Kumala, 2004)

Sumber partikel *ultrafinen* sebagian besar berasal dari proses pembakaran dan dari proses nukleasi yang melibatkan senyawa organik. Reverensi yang dituliskan oleh Alsyaehwa tahun 2008 sumber dari partikel *ultrafine* dapat dikategorikan menjadi dua yaitu sumber skunder dan premier. Sebagai sumber utamanya (skunder) adalah menghasilkan partikel secara langsung contohnya adalah proses pembakaran seperti kendaraan bermotor, pembakaran rokok, proses industri lainnya. UFP memiliki tingkat ambien rata-rata $1.4 \times 10^4 \text{ cm}^3$ dan konsentrasi masa dari partikel *ultrafine* adalah 2 mg/s (Alsyahwa.2008)

Karakteristik dari partikel *ultrafine* gambar 2.3 dituliskan alsyaehwa bahwa komposisi partikel *ultrafine*.



Gambar 2.3: Komposisi Partikel *Ultrafine* (Alsahwa.2008)

Analisis dari komposisi spektrometri massa partikel *ultrafine* yaitu 10-70%. Senyawa organik mempunyai jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan senyawa anorganik pada partikel *ultrafine* (Alsahwa, 2008)

Dampak dari partikel *ultrafine*, yaitu paparan tingkat tinggi partikel *ultrafine* tak terlihat yang dapat mencapai saluran udara terkecil di paru-paru. Partikel *ultrafine* sebagai kontributor penting untuk risiko penyakit jantung koroner pada petugas pemadam kebakaran, laporan sebuah studi dalam Journal of Occupational Medicine Agustus dan Lingkungan, resmi publikasi dari American College of Occupational Medicine dan Lingkungan (ACOEM).

Paparan partikel *ultrafine* dapat berkontribusi terhadap penyakit koroner pada petugas pemadam kebakaran-tidak hanya sebagai risiko kesehatan jangka panjang, tetapi juga sebagai penyebab kejadian koroner ketika menanggapi kebakaran (Stewart dkk., 2007)

Pengurangan untuk resiko penyakit oleh Dr Baxter sebagai penulis percaya bahwa petugas pemadam kebakaran harus didorong untuk menggunakan peralatan pelindung pernapasan seluruh fase pemadaman kebakaran. Mereka juga mendukung rekomendasi

sebelumnya untuk skrining medis untuk mengidentifikasi dan mengelola faktor risiko koroner pada petugas pemadam kebakaran. Para penulis juga menekankan bahwa penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memperjelas hubungan antara paparan partikel ultrafine dan risiko koroner (Baxter, 2012)

Dampak dari partikel *ultrafine* untuk kesehatan adalah partikel *ultrafine* salah satu potensi yang mempunyai efek kesehatan yang sangat merugikan pada polusi udara. Dari per satuan masa partikel *ultrafine* lebih kuat daripada partikel halus yang menyebabkan respon inflamasi yang mempercepat kematian dini. Selain itu partikel *ultrafine* akan masuk ke jaringan dapat mengganggu system pernafasan. Partikel *ultrafine* memiliki probabilitas lebih tinggi pada alveoli (paru-paru) (Alsahwa, 2008)

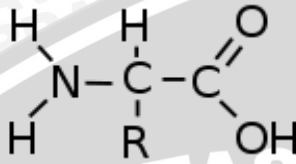
2.3 Asam Amino

Asam amino adalah senyawa organik yang memiliki gugus fungsional karboksil ($-\text{COOH}$) dan amina (biasanya $-\text{NH}_2$). Dalam biokimia seringkali pengertiannya dipersempit: keduanya terikat pada satu atom karbon (C) yang sama. Gugus karboksil memberikan sifat asam dan gugus amina memberikan sifat basa. Dalam bentuk larutan, asam amino bersifat amfoterik yang cenderung menjadi asam pada larutan basa dan menjadi basa pada larutan asam. Perilaku ini terjadi karena asam amino mampu menjadi *zwitter-ion*. Asam amino termasuk golongan senyawa yang paling banyak dipelajari karena salah satu fungsinya sangat penting dalam organisme, yaitu sebagai penyusun protein

Struktur asam amino secara umum adalah satu atom C yang mengikat empat gugus: gugus amina (NH_2), gugus karboksil (COOH), atom hidrogen (H), dan satu gugus sisa (R, dari *residue*) atau disebut juga gugus atau rantai samping yang membedakan satu asam amino dengan asam amino lainnya.

Atom C pusat tersebut dinamai atom C_α ("C-alfa") sesuai dengan penamaan senyawa bergugus karboksil, yaitu pada gambar 2.4 atom C yang berikatan langsung dengan gugus karboksil. Oleh karena gugus amina juga terikat pada atom C_α ini, senyawa tersebut merupakan asam α -amino. Asam amino biasanya diklasifikasikan berdasarkan sifat kimia rantai samping tersebut menjadi empat kelompok. Rantai samping dapat membuat asam amino bersifat asam

lemah, basa lemah, hidrofilik jika polar, dan hidrofobik jika nonpolar (Anfinsen, 1972.)



Gambar 2.4: Struktur Atom Asam Amino. (wikipedia.2013)

Asam amino dibagi menjadi 3 jenis yaitu asam amino essensial, asam amino non essensial, dan asam amino essensial bersyarat.

Asam amino esensial adalah asam amino yang tidak bisa diproduksi sendiri oleh tubuh, sehingga harus didapat dari konsumsi makanan. Asam amino non-esensial adalah asam amino yang bisa memproduksi sendiri oleh tubuh, sehingga memiliki prioritas konsumsi yang lebih rendah dibandingkan dengan asam amino esensial. Asam amino esensial bersyarat adalah kelompok asam amino non-esensial, namun pada saat tertentu, seperti setelah latihan beban yang keras, produksi dalam tubuh tidak secepat dan tidak sebanyak yang diperlukan sehingga harus didapat dari makanan maupun suplemen protein.

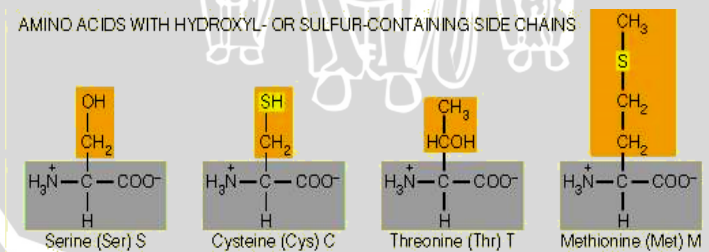
Jenis-jenis asam amino non essensial adalah:

- Leucine (BCAA) yaitu branched chain amino acids (asam amino dengan rantai bercabang). Yang bermanfaat untuk membantu pencegahan penyusutan otot dan tulang, membantu pemulihan pada kulit dan tulang.
- Isoleucine (BCAA) yaitu Branched-Chain Amino Acids (Asam amino dengan rantai bercabang). Yang berfungsi untuk membantu mencegah penyusutan otot dan membantu pembentukan sel darah merah.
- Valine(BCAA) yaitu Branched Chain Amino Acid. Asam Amino dengan rantai bercabang. Asam amino ini tidak diproses di organ hati dan lebih langsung diserap oleh otot dan membantu dalam mengirimkan asam amino lain (Tryptophan, phenylalanine, tyrosine) ke otak.

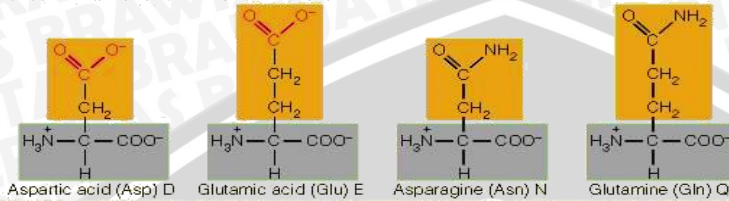
- d. Lysine jika pada tubuh kekurangan asam amino ini akan mempengaruhi pembuatan protein pada otot dan jaringan penghubung lainnya. Fungsinya pada tubuh untuk membentuk L-carnitine dengan vitamin carnitine bersama dengan vitamin C, membantu dalam pembentukan kolagen maupun jaringan penghubung tubuh lainnya. (Perendian dan Cartilage).
- e. Typtophan adalah asam amino pemacu Serotonin atau hormon yang memiliki efek relaksasi yang bermanfaat untuk merangsang pelepasan hormon yang memiliki efek relaksasi dan merangsang pelepasan hormon pertumbuhan (Anfinsen, 1972).

Jenis-jenis asam amino non essensial pada gambar 2.5 adalah:

- a. Aspartic Acid yang berfungsi untuk membantu mengubah karbohidrat menjadi energi dan membangun daya tahan tubuh melalui antibodi.
- b. Glycine berfungsi untuk membantu tubuh membentuk asam amino yang lain dan merupakan bagian dari sel darah merah dan cytochrome (enzim yang terlibat dalam produksi energi), memproduksi glucagon yang mengaktifkan glikogen.
- c. Alanine berfungsi untuk membantu tubuh mengembangkan daya tahan dan merupakan salah satu kunci dari siklus glukosa alanine yang memungkinkan otot dan jaringan lain untuk mendapatkan energi dari asam amino.
- d. Serine berfungsi untuk memproduksi energi pada tingkat sel dan membentuk fungsi otak (daya ingat) dan syaraf (Anfinsen, 1972)



ACIDIC AMINO ACIDS AND THEIR AMIDES



Gambar 2.5 : Asam amino non essensial (Wikipedia.2012).

2. 4 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 :

Emisi langsung yaitu emisi yang keluar langsung dari aktifitas atau sumber dalam ruang batas yang ditetapkan. Misalnya emisi CO₂ dari asap kendaraan bermotor.

Emisi tidak langsung merupakan hasil aktifitas di dalam ruang batas yang ditetapkan. Misalnya konsumsi listrik dalam rumah tangga. (Haurissa, dkk., 2010)

Faktor emisi merupakan nilai suatu parameter dari sebuah pencemaran yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran. 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 berbasis massa, dengan kata lain satuan dari faktor emisi tergantung pada basis pengukurannya. Dalam hal ini, satuan akan berupa gram/megaJoule, misal faktor emisi untuk energi yang dihasilkan dari sebuah pembangkit daya (Alias dan Hamzah, 2007). Pengukuran faktor emisi dari suatu kendaraan bermotor akan menghasilkan satuan gram/Km (Mitra dan MorawskaChemosphere, 2002).

Faktor emisi yang dihasilkan oleh asap rokok antara lain adalah *Particulate Matter* atau *PM (ultrafine particles UFP, < 100*

nm), *carcinogenic polyaromatic hidrocarbon (PAH)*, karbon monoksida (CO), senyawa serupa Dioksin, senyawa *N-base*, senyawa *S-base*, *volatile organic compounds (VOC)*, dan radikal bebas.

PAH merupakan senyawa organik dengan dua atau lebih cincin aromatik terdifusi. PAH berasal dari berbagai sumber alam dan antropogenik. Senyawa tersebut dihasilkan selama pembakaran tidak sempurna dari zat organik seperti batu bara, minyak dan gas. Perhatian terhadap kesehatan dari PAH difokuskan pada potensi keracunannya, mutagennya dan karsinogennya pada manusia. PAH merupakan senyawa genotoksik dan sifat karsinogennya diperantarai oleh kemampuannya untuk merusak DNA (Lodovici.2007).

VOC merupakan senyawa kimia organik yang memiliki tekanan uap tinggi pada suhu kamar dan mudah menguap akibat titik didih yang rendah. Akibat penguapan tersebut, pada akhirnya senyawa ini akan tercampur dengan zat-zat yang terdapat pada lingkungan. Salah satu contoh dari VOC adalah Formaldehide. Formaldehide merupakan senyawa kimia organik yang memiliki rumus kimia CH_2O . Menurut program the US National Toxicity Program, Formaldehide merupakan salah satu senyawa yang bersifat karsinogen (National Toxicology Program, 2011).

Radikal bebas merupakan senyawa yang tidak stabil akibat kekurangan elektron atau kelebihan elektron. Senyawa O_2 merupakan senyawa stabil. Senyawa O_2^- merupakan radikal bebas. Senyawa stabil dapat berubah menjadi radikal bebas disebabkan proses pembakaran. Pembakaran pada rokok merupakan salah satu peristiwa yang menyebabkan munculnya radikal bebas tersebut. Pada penelitian ini, akan diamati bagaimana hubungan antara kecepatan hisap dengan emisi radikal bebas yang dihasilkannya.

Karsinogen didefinisikan sebagai agen yang menyebabkan perubahan genetik, yang pada akhirnya akan mengarah pada pembentukan kanker. Asap tembakau telah lama diakui sebagai karsinogen kimia. Beberapa senyawa kimia yang menyebabkan kanker antara lain nitrosami tembakau tertentu, N-Nitrosomorpholin, n-Nitrosornicotin (NNN), 4-(Methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (NNK), N-Nitrosoanatabine (NA) dan n-Nitrosoanabasine (NAB), yang berasal dari penyusun alami tanaman tembakau (Borgerding, 2005).

Metode yang digunakan untuk mengukur faktor emisi pada penelitian ini adalah metode Chamber (Morawska.2007). Prinsip dasar metode *chamber* adalah penggunaan suatu ruangan khusus berupa *chamber* kubus (atau sebuah dapur buatan) dimana udara di dalamnya tercampur (atau diasumsikan tercampur) dengan baik, konsentrasi mula-mula dari polutan yang diukur adalah nol (atau diasumsikan nol), sirkulasi udara antara *chamber* dan di luar *chamber* adalah konstan (Mitra dan MorawskaChemosphere, 2002). Pada kondisi ini, konsentrasi polutan $C(t)$ di dalam *chamber* merupakan fungsi dari waktu pembakaran, t , sehingga konsentrasi polutan total di dalam *chamber* dapat diperoleh dari plot data antara $C(t)$ dengan t . Penentuan faktor emisi kemudian dapat diturunkan dari nilai konsentrasi total polutan dan debit udara yang masuk ke *chamber*.



BAB III

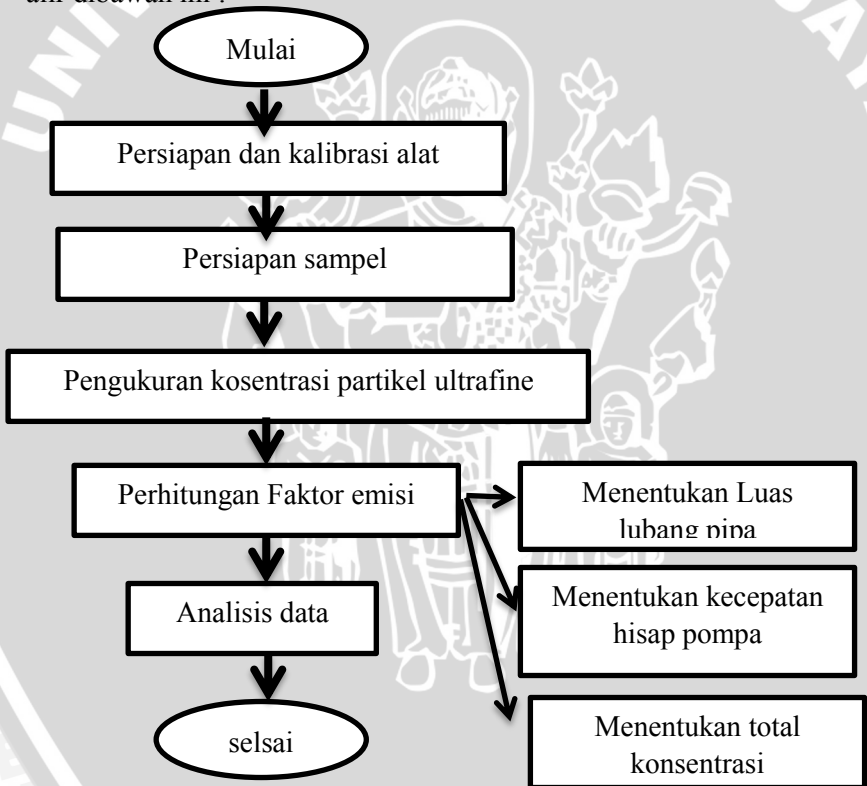
METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober – November 2012 dan dilaksanakan di laboratorium Instrumentasi dan pengukuran jurusan fisika, Fakultas MIPA di Universitas Brawijaya Malang Jawa Timur.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 diagram alir dibawah ini :



Gambar 3.1: Tahapan penelitian

3.2.1 Penyiapan Peralatan

Peralatan yang akan digunakan disiapkan terlebih dahulu dan dilakukan pengkalibrasian pada setiap peralatan antara lain, yaitu:

a. Mesin Penghisap

Satu batang rokok akan dihisap dengan sebuah alat penghisap, alat yang dimaksud adalah mesin penghisap rokok. Pompa hisap rokok merupakan alat yang didesain untuk digunakan dalam menghisap rokok dengan menggunakan gelembung udara pada aquarium.

Kecepatan hisap diatur dengan memanipulasi besar tegangan yang masuk ke kumparan magnet listrik yang menggerakkan piston pompa.

Kecepatan hisap ditentukan dari pembakaran rokok digunakan alat yang dinamakan mesin penghisap (*smoking machine*) yang terbuat dari pompa aquarium yang dirancang sedemikian rupa sehingga kecepatan hisapnya dapat diatur. Pada penelitian ini kecepatan mesin ditentukan dengan kecepatan sedang yaitu dengan merujuk dari penelitian saudara sodik bahwa diketahui bahwa kecepatan hisap sedang orang merokok yaitu sekitar $9.8 \text{ m/s} \pm 0.15 \text{ m/s}$ (Setiyo, 2011)

Kalibrasi kecepatan hisap dilakukan dengan bantuan konsep Kontinuitas fluida ideal. Hal ini diperlukan karena ukuran pipa hisap yang disesuaikan dengan diameter batang rokok cukup kecil sehingga *probe* standar anemometer yang digunakan tidak sesuai. Karena itu pipa hisap kemudian disambung dengan pipa berdiameter lebih besar sehingga *probe* anemometer bisa masuk seluruhnya. Dengan cara ini seperti pada gambar 3.2 diharapkan pengaruh sirkulasi udara ruangan terhadap sensor kecepatan dari anemometer akan dapat diminimalkan.



Gambar 3.2: prinsip konsep kontinuitas

Konsep Kontinuitas didasarkan pada kenyataan bahwa massa fluida yang bergerak tidak berubah ketika mengalir. Pada Gambar 3.2 merupakan volume fluida yang mengalir pada bagian pertama, V_1 , yang melewati luasan A_1 dengan laju v_1 selama rentang waktu Δt adalah $A_1 v_1 \Delta t$.

Dengan mengetahui hubungan volume dan massa jenis pada persamaan 3.2a, maka laju aliran massa yang melalui luasan A_1 adalah:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{\rho_1 A_1 v_1 \Delta t}{\Delta t} = \rho_1 A_1 v_1 \dots \dots \dots (3.2a)$$

Keadaan yang sama terjadi pada bagian kedua pada persamaan 3.2b laju aliran massa yang melewati A_2 selama rentang waktu Δt adalah:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho_2 A_2 v_2 \dots \dots \dots (3.2b)$$

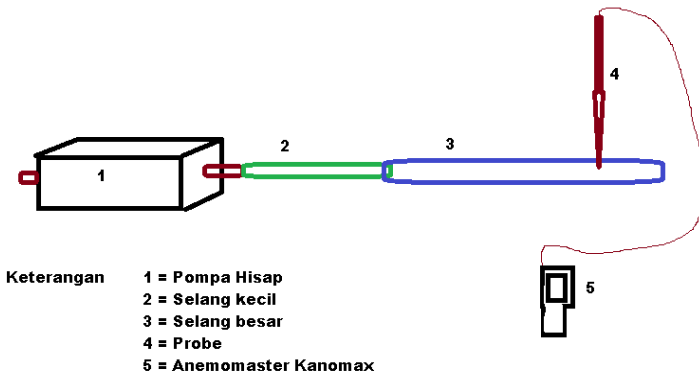
Volume fluida yang mengalir selama rentang waktu Δt pada luasan A_1 akan memiliki jumlah yang sama dengan volume yang mengalir pada A_2 . Dengan demikian persamaan 3.2c adalah:

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \dots \dots \dots (3.2c)$$

Untuk $\rho_1 = \rho_2$, maka persamaan 3.2d dapat ditampilkan sebagai berikut:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \dots \dots \dots (3.2d)$$

Kecepatan hisap ditentukan 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 dapat dilihat pada gambar 3.3. Kemudian selang besar tersebut dilubangi bagian atasnya untuk memasukan probe dari *anemomaster kanomax*.



Gambar 3.3 Pengukuran kecepatan hisap pada *smoking machine*

Pompa dihidupkan dan diatur kecepatan seperti orang merokok dengan merujuk pada penelitian sebelumnya yaitu 1.5 m/s. Probe tersebut dimasukan kedalam lubang bagian atas selang besar akan diketahui nilai kecepatan hisap dari pompa tersebut. Karena selang yang dibuat untuk meletakan rokok ketika dibakar disambung dengan selang yang lebih besar, maka untuk menghitung kecepatan alir di selang kecil dihitung dengan menggunakan konsep persamaan kontinuitas. Perhitungan nilai dari kecepatan pada selang kecil menggunakan perumusan 3.2e adalah sebagai berikut:

$$v_1 = \frac{A_2 \cdot v_2}{A_1} \dots \dots \dots (3.2e)$$

Keterangan :

v_1 = kecepatan aliran udara pada selang kecil

v_2 = kecepatan aliran udara selang besar

A_1 = luas penampang selang kecil

A_2 = luas penampang selang besar

Perumusan fungsi kontinuitas pada persamaan 3.2e didapatkan kecepatan hisap dari pompa kecil yaitu dengan perhitungan dengan menentukan jari-jari dari pompa besar dan pompa kecil dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan didapatkan jari-jari pompa kecil (r kecil) adalah 0.38 m dan jari-jari dari pompa besar (r besar) adalah 0.58 m sehingga luas alas yang didapatkan untuk luas alas pompa kecil (A_1) adalah 0.44 m² dan luas alas pompa

besar (A_2) 1.34 m^2 . Untuk memperoleh v_2 sebesar 0.15 m/s dengan memanfaatkan fungsi kontinuitas v_1 harus didapatkan sebesar :

$$\begin{aligned} v_1 &= \frac{A_2}{A_1} \cdot v_2 \\ &= \frac{1.34 \text{ m}^2}{0.44 \text{ m}^2} \cdot 0.15 \text{ m/s} \\ &= 0.49 \text{ m/s} \\ &= 0.5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

b. Environmental chamber

Environmental chamber adalah sebuah kubus akrilik yang berdimensi $0.75 \times 0.75 \times 0.75 \text{ m}$ tanpa ventilasi, satu kipas listrik kecil ditempatkan disalah satu sudut camber untuk memastikan asap dapat tercampur dengan udara secara homogen atau merata. Asap rokok dari pompa penghisap dimasukkan dalam chamber melalui satu saluran yang terisolasi dengan baik untuk mencegah kebocoran yang tidak diinginkan.

Sisi yang berlawanan dengan saluran masuk memiliki tiga buah saluran yang digunakan untuk menempatkan *probe* dari instrument pengukuran yang dipakai. Saluran yang tidak terpakai dibuat tertutup atau apabila dibutuhkan bias dibiarkan terbuka sebagai saluran pembuangan.

c. Ultrafine particle counter

P-TRAK *ultrafine particle counter* model 8525 merupakan suatu alat yang mampu mendeteksi jumlah partikel diudara dalam skala nanometer dengan menggunakan prinsip kondensasi.

Partikel dihisap kedalam UPF menggunakan pompa *builtin*. Saat memasuki instrument , partikel melewati sebuah tabung saturasi dan bercampur dengan uap alcohol dan kemudian dikondensasikan oleh karena itu butiran partikel menjadi lebih besar. Butiran partikel ini akan menjadi seberkas sinar laser dan menimbulkan kilasan cahaya yang akhirnya terdeteksi oleh *photo detector*

Kondensasi partikel dalam hal ini adalah ditentukan dengan menggunakan cara menghitung kilasan cahaya yang diterima oleh *photo detector*. Kemampuan mendeteksi partikel tunggal dari instrument lain yang sejenis. Sementara itu instrument lainnya hanya mampu menghitung kosentrasi ultrafine partikel (partikel

berdiameter 1 μm) dalam satuan pp/cm^3 , P-TRAK mampu menghitung konsentrasi partikel ultrafine $/\text{cm}^3$.

d. *Anemomaster A031 kanomax*

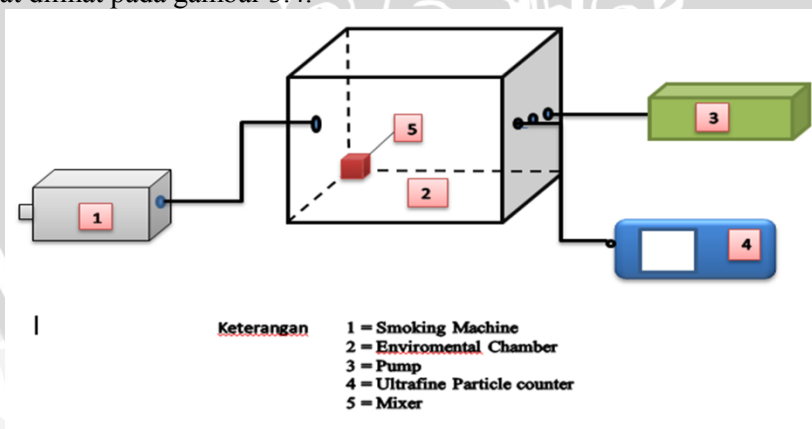
Anemomaster kanomax A031 adalah sebuah alat yang digunakan untuk menghitung kecepatan hisap dari machine smoking dan dapat juga untuk mengkalibrasikan meshine smoking tersebut.

3.2.2 Penyiapan Sample

Dalam mempersiapkan sample yang dilakukan adalah dua jenis rokok masing-masing ditambahkan zat aditif RDE dan RDB dengan penambahan konsentrasi yaitu 0.2 ml, 0.4 ml, 0.6 ml, 0.8 ml, dan 1 ml. Penambahan zat aditif dalam rokok dengan cara zat aditif yang ditambahkan dengan konsentrasi yang ditentukan disuntikan pada filter rokok.

3.2.3 Pengukuran KosentrasParikel *ultrafine*

Pengukuran partikel *ultrafine* dapat dilakukan setelah semua persiapan alat dan sample selesai. Rokok yang akan dibakar yang sebelumnya sudah ditambahkan zat aditif asam amino RDB dan RDE dengan konsentrasi yang bervariasi. Dalam pelaksanaannya, satu batang rokok dibakar dan dihisap dengan *smoking machine* dengan kecepatan yang dihitung dengan menggunakan *kanomax*. Rangkaian peralatan untuk pengukuran konsentrasi partikel ultrafine dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4: Pengukuran konsentrasi partikel *ultrafine*

Kecepatan pada *smoking machine* ditentukan, rokok yang sudah ditambahkan zat aditif dibakar pada mesin penghisap dan asap dari pembakaran rokok akan disalurkan kedalam cember pengukuran. Kosentrasi partikel *ultrafine* kemudian diukur dengan TSI P-TRAK *ultrafine particle counter* type 8525. Pengukuran dimulai beberapa detik sebelum rokok dinyalakan dan selama pengambilan data, kosentrasi partikel *ultrafine* dicatat setiap 10 detik sampai jumlah partikel yang terukur mendekati nilai awal saat rokok belum dinyalakan atau pada saat keadaan cember steril. Pengukuran dilakukan pada rokok dengan penambahan asam amino RDB dan RDE dengan kosentrasi 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 dan 1 ml dalam 2 merek rokok yang berbeda dan pengukuran pada 2 merek rokok tanpa penambahan zat aditif atau disebut dengan rokok *control*. Pengukuran dilakukan sekali untuk satu batang rokok dan pada penambahan zat aditif RDB dan RDE kosentrasi 1 ml dilakukan 3 pengulangan.

3.2.4 Perhitungan Faktor Emisi

pengukuran emisi dapat diperoleh dari partikel *ultrafine* digunakan perumusan:

$$E_i = (\pi r^2) \cdot v \int_0^t C(t) dt \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana:

- E_i = Faktor Emisi (partikel/batang)
- A = Luas lubang pipa (7.22 cm^2)
- v = Kecepatan hisap ($1,51 \text{ m/s}$)
- $C(t)$ = Konsentrasi partikel (partikel/cm^3)

Faktor emisi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan dari persamaan 3.3 di atas dapat diketahui bahwa untuk menentukan faktor emisi partikel *ultrafine*, terlebih dahulu harus mengetahui konsentrasi partikel *ultrafine* dan dilakukan pehitunangan total kosentrasi partikel *ultrafine* yang dihasilkan pada setiap batang rokoknya. Kemudian dilakukan juga pengukuran untuk mengetahui kecepatan pompa dan luas penampang selang yang ada pada pompa tersebut.

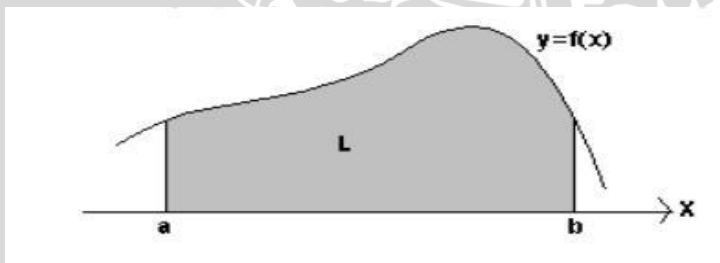
Total konsentrasi partikel *ultrafine* yang dihasilkan oleh sebatang rokok yang sudah ditambahkan zat aditif dengan variasi yang ditentukan dibakar dihitung berdasarkan luas area grafik yang dihasilkan dari data konsentrasi partikel *ultrafine*. Grafik hubungan waktu (m/s) dengan konsentrasi partikel *ultrafine* (pp/cm³) selanjutnya dipergunakan untuk menentukan nilai faktor emisi yang dihasilkan oleh pembakaran rokok.

Perhitungan luas area grafik dapat dilakukan dengan metode integrasi numerik (kuadratur numerik). Metode ini digunakan untuk mengintegalkan fungsi-fungsi analitis data. Integrasi biasanya digunakan untuk menyatakan solusi persamaan diferensial atau evaluasi integral tak tentu. Istilah kuadratur digunakan dalam proses penentuan luas atau isi. Sedangkan istilah integral adalah representasi luas atau isi dari fungsi-fungsi analitis dan tabel data (Aminuddin, 2008).

Suatu integral tertentu secara geometri dan matematik dapat diwakili oleh Gambar 4.7 dan persamaan (4.5).

$$L = \int_a^b f(x) dx \dots\dots\dots (4.5)$$

Persamaan (4.5) adalah nilai total atau luasan area yang dibatasi oleh fungsi $f(x)$ dan sumbu x serta kontinu pada titik (a,b) (Aminuddin, 2008).



Gambar 3.3 : Integral suatu fungsi

Untuk menentukan total konsentrsi pada penelitian ini menggunakan software *Origin 8.1* untuk mengetahui luasan dari grafik antara konsentrasi partikel *ultrafine* terhadap waktu pembakaran. Setelah didapatkan plot dari grafik maka mencari luasan dari konsentrasi partikel *ultrafine* terhadap lama waktu pembakaran dengan analisa integral. Luasan yang diperoleh merupakan konsentrasi total partikel

ultrafine dalam satuan (partikel.s/cm^3) yang nilainya dapat langsung diketahui.

3.4 Analisis data

Analisis data dilakukan dengan melihat bentuk grafik antara faktor emisi ($\text{partikel/batang rokok}$) pada sumbu y dan penambahan zat aditif RDB dan RDE (ml) pada sumbu x . Sehingga dari hubungan tersebut didapatkan prosentase kenaikan faktor emisi pada pembakaran rokok dengan zat aditif terhadap faktor emisi pada rokok control dengan menghitung selisih antara rokok dengan penambahan zat aditif dengan rokok control dibagi dengan rokok dengan penambahan zat aditif dikalikan 100 persen.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB IV

Hasil Dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengukuran

Setelah dilakukan pengukuran dan analisis data penulis dapat membahas dari hasil pengukuran diantaranya sebagai berikut:

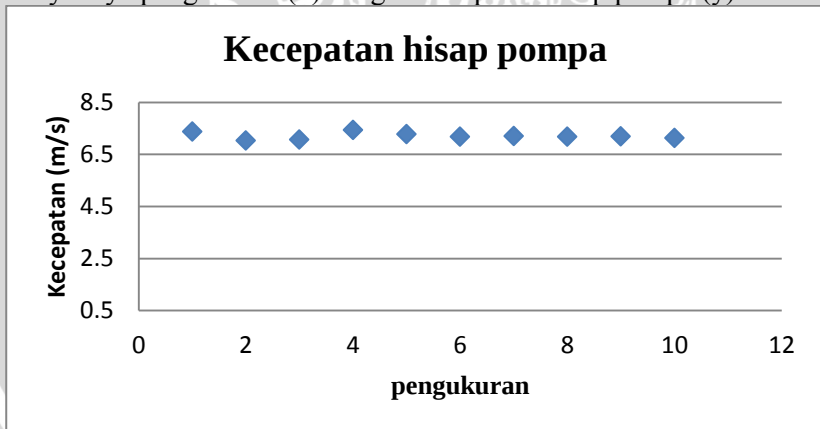
4.1.1 Pengukuran Faktor emisi partikel *ultrafine* (E_i)

Sumber utama dari UFP adalah pembakaran pada rokok. Dari penelitian ini telah dilakukan perhitungan faktor emisi UFP yang dihasilkan oleh rokok menggunakan persamaan 3.3 dimana faktor emisi ditentukan oleh hasil kali dari kecepatan hisap, luas area grafik dan luas ujung batang rokok yang dibakar yang sebelumnya sudah dilakukan perhitungan.

4.1.1.1 Kecepatan hisap pompa (v)

Kecepatan hisap pompa dilakukan untuk mengetahui distribusi asap yang keluar pada chamber. Hasil kecepatan hisap pompa digunakan untuk perhitungan faktor emisi partikel *ultrafine* pada pembakaran rokok dengan penambahan zat aditif dengan beberapa variasi penambahan yang sudah ditentukan.

Hasil dari kecepatan hisap pompa dapat dilihat pada gambar 4.1 dimana hasil diplotkan dalam bentuk grafik dengan hubungan banyaknya pengukuran (x) dengan kecepatan hisap pompa (y).



Gambar 4.1: Grafik Kecepatan hisap pompa

Dari grafik kecepatan hisap dapat diketahui trend dari kecepatan hisap diperoleh rata-rata sebesar 7.22 m/s dengan sepuluh kali pengukuran kecepatan hisap pada pompa. Dari sepuluh

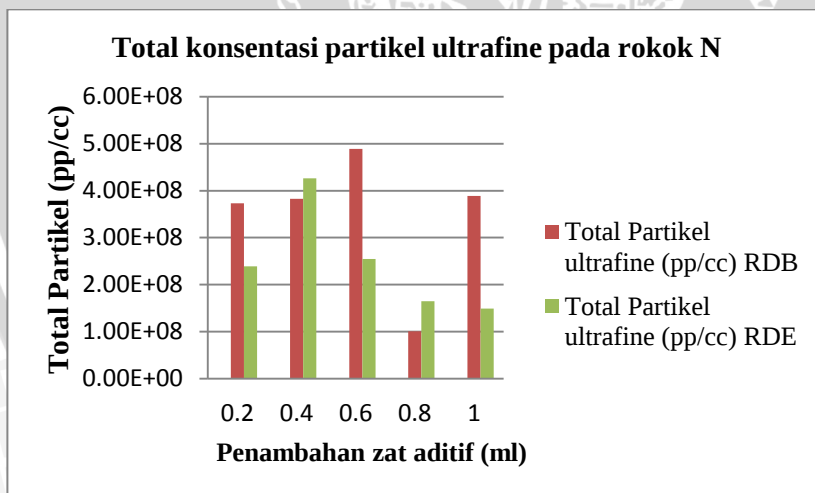
pengukuran kecepatan hisap diperoleh selisih yang tidak terlalu jauh.

4.1.1.2 Total konsentrasi Partikel *ultrafine* (C)

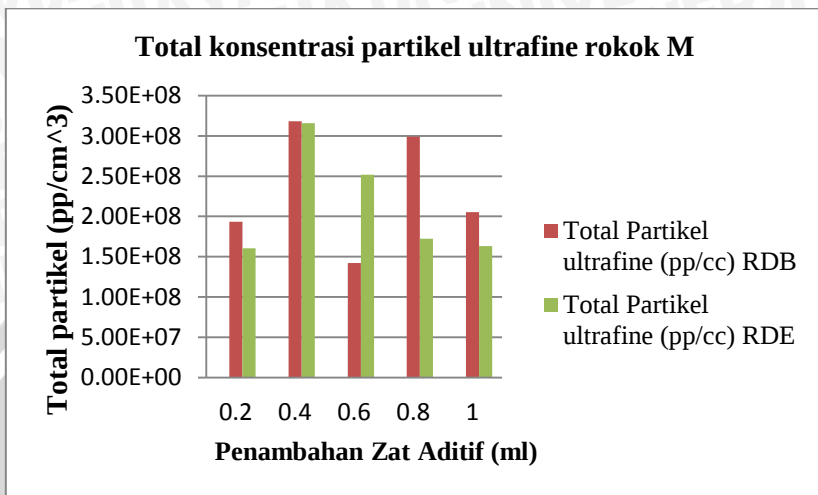
Hasil integral suatu konsentrasi terhadap selang waktu tertentu merupakan suatu total konsentrasi selama selang waktu tersebut. Dapat dikatakan juga sebagai luasan area kurva yang terbentuk selama selang waktu tertentu, dimana dalam penelitian ini selama 15 menit. Perhitungan integral konsentrasi terhadap waktu dalam penelitian ini menggunakan bantuan suatu software yang bernama origin.

Data konsentrasi partikel *ultrafine* selama pembakaran rokok tersebut dimasukkan ke dalam origin, selanjutnya dibuat dalam bentuk grafik hubungan waktu (x) dengan konsentrasi partikel *ultrafine* yang nantinya dapat dihitung berapa integral konsentrasi tersebut terhadap waktu. Sehingga hasil yang keluar nanti dalam satuan partikel sekon per cm^3 (pt.s/ cm^3).

Hasil perhitungan total konsentrasi masing-masing sampel pembakaran rokok dengan penambahan zat aditif dapat dilihat pada gambar 4.2 dan 4.3



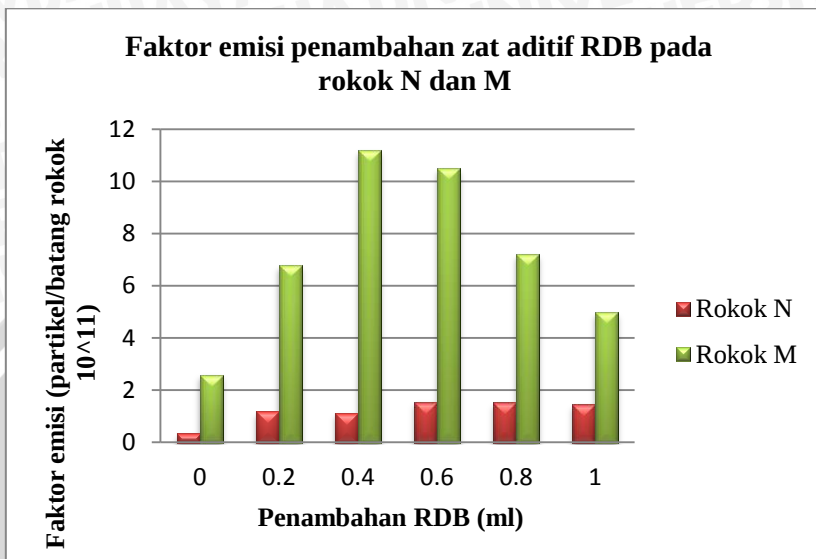
Gambar 4.2: Grafik total konsentrasi total partikel *ultrafine* rokok N



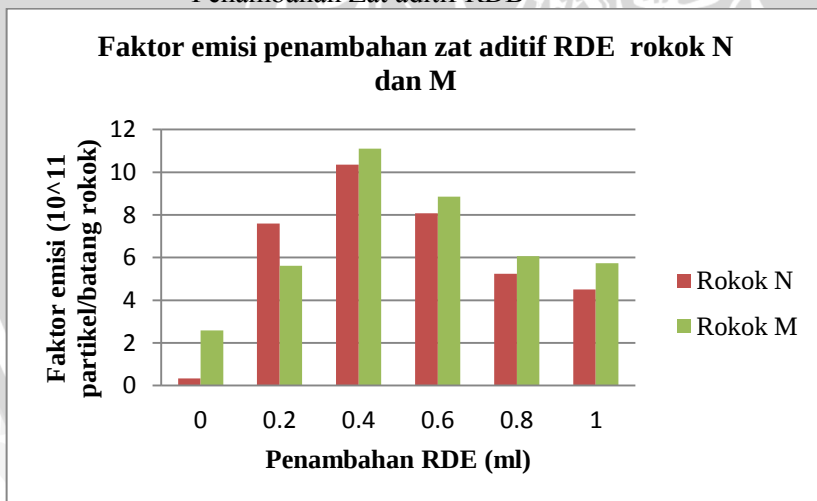
Gambar 4.3 : Grafik total konsentrasi partikel ultrafine rokok M

4.1.1.3 Faktor emisi (E_i)

Hasil pengukuran Faktor emisi diplotkan dalam bentuk grafik dimana sumbu x adalah Penambahan zat aditif (ml) dan sumbu y adalah faktor emisi dari satu batang rokok (partikel/batang rokok). agar mudah untuk menganalisa pengaruh dari penambahan zat aditif RDB dan RDE dengan penambahan yang ditentukan. Gambar 4.4 sampai 4.5 adalah hasil dari perhitungan faktor emisi pada rokok N dan M dengan penambahan zat aditif RDB dan RDE dengan variasi penambahan yang telah ditentukan sebelumnya.



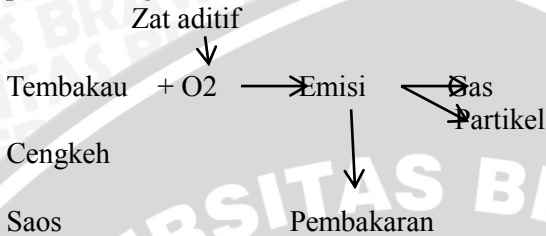
Gambar 4.4: Pengukuran Faktor Emisi Rokok N dan M dengan Penambahan Zat aditif RDB



Gambar 4.5: Pengukuran Emisi Rokok N dan M dengan penambahan zat aditif RDE

4.2 Pembahasan

Suatu pembakaran rokok pada penelitian ini mempunyai proses sebagai berikut



Bahan rokok seperti tembakau cengkeh,saous dan oksigen dengan penambahan zat aditif yang mengalami proses pembakaran akan menghasilkan suatu emisi. Emisi yang dihasilkan dari pembakaran berupa gas dan partikel salah satunya dalam bentuk partikel *ultrafine*. Emisi partikel *ultrafine* tersebut tergantung dari berapa banyak penambahan zat aditif yang ditambahkan pada rokok. Penambahan zat aditif dapat mengakibatkan nilai emisi lebih besar dapat dilihat pada gambar 4.3 dan 4.5.

Dari beberapa grafik diatas (Grambar 4.3 sampai dengan gambar 4.4) yaitu nilai hasil perhitungan faktor emisi dari pembakaran rokok N dan M dengan penamhahan zat aditif RDE dan RDB dengan beberapa variasi penambahan. Dapat diketahui bahwa ketika pembakaran rokok ditambahkan dengan zat aditif RDE dan RDB nilai dari faktor emisi partikel *ultrafine* lebih tinggi dibandingkan dengan nilai faktor emisi partikel *ultrafine* pada rokok control (rokok tanpa penambahan zat aditif).

Nilai pengukuran faktor emisi partikel *ultrafine* dari zat aditif RDB dan RDE memperlihatkan perbedaan pada penambahan konsentrasi yang ditentukan. Pada rokok N dengan penambahan zat aditif RDB nilai faktor emisi yang paling meningkat adalah pada penambahan RDB 0.6 ml yaitu 1.72×10^{11} partikel/batang, penambahan RDE nilai faktor emisi partikel *ultrafine* yang paling tinggi adalah pada 0.4 ml yaitu 15×10^{11} pp/batang rokok.

Sedangkan pada rokok M nilai faktor emisi partikel *ultrafine* dengan penambahan RDB yang paling tinggi terdapat pada penambahan RDB 0.4 ml 11.19×10^{11} partikel/batang rokok.

dan pada penambahan RDE pada rokok M nilai faktor emisi partikel *ultrafine* yang tertinggi adalah penambahan RDE pada 0.4 ml yaitu 11.1×10^{11} pp/batang rokok.

Nilai faktor emisi partikel *ultrafine* tertinggi berarti pada penambahan zat aditif RDB dan RDE dengan beberapa variasi penambahan pada satu batang rokok partikel *ultrafine* pada keadaan optimal.

Keadaan optimal yaitu dimana faktor emisi yang paling tinggi dan pada penambahan konsentrasi tersebut partikel *ultrafine* mengalami gaya elektrostatis yang paling tertinggi sehingga partikel *ultrafine* terikat menjadi lebih rapat.

Perbedaan nilai faktor emisi partikel *ultrafine* dikarenakan penambahan zat aditif RDE dan RDB mengubah karakteristik partikel yang terdapat pada pembakaran rokok sehingga perubahan dari partikel ini terdapat gaya elektrostatis yang besar sehingga partikel *ultrafine* yang dihasilkan pada pengukuran ini terikat menjadi lebih Rapat.

Hasil diskusi dengan Prof.Dr. Sutiman B. sumitro adalah peningkatan jumlah partikel *ultrafine* ini dipengaruhi oleh zat aditif sebagai pengubah karakter dari partikel *ultrafine*. Partikel *ultrafine* diibaratkan seperti bulatan atom yang didalamnya terdapat partikel *ultrafine* sebelum ditambahkan dengan zat aditif atom tersebut tersusun dengan ukuran yang besar dan tidak rapat setelah penambahan zat aditif mengakibatkan bulatan itu memecah partikel menjadi partikel dengan ukuran lain dan menjadi lebih rapat mengakibatkan jumlah konsentrasi partikel lebih tinggi.

Faktor emisi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain yaitu kecepatan hisap pada rokok, jenis rokok yang digunakan, dan zat aditif yang ditambahkan pada rokok.

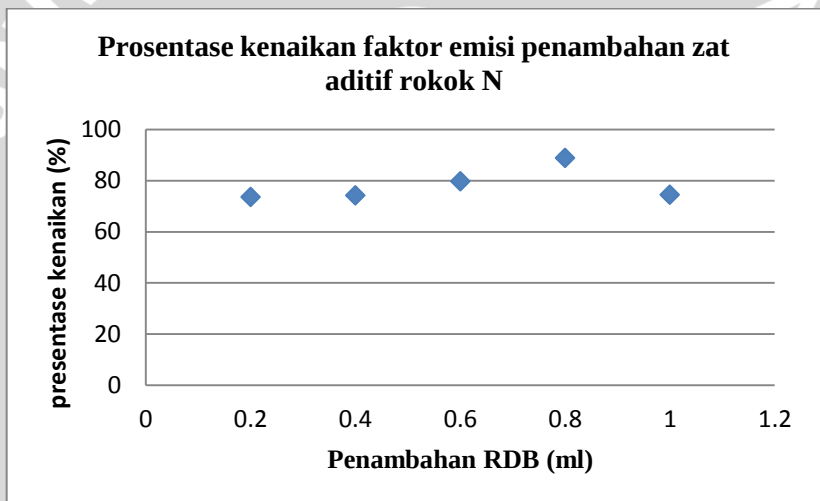
Nilai emisi UFP tersebut untuk setiap pmbakaran rokok dengan penambahan zat aditif RDB dan RDE dihasilkan dengan besar yang berbeda. Hal ini disebabkan karena pada setiap sampel pembakaran rokok mempunyai karakteristik sistem pembakaran yang tidak sama.

Komposisi tambahan pada rokok N dan M adalah zat aditif asam amino RDE dan RDB yaitu dengan komposisi B adalah 1 gram Phenylalanine dan (0.4 gram Triptophan+ 2gram manitol)/l. Kedua larutan dilapiskan diperlukan filter secara beraturan yaitu DE dan

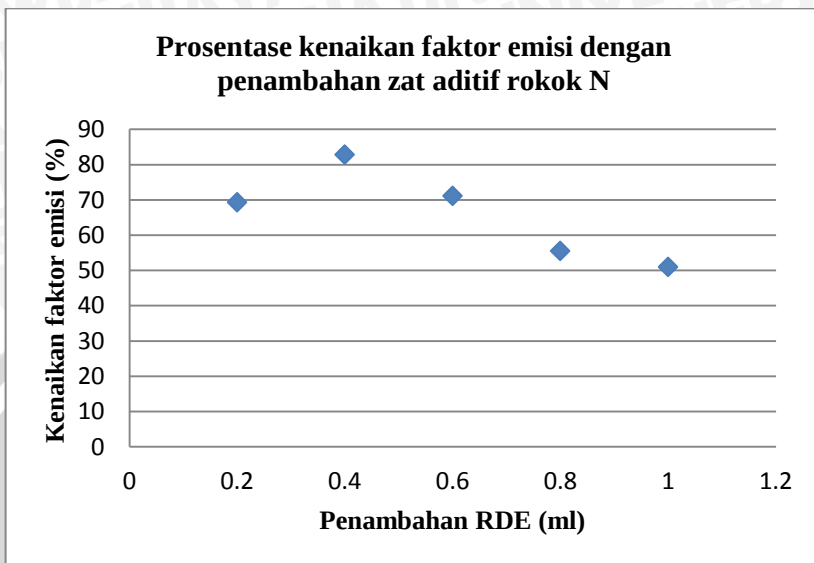
DEF yaitu D adalah 1 gram acetosal/l + phenylalanine 1gram/liter. E adalah (1 gram Methionine +2 gram manitol/liter), F adalah 1 gram EDTA/ l.

Perhitungan emisi dari rokok N dan M dengan penambahan zat aditif RDB dan RDE pada konsentrasi yang ditentukan yaitu 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 dan 1 ml. Dapat dicari prosentase kenaikan faktor emisi partikel *ultrafine* terhadap rokok tanpa zat aditif.

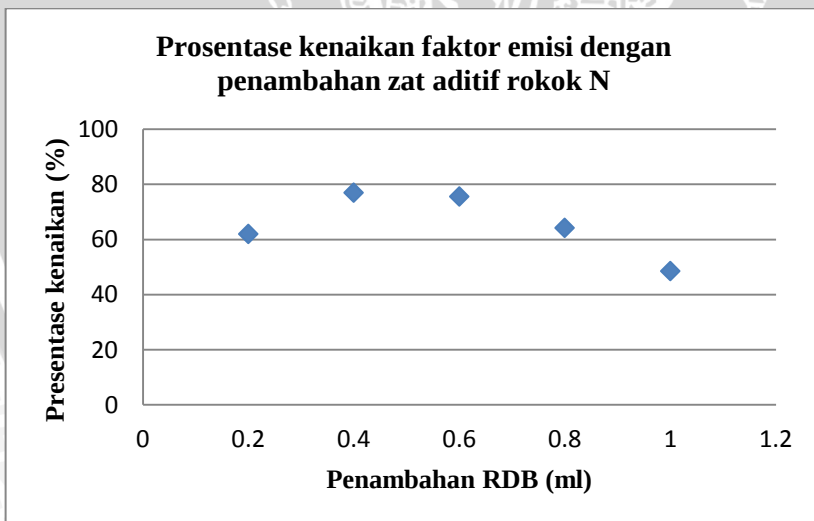
Perhitungan prosentase kenaikan dapat di peroleh dari selisih dari emisi dari Rokok dengan penambahan zat aditif dengan faktor emisi dari rokok control (tanpa zat aditif) dibagi dengan emisi rokok dengan penambahn zat aditif dikalikan 100%.Hasil dari perhitungan akan diplotkan kedalam grafik pada gambar 4.6 sampai dengan 4.7



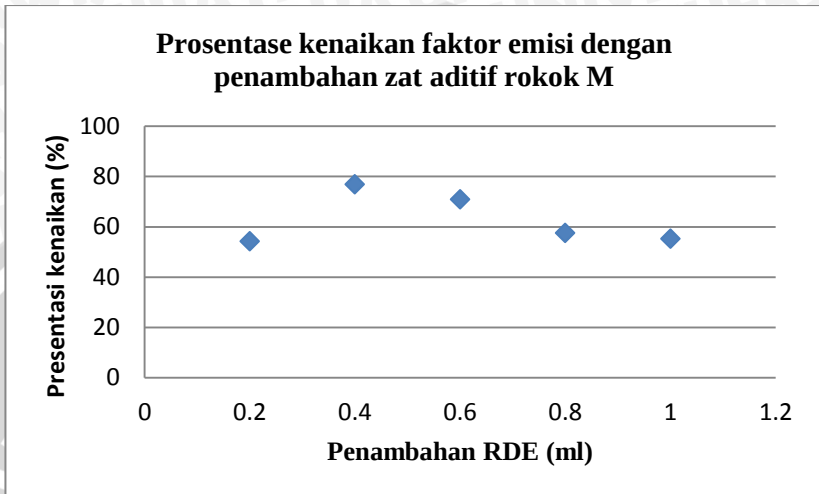
Gambar 4.6: Grafik prosentase kenaikan faktor emisi partikel *ultrafine* rokok N penambahan RDB terhadap rokok kontrol



Gambar 4.7: Grafik prosentase kenaikan faktor emisi partikel *ultrafine* rokok N penambahan RDE



Gambar 4.8: Grafik prosentase kenaikan faktor emisi partikel *ultrafine* rokok M penambahan RDB



Gambar 4.9: Grafik prosentase kenaikan faktor emisi partikel *ultrafine* rokok M penambahan RDE

Berdasarkan beberapa grafik diatas (Gambar 4.6 sampai dengan gambar 4.9) dapat diketahui prosentase kenaikan faktor emisi partikel *ultrafine* rokok dengan penambahan zat aditif RDE dan RDB terhadap rokok control. Semua rokok N dan M yang ditambahkan zat aditif RDB dan RDE mengalami kenaikan faktor emisi partikel *ultrafine*. Hal ini dapat diketahui bahwa pada gambar 4.6 prosentase kenaikan tertinggi mencapai 88.86 % pada penambahan zat aditif 0.6 ml, gambar 4.7 prosentase kenaikan tertinggi mencapai 82.6 % penambahan zat aditif 0.4 ml, gambar 4.8 prosentase kenaikan tertinggi mencapai 77 % pada penambahan zat aditif 0.4 ml, gambar 4.9 prosentase kenaikan tertinggi mencapai 76.75% pada penambahan zat aditif 0.4 ml.

Semua kenaikan pada gambar 4.6 sampai 4.9 menunjukan faktor emisi partikel *ultrafine* pada rokok dengan penambahan zat aditif lebih tinggi dari pada nilai faktor emisi pada rokok kontrol. Hal ini membuktikan bahwa zat aditif mempengaruhi kenaikan faktor emisi pada partikel *ultrafine* atau Penambahan zat aditif menambah jumlah partikel *ultrafine* yang dihasilkan dari hasil pembakaran rokok.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian ini tentang pengaruh penambahan zat aditif pada rokok terhadap emisi partikel *ultrafine* adalah :

- Penambahan zat aditif menambah jumlah partikel *ultrafine* yang dihasilkan dari hasil pembakaran rokok atau disebut dengan faktor emisi.
- Penambahan jumlah partikel *ultrafine* pada asap rokok mempunyai nilai maksimum didapatkan pada saat menambahkan zat aditif RDB dan RDE 0.4 dan 0.6 ml pada filter rokok .
- Kenaikan jumlah partikel *ultrafine* maksimal mencapai 88.86% pada penambahan zat aditif RDE 0.4 ml pada rokok N

5.2 Saran

Penelitian ini berkaitan dngan pembakaran rokok N dan M dengan penambahan zat aditif untuk penelitian selanjutnya disarankan menyempurhakan penelitian dari hasil emisi yang lain seperti *VOC* dan *PAH* pada pembakaran rokok dengan penambahan zat aditif dan diharapkan dilakukan penelitian lebih lanjut tentang gaya elektrostatis sehingga zat aditif yang ditambahkan pada rokok dapat meningkatkan kosentrasi partakel *ultrafine*.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Adam, T., J. McAughey, C. Mocker dan c. McGrath. 2010. Influence Of Filter Ventilation On The Chemical Composition Of Cigarette Mainstream Smoke. *Analytica cimica Acta*. 657: 36-44.
- Alias, M. dan Z. Hamzah. 2007. PM10 and Total Suspended Particulates (TSP) Measurements in Various Power Stations. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 11: 255-261.
- Allan, R. 2009. The Chemical Components of Tobacco. CRC Press. USA. Particulates (TSP) Measurements in Various Power Stations. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 11: 255-261.
- Alsahwa, A. 2008. hygroscopicity of mixed inorganic/surfactant ultrafine aerosol partikel. *proquest and dissertation and theses*: 18-24.
- Aminuddin, J. 2008. Dasar-dasar Fisika Komputasi menggunakan MATLAB. *Gava Media*.
- Anfinsen, C. B. 1972. Advances in Protein Chemistry. *Academic Press*. 99: 103.
- Anonymous^a. (2011). Particulate Matter Pollution. Akses tanggal May 09, 2011, dari <http://www.wunderground.com/health/pm.asp>.
- 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 combsution and scince* 32: 373-385.
- Baxter, D. 2012. American College of Occupational Medicine dan Lingkungan.
- Borgerding, M. dan H. Klus. 2005. Anaysis of Complex mixtures – Cigarette Smoke. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 57: 43-73.
- Brunshidle, T. P., B. Konowalchuk, I. Nabeel dan J. E. Sullivan. (2003, 2007-06-24). A Review of the Measurement, Emission, Particle Characteristics and Potential Human Health Impacts of Ultrafine Particles: Characterization of

- Ultrafine Particles. Akses tanggal May 10, 2011, dari <http://web.archive.org/web/20070624021138/http://enhs.umn.edu/5103/particles/character.html>.
- DeBano, L. F., D. G. Neary dan P. F. Folliot. 1998. *Fire's Effects on Ecosystem*. John Wiley and Sons. USA.
- Fisher, P. 1999. *Cigarette Manufacture Tobacco Blanding tobacco, Productions ,Chemistry,and Technology*. 52: 346.
- Klepeis, N. E. dan W. R. Ott. 2007. Real-time measurement of outdoor tobacco smoke particles. *Stanford University*.
- Kumala, M. 2004. Formation and growth rates of ultrafine atmospheric particles. *a r view of observations journal of Aerosol Seince*. 2004: 143-147.
- Lee, H. L., D. P. H. Hsieh, Ann,L. 2011. Polycyclic Aromatic Hydrocarbos in Cigarette Sidestream Smoke Particulates from a Taiwanese Brand and Their Carcinogenic Relevance. *Chemosphere*. 82: 477-482.
- Martin, T. (2011, january 06, 2009). Mainstream Smoke. Akses tanggal May 10, 2011, dari <http://quitsmoking.about.com/cs/secondhandsmoke/g/mainstreamsmoke.htm>.
- Mayasari, C. 2010. Studi Analisis Karakteristik Emisi Gas Karbonmonoksida (CO) dari Hasil Pembakaran Biomassa. *Jurusan Fisika Fakultas MIPA Malang , Universitas Brawijaya*.
- Mitra, A. P. dan L. MorawskaChemosphere. 2002. Methodologies for characterisation of combustion sources and for quantification of their emission. *Analytica Chimica Acta*. 49: 903 - 922.
- Ning, Z., C. S. Cheung, J. Fu, M. A. Liu dan M. A. Schnell. 2006. Experimental Study of Environmental Tobacco Smoke Particles Under Actual Indoor Environment. *Science of the Total environment*. 367: 822-830.
- Pandey, S. K. dan K. H. Kim. 2010. A Review of Environmental Tobacco Smoke and its Determinaton in Air. *Trends in Analytical Chemistry*. 29(8): 804-819.
- Ryan, P. W. dan C. K. McMahon. 1976. Some Chemical and Physical Characteristics of Emissions from Forest Fires. *Proceeding*

of The 69th Annual Meeting of The Air Pollution Control Association. 76: 2-3.

Setawan, S. 2011. Pengaruh kecepatan hisap pada faktor emisi partikel ultrafine pada asap rokok. 1: 45-46.

Setiyo, S. 2011. Pengaruh kecepatan hisap pada faktor emisi partikel ultrafine pada asap rokok. 1: 45-46.

Stewart, W. F., Esquire. dan 2007. Global Warming And You. *The Risk And Opportunities Of Climate Change*: 5.

Suryo, C. 2012. Terapi Divine Kretek untuk kanker. Akses tanggal 18 November, 2012, dari <http://id.Archive//divine-cigaratee.htm>.

Theilen, A., K. Hubert dan M. Lutz. 2007. Tobacco Smoke Unraveling A Controversial Subject. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 60: 141-156.

Zahar. 2012. Divine Cigarette and Balur. Akses tanggal 10 Oktober, 2012, dari <http://Wordpress/Divine Cigarette and Balur.com//>.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

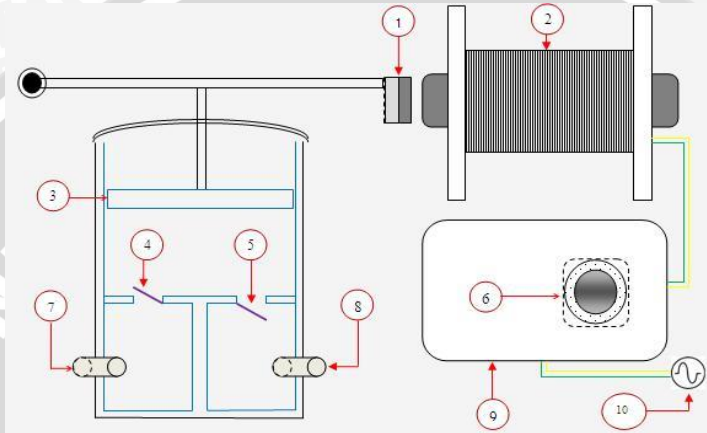


LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Gambar peralatan

Gambar diagram komponen *Smoking macine*



Keterangan:

- 1) Magnet permanen yang terhubung dengan piston
- 2) Elektromagnet yang bersama magnet permanen (1) menggerakkan piston pompa
- 3) Piston penghisap
- 4) Katup udara input
- 5) Katup udara output
- 6) Tombol pengatur kecepatan hisap pompa
- 7) Saluran masuk udara/asap
- 8) Saluran keluar udara/asap
- 9) Sistem pengatur tegangan
- 10) Catu daya AC

Gambar pembakaran rokok pada mesin penghisap



a. pembakaran rokok

b. distribusi asap rokok

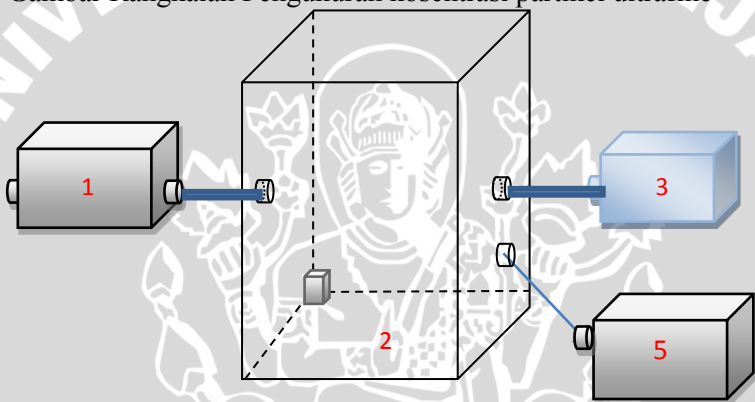
Gambar P-TRAK *ultrafine particle counter* model 8525



Gambar *Anemomaster A031 kanomax*



Gambar Rangkaian Pengukuran kosentrasi partikel ultrafine



- Keterangan:
- (1). Smoking machine
 - (2). Smoke chamber
 - (3). Ultrafine Particle Counter
 - (4). Minifan
 - (5)Pomp

Gambar pengambilan kecepatan mesin penghisap rokok



LAMPIRAN 2

Data Kosentrasi Partikel Rokok N dan M (pt/cm³)

2.1 Data Konsentrasi partikel rokok N dengan penambahan zat aditif RDB 1 ml

time	pengukuran		
(s)	1 (pt/cm3)	2 (pt/cm3)	3(pt/cm3)
time (s)	pengukuran 1	pengukuran 2	pengukuran 3
0	13920	21810	18310
10	13960	398700	18150
20	14030	481500	18090
30	17620	487500	20440
40	126710	491700	112180
50	204800	484200	210600
60	245400	474200	167600
70	252200	453000	194300
80	270600	448300	179800
90	294300	445500	128300
100	304900	434600	172800
110	325800	428900	214500
120	349600	420600	273000
130	359500	414600	217700
140	358400	406100	309900
150	379900	398800	379100

160	385500	390900	287700
170	391400	385900	299600
180	413600	378200	360500
190	418800	372000	328300
200	429400	365100	363700
210	432300	358300	372100
220	440900	352300	367500
230	442200	343500	366100
240	432900	339100	364600
250	409400	333200	357700
260	397400	326800	356700
270	392300	321100	353400
280	389000	314400	349300
290	385800	309000	341900
300	384300	303200	340500
310	381000	295800	340700
320	379800	291100	335700
330	379300	286800	332100
340	376600	281800	328500
350	371200	278000	325800
360	371000	273100	323400
370	370700	269900	321900
380	366400	264200	321900
390	362300	261100	316700
400	359000	256200	314300
410	357100	251500	312900
420	355400	248200	306800
430	352800	244600	303300
440	350900	241400	303100
450	347800	236800	302700
460	343500	234100	295400
470	338800	229700	294200

480	336300	227300	290700
490	328500	224700	286900
500	331900	221000	286600
510	325400	217600	283400
520	326300	214300	279800
530	320900	212400	277000
540	320000	208400	273300
550	318100	223900	270200
560	312500	237200	266600
570	309600	230200	266100
580	306000	215400	262400
590	306300	203500	259800
600	302900	196300	255000
610	300400	189600	251000
620	296500	186500	250900
630	290800	183100	247400
640	289700	180500	242600
650	286200	178400	243000
660	284100	175200	238200
670	281600	173100	234500
680	279300	170200	232300
690	274900	169000	230400
700	272800	165700	227100
710	269400	164800	224900
720	266100	161800	222400
730	263600	159300	220200
740	259700	157800	216400
750	254900	155700	216100
760	253700	153200	213700
770	253500	150600	212100
780	250500	149200	209200
790	246300	147000	206500

800	242200	145200	205400
810	240300	143100	201200
820	238900	140800	199600
830	237600	139100	196900
840	233200	137700	196500
850	230200	136300	191800
860	227100	132600	190700
870	224600	131700	187000
880	223800	130400	185100
890	219900	128400	183200
900	219200	127500	181400
910	216200	125100	179700
920	213100	123900	176600
930	211400	121900	174200
940	207900	120500	171600
950	208900	118600	170800
960	204100	117000	168400
970	201300	115700	166700
980	198200	114200	165300
990	195200	111800	161900
1000	194900	111200	163200
1010	185700	109600	158800
1020	188900	108700	157500
1030	187500	107200	155000
1040	186800	105500	152900
1050	183600	104300	152000
1060	183100	103000	150100
1070	181000	101080	148600
1080	177900	99930	145900
1090	172700	98520	143500
1100	173100	97360	141200
1110	172200	96580	141100

1120	170900	95520	138800
1130	168300	94400	137600
1140	160300	92760	134900
1150	164800	91440	133300
1160	162900	90200	132600
1170	160300	89610	130900
1180	159000	88270	128700
1190	154500	86610	127900
1200	155200	85990	126700
1210	152200	85110	123800
1220	151400	83960	122900
1230	150400	83000	121100
1240	145700	82410	120100
1250	146800	80840	118700
1260	146000	79590	117400
1270	144000	78670	116300
1280	143500	77830	114700
1290	140200	77010	112700
1300	137700	75750	112300
1310	137300	74700	111000
1320	134200	73940	109500
1330	134600	72870	108000
1340	132700	71960	105000
1350	130800	71420	104700
1360	129900	70290	103800
1370	128800	69240	103000
1380	128400	68360	101700
1390	126900	66850	100130
1400	124300	65890	99110
1410	123400	64890	97910
1420	122200	63150	96990
1430	116500	70030	95770

1440	118100	69380	94990
1450	117000	67660	93640
1460	113600	64970	92920
1470	114900	62590	91210
1480	112900	60850	91300
1490	112600	59500	89630
1500	111000	58640	88050
1510	109700	57940	86730
1520	108400	57470	86320
1530	106700	56790	85120
1540	105200	56100	84390
1550	104400	55170	83370
1560	104000	54230	82020
1570	102600	53770	80600
1580	101200	53290	79600
1590	98590	52550	79190
1600	99200	52100	78090
1610	97900	51450	78170
1620	97330	50670	76600
1630	96160	50080	75650
1640	94140	49490	74040
1650	92370	48860	73880
1660	91100	48530	73320
1670	91130	48090	71810
1680	91210	47510	71430
1690	88890	46970	70620
1700	88570	46310	69450
1710	86480	45740	69420
1720	85610	45090	67870
1730	84960	44640	67450
1740	84420	44110	66760
1750	83420	43880	65870

1760	82500	43420	65030
1770	82280	42940	64400
1780	81310	42440	63820
1790	79060	41890	62550
1800	78330	41500	61830
1810	78320	41020	61000
1820	77880	40520	60130
1830	74530	40060	59990
1840	74590	39750	59280
1850	73480	39270	58620
1860	72990	39100	58150
1870	72540	38680	57540
1880	71300	38300	56710
1890	70830	37870	56360
1900	70040	37370	55040
1910	69250	37060	54660
1920	68650	36330	54680
1930	66560	36240	54010
1940	66160	35850	53450
1950	65700	35540	52460
1960	65020	35190	51730
1970	65280	34860	50910
1980	64660	34560	50740
1990	62990	34290	49900
2000	62270	34010	48980
2010	61500	33750	48890
2020	61560	33460	48400
2030	59180	33060	47950
2040	59900	32850	47420
2050	59260	32020	46900
2060	58470	31910	45860
2070	57610	31610	45450

2080	57150	31360	44800
2090	56860	31200	44690
2100	55210	30890	44220
2110	55190	30660	43720
2120	54800	30380	43310
2130	53780	30120	42600
2140	52650	29790	42730
2150	53260	29470	41850
2160	52330	29190	41390
2170	52170	28840	40710
2180	50620	28560	40490
2190	50430	28260	39920
2200	49890	27720	39780
2210	49410	27410	39260
2220	48560	26970	38840
2230	48190	26790	38500
2240	47240	30190	37790
2250	47390	29910	37500
2260	47220	29330	36740
2270	46950	27980	36450
2280	46100	27000	35930
2290	45630	26380	35760
2300	44830	25910	35440
2310	44370	25700	35040
2320	43640	25520	34750
2330	43270	25230	34240
2340	42550	25170	34390
2350	42550	24890	33980
2360	41900	24760	33540
2370	41300	24530	33220
2380	40980	24330	33000
2390	40320	24220	32250

2400	39820	24010	31980
2410	39630	23760	31540
2420	39420	23610	31300
2430	39170	23290	31060
2440	38570	23130	30700
2450	38280	22920	30390
2460	37920	22750	30150
2470	37420	22590	29890
2480	36940	22480	29380
2490	36580	22310	29320
2500	36090	22120	29120
2510	35730	22000	28860
2520	35350	21920	28610
2530	34860		28040
2540	34770		27690
2550	34270		27430
2560	34480		27270
2570	33580		27030
2580	33450		26830
2590	32610		26630
2600	32780		26270
2610	32230		26090
2620	32000		25950
2630	30840		25720
2640	30950		25400
2650	31120		25350
2660	30780		25000
2670	30330		24660
2680	30210		24660
2690	29810		24410
2700	29620		24220
2710	29450		24130

2720	28940	23830
2730	28790	23370
2740	28530	23260
2750	28300	23050
2760	27900	22990
2770	27620	22870
2780	27230	22570
2790	27240	22440
2800	27050	22230
2810	26930	21990
2820	26690	21860
2830	25800	21710
2840	25920	21510
2850	24810	21430
2860	25060	21090
2870	25140	20970
2880	25060	20800
2890	24550	20630
2900	24430	20660
2910	24450	20330
2920	24110	20140
2930	23940	20210
2940	23780	20100
2950	23550	19860
2960	22940	19820
2970	22980	19550
2980	22690	19430
2990	22650	19430
3000	22430	19190
3010	22240	19160
3020	22200	19080
3030	21980	18970

3040	21820	18870
3050	21580	18740
3060	21390	18670
3070	21240	18580
3080	20980	18440
3090	20890	18470
3100	20720	18310
3110	20500	18190
3120	20510	18110
3130	20320	18090
3140	20270	18100
3150	20130	18030
3160	19850	17950
3170	19700	17800
3180	19650	17870
3190	19650	17750
3200	19350	17600
3210	19190	17660
3220	19010	17560
3230	19090	17400
3240	18810	17370
3250	18410	
3260	18520	
3270	18350	
3280	18490	
3290	18170	
3300	18100	
3310	17830	
3320	17870	
3330	17750	
3340	17610	
3350	17410	

3360	17380
3370	17490
3380	17000
3390	16870
3400	16820
3410	16720
3420	16470
3430	16470
3440	16400
3450	16240
3460	16210
3470	16180
3480	16020
3490	15950
3500	15960
3510	15790
3520	15790
3530	15610
3540	15590
3550	15460
3560	15450
3570	15220
3580	15060
3590	15100
3600	15150
3610	15000
3620	14930
3630	14840
3640	14780
3650	14820
3660	14670
3670	14640

3680	14500		
3690	14490		
3700	14410		
3710	14360		
3720	14340		
3730	14280		
3740	14260		
3750	14210		
3760	14170		
3770	14050		
3780	13870		
3790	13940		
3800	13880		

2.2 Data kosentrasi partikel *ultrafine* rokok N dengan penambahan zat aditif RDB (pt/cm³)

time (s)	Penambahan			
	0.2 ml	0.4ml	0.6 ml	0.8 ml
0	8873	13250	17410	19630
10	8955	13450	17570	19530
20	9122	50930	17380	19460
30	46372	59190	47060	19490
40	135400	88330	130250	19490
50	160100	98380	140170	19480
60	143520	144900	210400	19450
70	206600	162800	263400	19470
80	184000	228900	296300	19450
90	195900	251100	328000	19320
100	213000	252100	345300	19600
110	233200	253700	357400	19620
120	255800	300400	389100	20540
130	261300	310600	409400	32420

140	268600	333100	442900	40340
150	277500	330600	425500	32750
160	270700	358700	456600	36250
170	287300	362000	477500	43350
180	299400	363700	491500	46540
190	300700	366500	498500	43660
200	309400	362700	492200	49930
210	303300	361200	500000	50880
220	301100	359100	497600	56020
230	296500	357600	499000	63370
240	300500	356900	495900	60090
250	300800	356400	490500	64660
260	299800	354400	487100	70730
270	298300	351500	483400	64680
280	296100	349300	476800	64540
290	295200	346800	471800	65790
300	293600	344600	468500	68230
310	293900	343300	463500	70010
320	292300	339500	457700	78000
330	290100	336300	451900	77340
340	288400	335200	446900	81450
350	287100	331800	442700	83020
360	286000	328800	438800	82550
370	285000	326200	433000	84350
380	283500	323200	428100	88070
390	284900	321000	419700	86330
400	287800	317900	419000	85340
410	286900	315600	414100	84410
420	286400	311800	407400	81430
430	285300	309900	401800	81760
440	282700	307500	399300	81530
450	280500	305300	393600	81450

460	279300	300800	386600	78810
470	276900	298200	384800	78950
480	274800	295000	378900	78310
490	273500	291500	371100	77140
500	271600	289200	368900	76900
510	269700	287800	363200	74890
520	266900	285500	359800	74270
530	264900	282600	357100	74020
540	263500	277200	351500	73500
550	261700	274000	346100	73720
560	259400	273200	342800	73830
570	256700	270900	338000	72440
580	253100	267400	336000	72520
590	251400	264700	329400	72280
600	249900	261900	323200	71200
610	246100	258900	320400	70370
620	244700	255100	317000	69970
630	241900	252000	311500	69240
640	238400	249000	308500	69150
650	236900	247300	304800	67580
660	232900	244200	301700	66790
670	234200	241600	295100	66530
680	231200	238200	293400	65970
690	229300	236900	289800	65170
700	228200	234200	284900	64820
710	226400	231300	278500	63830
720	224900	228900	277400	63780
730	221500	226600	276500	63120
740	219800	223100	271700	62510
750	216500	221500	268100	61080
760	215100	219700	264600	61430
770	213600	216600	260000	61080

780	211600	214200	257700	60370
790	208400	212700	253800	59590
800	207600	208800	251300	59190
810	205000	207200	246400	58680
820	203600	205300	245400	58190
830	200600	202900	242300	56280
840	198600	199800	237000	57260
850	196800	196100	232400	56980
860	193900	195900	232200	55490
870	191000	193300	229700	55490
880	188300	191700	226700	54440
890	186100	188800	226000	54600
900	181300	187200	222300	54540
910	177500	185500	220100	53530
920	174000	183400	216000	53430
930	176000	180100	213900	52340
940	174100	179400	211000	52470
950	171100	177000	208400	51990
960	165200	174400	207200	51540
970	162100	173300	205300	50650
980	158400	170700	201600	50080
990	153000	169600	199700	49990
1000	150200	167200	196300	49310
1010	146200	164000	193800	49050
1020	142600	163500	191800	48490
1030	139900	159900	189300	48440
1040	136900	158800	185900	47930
1050	132300	156400	184200	47620
1060	131400	153600	182100	47110
1070	128600	151600	180700	45890
1080	124400	148600	178600	46290
1090	123300	145700	176600	45840

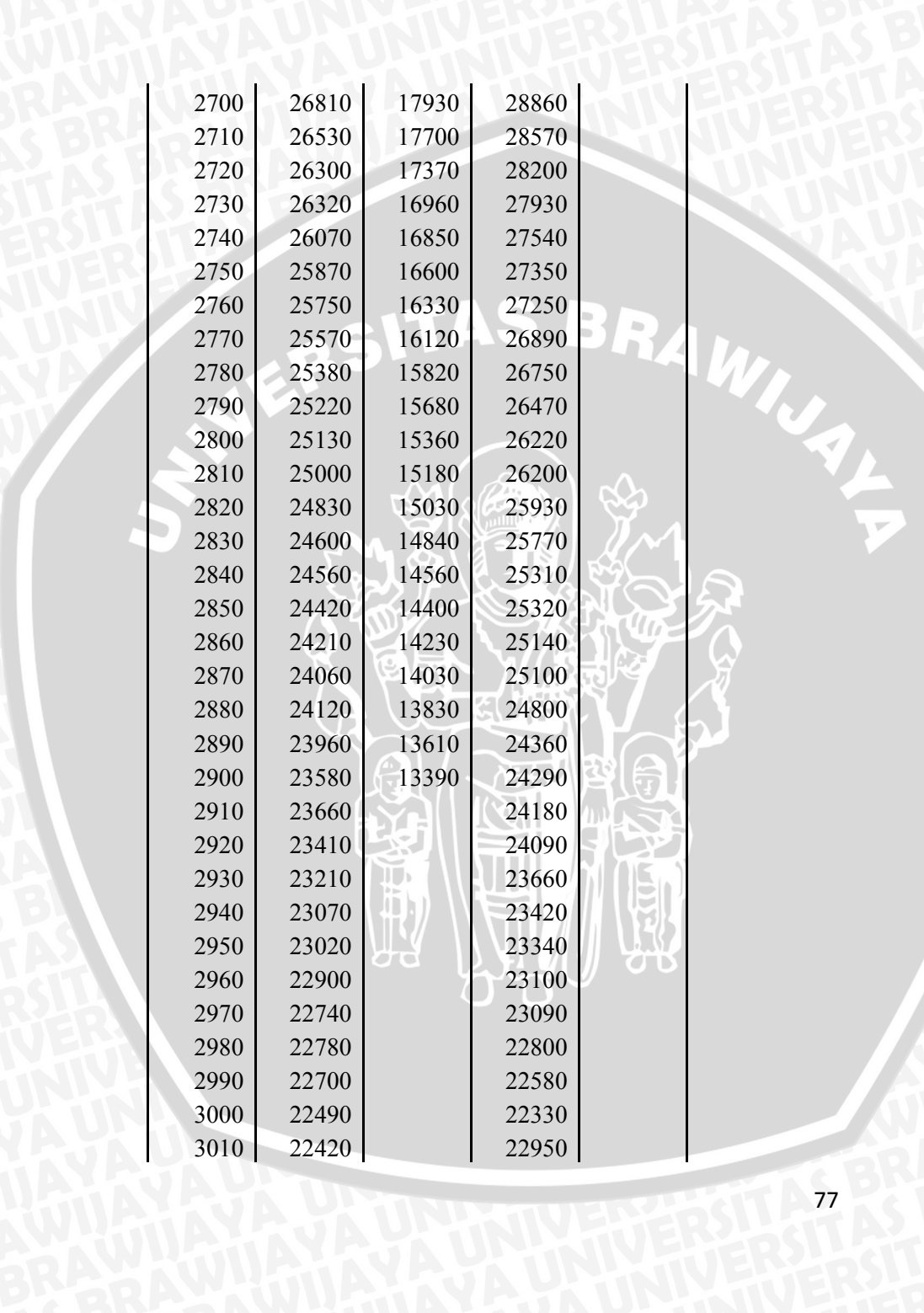
1100	120400	159000	174400	44750
1110	118100	178200	172300	44460
1120	115500	178800	170200	44600
1130	113000	178500	168800	44270
1140	111600	177100	165900	43900
1150	110000	174800	164700	43630
1160	107100	173600	163900	43160
1170	105800	172400	160800	42630
1180	103500	170000	158800	42520
1190	101560	167400	157400	42130
1200	119160	163400	155300	41650
1210	145200	163700	152700	41160
1220	143900	160800	151300	40580
1230	141300	155600	150400	40520
1240	132200	155700	148800	40050
1250	127000	153500	144200	39820
1260	121600	151200	144100	39500
1270	119300	146800	142900	39260
1280	117100	143200	141300	38890
1290	116900	138500	139100	38570
1300	116000	136200	137700	38430
1310	114300	131400	136500	38280
1320	112600	128700	133600	37670
1330	112000	126500	132500	36750
1340	111400	123800	131100	37040
1350	109800	120900	129300	36250
1360	108800	118400	126200	36220
1370	108200	116200	126600	36110
1380	105500	113900	125000	35740
1390	104400	112400	121600	35820
1400	103300	109800	122300	35360
1410	102800	108000	119900	35100

1420	101700	105700	118900	34270
1430	100550	104100	117800	34500
1440	98660	101580	115600	34250
1450	98010	100340	115200	33950
1460	96900	98610	113300	33790
1470	96090	96570	111300	33450
1480	93470	95130	109700	33180
1490	93890	93760	109300	32710
1500	92350	91500	107600	32930
1510	91300	89990	106300	32380
1520	90350	88530	105100	32130
1530	88210	87090	103700	32030
1540	88160	86740	102300	31620
1550	86910	85740	100460	31460
1560	85790	84790	98510	31270
1570	85440	83580	98190	31150
1580	84330	82110	96890	30820
1590	83430	80670	96130	30750
1600	82790	79430	94550	30460
1610	82080	77770	93620	30050
1620	80440	77230	92020	30080
1630	79210	75870	91160	29770
1640	78550	74640	89950	29760
1650	77960	73330	89540	29480
1660	76580	72280	87560	29320
1670	76140	71190	86510	29160
1680	74670	70520	85730	28410
1690	73630	69470	84170	28610
1700	73330	67870	83230	28670
1710	72670	67130	82640	28320
1720	71860	66340	82470	27870
1730	71020	65250	80490	27860

1740	70560	64640	79150	27540
1750	69780	63720	79060	27380
1760	68680	62290	77880	27130
1770	68270	61660	77300	26960
1780	66820	60780	76770	26780
1790	66440	60260	75060	26560
1800	65460	59180	73610	26470
1810	64920	58490	73600	26390
1820	64320	57980	72360	26260
1830	63600	57200	71850	26190
1840	62380	55660	71050	25990
1850	61690	55290	69880	25710
1860	61000	54650	69570	25720
1870	60930	53220	68820	25530
1880	59770	53190	67310	25320
1890	59610	52070	66420	25170
1900	58900	52000	65910	25030
1910	58350	50880	65310	24960
1920	57720	49900	64640	24740
1930	56970	49570	63580	24340
1940	56750	49090	62230	24420
1950	55600	48350	61630	24300
1960	54610	47750	60920	24080
1970	54110	47080	60450	23780
1980	53810	46490	60000	23460
1990	53060	45740	58940	23460
2000	52650	45050	58800	23230
2010	51550	44580	57820	22980
2020	50170	43930	57360	22930
2030	49670	43340	56800	22930
2040	48770	42800	55850	22810
2050	48040	42100	54580	22520

2060	47310	41640	54480	22460
2070	45860	40850	53690	22390
2080	45500	40490	53360	22150
2090	44450	40100	52840	22150
2100	45290	39520	52230	21980
2110	44290	39010	51460	21850
2120	43480	38410	50810	21750
2130	42400	38080	50290	21580
2140	42220	37610	49220	21430
2150	41000	36580	49330	21240
2160	40390	36360	48530	21340
2170	39070	35850	48350	21150
2180	38470	35430	47700	21020
2190	37300	35120	47030	20970
2200	36120	34750	46650	20830
2210	35810	34270	45720	20690
2220	35260	33960	45260	20600
2230	34320	33320	44730	20410
2240	33670	33240	44620	20510
2250	33170	32590	44080	20250
2260	32200	32060	43520	20250
2270	31680	31860	43150	19910
2280	30950	31370	42770	19870
2290	30500	30910	42550	19800
2300	30110	30580	41470	19660
2310	29580	30150	41110	19700
2320	29110	29780	40990	19530
2330	28360	29440	40470	19560
2340	27990	29050	40160	19400
2350	35260	28670	39570	19280
2360	38800	28410	39320	19250
2370	38360	27950	38790	18900

2380	37510	27520	38690
2390	35690	27290	38040
2400	34900	26810	37960
2410	34050	26440	37630
2420	33510	26190	36980
2430	33360	25750	36350
2440	33000	25350	36370
2450	32690	25300	35950
2460	32590	24930	35690
2470	31880	24580	35390
2480	31610	24180	35120
2490	31460	23930	34870
2500	31230	23530	34390
2510	31020	23330	33980
2520	30630	22930	33830
2530	30510	22770	33540
2540	30280	22510	33210
2550	30100	22240	32760
2560	29870	22010	32580
2570	29630	21570	32100
2580	29360	21260	31720
2590	29220	20990	31700
2600	29030	20710	31210
2610	28850	20290	31120
2620	28540	19980	30780
2630	28070	19800	30550
2640	28080	19480	30370
2650	27840	19210	30160
2660	27440	18830	29790
2670	27350	18580	29590
2680	27180	18310	29140
2690	27000	18170	29080



2700	26810	17930	28860
2710	26530	17700	28570
2720	26300	17370	28200
2730	26320	16960	27930
2740	26070	16850	27540
2750	25870	16600	27350
2760	25750	16330	27250
2770	25570	16120	26890
2780	25380	15820	26750
2790	25220	15680	26470
2800	25130	15360	26220
2810	25000	15180	26200
2820	24830	15030	25930
2830	24600	14840	25770
2840	24560	14560	25310
2850	24420	14400	25320
2860	24210	14230	25140
2870	24060	14030	25100
2880	24120	13830	24800
2890	23960	13610	24360
2900	23580	13390	24290
2910	23660		24180
2920	23410		24090
2930	23210		23660
2940	23070		23420
2950	23020		23340
2960	22900		23100
2970	22740		23090
2980	22780		22800
2990	22700		22580
3000	22490		22330
3010	22420		22950

3020	22320	23160
3030	22170	22930
3040	22010	22870
3050	22070	22690
3060	21960	22540
3070	21760	22360
3080	21690	22180
3090	21620	22150
3100	21520	21970
3110	21270	21770
3120	21170	21650
3130	21060	21560
3140	20970	21430
3150	20820	21270
3160	20700	21080
3170	20380	21010
3180	20330	20920
3190	20210	20780
3200	20020	20710
3210	19840	20540
3220	19620	20480
3230	19450	20210
3240	19110	20200
3250	19250	20150
3260	19250	19940
3270	18850	19820
3280	18680	19600
3290	18160	19620
3300	18080	19480
3310	17710	19370
3320	17250	19230
3330	16900	19220

3340	16280	18970
3350	15840	18970
3360	15710	18940
3370	15210	18800
3380	14950	18720
3390	14690	18570
3400	14380	18460
3410	14030	18420
3420	13810	18380
3430	13670	18260
3440	13260	18190
3450	13030	18040
3460	12880	17990
3470	12570	17900
3480	12420	17820
3490	12260	
3500	12070	
3510	11680	
3520	11550	
3530	11420	
3540	11200	
3550	11090	
3560	11010	
3570	10920	
3580	10800	
3590	13170	
3600	19900	
3610	20190	
3620	20070	
3630	19620	
3640	18920	
3650	18350	

3660	18060			
3670	18020			
3680	18090			
3690	18080			
3700	18020			
3710	17990			
3720	18060			
3730	17980			
3740	17980			
3750	17930			
3760	17890			
3770	17930			
3780	17950			
3790	17920			

2.3 Data kosentrasi partikel *ultrafine* Rokok N dengan penambahan zat aditif RDE (pt/cm³)

time (s)	Penambahan RDE			
	0.2 ml	0.4 ml	0.6 ml	0.8 ml
0	4220	16270	13930	17730
10	4288	17000	14380	19230
20	5638	64000	15810	19970
30	41080	136790	16390	21240
40	6885	197100	17020	22010
50	18239	197000	18380	23870
60	131050	227100	17730	24550
70	186900	280600	19230	27000

80	187600	307400	19970	28510
90	197300	318300	21240	28190
100	197300	311300	22010	29550
110	221400	333300	23870	30150
120	223600	356400	24550	32550
130	218600	360800	27000	32200
140	220100	378500	26320	32630
150	221900	377300	26170	33060
160	236200	378100	26080	32520
170	220600	364600	25870	31850
180	227000	365800	25660	31950
190	219800	363000	25860	31730
200	217300	358300	25430	31280
210	214300	357600	24950	31340
220	212500	355700	25780	33360
230	208700	351800	49340	32860
240	208500	350900	80880	33990
250	207700	348400	86250	35710
260	204000	345700	53100	47440
270	203500	344700	58210	86090
280	200700	343400	72480	1E+05
290	200300	341000	93400	1E+05
300	199000	337900	1E+05	2E+05
310	197300	336400	1E+05	2E+05
320	196500	335200	1E+05	2E+05
330	194600	333000	1E+05	2E+05
340	193400	331500	2E+05	2E+05
350	191000	328400	2E+05	2E+05
360	191600	324500	2E+05	2E+05
370	190300	323900	2E+05	2E+05
380	188600	322200	3E+05	2E+05
390	188200	321200	2E+05	2E+05

400	186700	318800	3E+05	2E+05
410	186000	316000	3E+05	2E+05
420	184100	313800	3E+05	2E+05
430	181100	312700	3E+05	2E+05
440	180200	310300	3E+05	2E+05
450	179900	307300	2E+05	2E+05
460	180900	305400	2E+05	2E+05
470	175700	303500	2E+05	2E+05
480	174100	301600	2E+05	2E+05
490	173500	298400	2E+05	2E+05
500	172600	296000	2E+05	2E+05
510	171100	293300	2E+05	2E+05
520	170200	291700	2E+05	2E+05
530	168000	288800	2E+05	2E+05
540	166400	286500	2E+05	2E+05
550	165300	284300	2E+05	2E+05
560	164100	280300	2E+05	2E+05
570	161800	278800	2E+05	2E+05
580	162200	277700	2E+05	2E+05
590	160500	274300	2E+05	2E+05
600	159400	271700	2E+05	2E+05
610	158100	270400	2E+05	2E+05
620	157700	266700	2E+05	2E+05
630	155400	264300	2E+05	2E+05
640	153700	262100	2E+05	2E+05
650	152900	259400	2E+05	2E+05
660	151600	256600	2E+05	2E+05
670	150700	253600	2E+05	1E+05
680	148900	250900	2E+05	1E+05
690	148100	248200	2E+05	1E+05
700	146900	246100	2E+05	2E+05
710	145500	242700	2E+05	1E+05

720	144000	240200	2E+05	1E+05
730	143700	238400	2E+05	1E+05
740	142400	236500	2E+05	1E+05
750	140200	234400	2E+05	1E+05
760	139000	232200	2E+05	1E+05
770	136800	230300	2E+05	1E+05
780	136400	227000	2E+05	1E+05
790	135200	225700	2E+05	1E+05
800	134000	222700	2E+05	1E+05
810	131900	220700	2E+05	1E+05
820	131600	217100	2E+05	1E+05
830	130800	214100	2E+05	1E+05
840	129900	212500	2E+05	1E+05
850	127700	212000	2E+05	1E+05
860	126300	209600	2E+05	1E+05
870	124900	206900	2E+05	1E+05
880	122600	204400	2E+05	1E+05
890	122800	200900	2E+05	1E+05
900	121700	217200	2E+05	1E+05
910	119200	226100	2E+05	99340
920	117500	220700	2E+05	98250
930	114900	217700	2E+05	96440
940	112900	209000	1E+05	94440
950	109700	202500	1E+05	92030
960	106000	195300	1E+05	90320
970	102210	186200	1E+05	89020
980	142800	181500	1E+05	87110
990	146900	178500	1E+05	85850
1000	147800	176000	1E+05	84470
1010	147000	174400	1E+05	83520
1020	146400	173200	1E+05	82050
1030	145700	170700	1E+05	80170

1040	144900	170000	1E+05	79010
1050	143200	167000	1E+05	77650
1060	141400	165900	1E+05	76580
1070	138100	164000	1E+05	75010
1080	135700	162300	1E+05	73710
1090	134700	159900	1E+05	72800
1100	130200	158400	1E+05	71790
1110	125600	157200	1E+05	70810
1120	122900	154900	1E+05	69950
1130	118100	153000	1E+05	68700
1140	114600	152000	1E+05	67490
1150	110200	150200	1E+05	66570
1160	107800	148700	1E+05	65290
1170	104300	146600	1E+05	64210
1180	103700	145600	1E+05	63540
1190	101300	144000	1E+05	62200
1200	98410	142900	1E+05	61560
1210	96580	141700	1E+05	60590
1220	94620	139400	1E+05	59590
1230	92210	138300	1E+05	59020
1240	89870	136300	1E+05	58260
1250	87810	135000	1E+05	57530
1260	85990	133200	1E+05	56460
1270	84140	132500	1E+05	55840
1280	82910	131100	1E+05	54690
1290	80360	129900	1E+05	54110
1300	78470	128900	1E+05	53370
1310	77570	127200	98550	52520
1320	75590	126200	94310	52130
1330	74760	124100	94550	51140
1340	72840	122900	96470	49860
1350	72530	122000	94550	49250

1360	72220	119600	92070	48850
1370	71740	119000	88730	48250
1380	70760	118600	91960	47610
1390	69700	117000	90510	46680
1400	68240	115500	90300	45860
1410	67160	113900	89280	45140
1420	66060	113000	88210	44410
1430	65310	111400	85130	44000
1440	63700	111600	84950	43500
1450	62430	110800	84670	42870
1460	61700	109200	83690	42390
1470	60670	108700	82230	41580
1480	59590	106400	82590	41190
1490	58640	105200	81140	40570
1500	57920	104500	81420	40110
1510	57040	103400	80390	39580
1520	55600	102100	77600	38850
1530	54850	101300	77910	38420
1540	53730	99580	77660	37950
1550	53240	99140	77000	37120
1560	52440	98330	76200	36740
1570	51880	97240	72120	36000
1580	50640	95900	74480	35520
1590	49920	95320	72170	34870
1600	49120	94480	71900	34630
1610	48120	92920	72210	33920
1620	47450	91870	71930	33570
1630	46930	91620	69920	32980
1640	46200	90460	69260	32680
1650	44910	89490	69030	31850
1660	44700	88930	67940	31620
1670	43910	87180	67450	31010

1680	43150	86590	66700	30620
1690	42670	85620	66020	30110
1700	41970	84840	65290	29740
1710	41150	84050	65110	29320
1720	40310	83480	63670	29040
1730	39630	82630	61150	28520
1740	39110	81650	61450	28230
1750	38840	80930	60750	27630
1760	37990	79560	59740	27310
1770	37540	79440	60910	26790
1780	36840	78060	60260	26590
1790	36090	77270	59550	26210
1800	35650	76820	59230	25880
1810	35120	76230	59090	25620
1820	34730	74950	57810	25380
1830	34060	73380	56690	24790
1840	33820	73460	57750	24400
1850	33270	72930	53910	24080
1860	32660	71720	54200	23730
1870	32110	70870	53820	23260
1880	31630	69870	54400	22810
1890	31190	68940	53720	22480
1900	30590	67350	53000	22180
1910	30370	66160	52090	21890
1920	29940	64910	51260	21540
1930	29530	63940	51750	21190
1940	29150	62330	50460	20810
1950	28700	61900	50650	20410
1960	28150	60980	49740	20190
1970	27810	61460	48620	19820
1980	27140	60360	48780	19470
1990	26770	59580	48150	19230

2000	26390	58520	47890	18950
2010	26090	57320	47610	18630
2020	25770	56770	46170	18320
2030	25280	55390	45210	18000
2040	25050	54350	45290	17760
2050	24660	53180	44890	17320
2060	24320	52240	44730	16950
2070	23970	51550	44250	16740
2080	23370	49950	43850	20810
2090	23090	49190	43340	20410
2100	22870	47890	43710	20190
2110	21990	47260	42880	19820
2120	21880	46360	42600	19470
2130	21660	45470	41120	19230
2140	21510	44620	39770	18950
2150	21160	43720	39680	18630
2160	20880	43070	40560	18320
2170	20420	42090	40120	18000
2180	20440	41170	39860	17760
2190	20000	40630	39150	17320
2200	19710	40030	39020	16950
2210	19490	39250	38100	16740
2220	19180	38840	37400	
2230	18910	38030	37560	
2240	18680	37590	37010	
2250	18220	36840	37390	
2260	18030	36280	35540	
2270	17740	35650	36340	
2280	17490	35130	36270	
2290	16960	34760	35040	
2300	16750	34410	35050	
2310	16510	33920	34940	

2320	16330	33670	34530
2330	16010	32840	33820
2340	15830	32460	33890
2350	15540	37310	33230
2360	15420	44060	33030
2370	15070	43680	32950
2380	14920	43560	33020
2390	14660	42890	32000
2400	14400	42180	32310
2410	14150	41070	31690
2420	13990	40320	31550
2430	13760	39370	31180
2440	13510	38610	30620
2450	13440	38140	30840
2460	13080	37810	30630
2470	12720	37480	29920
2480	12600	37090	29990
2490	12460	36560	29920
2500	12210	36410	29580
2510	12020	36050	29460
2520	11900	35720	29170
2530	11690	35450	29000
2540	11620	35040	28770
2550	11440	34890	28080
2560	11130	34550	27830
2570	10940	33980	27880
2580	10740	33900	27630
2590	10560	33680	27340
2600	10490	33510	27180
2610	10179	33170	26640
2620	9977	32940	26350
2630	9807	32570	26520

2640	9715	32110	25800
2650	9524	31850	26140
2660	9254	31700	25840
2670	9246	31380	25540
2680	9037	31100	25540
2690	8744	30790	24890
2700	8559	30570	25220
2710	8487	30350	24970
2720	8273	30130	24460
2730	8201	29810	
2740	8061	29790	
		29580	
		29400	
		29040	
		28690	
		28730	
		28350	
		28050	
		27840	
		27500	
		27250	
		27150	
		26870	
		26620	
		26570	
		26480	
		26150	
		25970	
		25890	
		25640	
		25400	
		25410	

25120
24950
24840
24620
24470
24390
24200
23950
23670
23530
23340
23190
23120
22950
22690
22670
22540
22460
22230
22150
21940
21800
21660
21450
21200
21090
20890
20590
20450
20280
19940
19680

	19460	
	19410	
	19060	
	19230	
	18990	
	18770	
	19000	
	18470	
	18110	
	18030	
	17610	
	17200	
	17080	

Penanaman RDE		
1 ml(a)	1 ml(b)	1 ml©
20810	8677	21710
20410	9435	22350
20190	10579	29060
19820	10410	35150
19470	13996	78200
19230	52910	67880
18950	66720	103120
18630	41930	123400
18320	61200	125200
18000	103890	138700
17760	111390	155600
17320	114700	170200
16950	119900	182500
16740	120500	179300
21710	116400	176200

22350	130600	174100
29060	138300	176600
35150	134400	176300
78200	140100	173900
67880	144700	172800
103120	148000	171500
123400	150200	169600
125200	149400	166300
138700	140700	164700
166300	127800	163400
164700	122600	160800
163400	121800	159000
160800	121200	156700
159000	120400	153900
156700	119500	152600
153900	117800	150400
152600	118100	148300
150400	117000	145400
148300	116600	142800
145400	114800	139600
142800	113900	137800
139600	113700	135300
137800	112300	132200
135300	111200	130000
132200	111200	127700
130000	109900	124400
127700	109300	125600
124400	107800	123600
125600	107500	121000
123600	106000	118600
121000	105700	117000
118600	106800	114500



117000	104500	112800
114500	104000	110500
112800	103600	108200
110500	102400	106900
108200	101200	104800
106900	100580	103200
104800	100940	100650
103200	98810	108200
100650	98100	106900
108200	98160	104800
106900	97740	103200
104800	96030	100650
103200	96170	107110
100650	95430	111600
107110	94120	110500
111600	95220	107500
110500	92700	104400
107500	92940	101900
104400	91610	99730
101900	90960	98550
99730	90230	97540
98550	90470	96830
97540	88140	95810
96830	87480	94650
95810	85800	92960
94650	85510	91690
92960	85590	90620
91690	84260	90140
90620	84650	89100
90140	83750	87560
89100	82450	86800
87560	81620	85760

86800	79850	84960
85760	80930	84290
84960	79480	83180
84290	79300	82390
83180	79040	81290
82390	77520	80220
81290	78130	79160
80220	77070	78510
79160	75590	77750
78510	73830	76970
77750	73740	75810
76970	73820	75050
75810	72740	73970
75050	71800	72950
73970	71500	72340
72950	70600	71730
72340	70820	71290
71730	69940	70340
71290	67850	69940
70340	67510	68850
69940	67610	68110
68850	67190	66950
68110	66330	66340
66950	65380	66030
66340	64260	65210
66030	64610	64580
65210	64030	63760
64580	63060	62870
63760	62690	62200
62870	61940	61520
62200	60400	60790
61520	59620	60110

60790	59690	59590
60110	59270	58950
59590	57720	58600
58950	58670	57900
58600	58230	57430
57900	57940	56710
57430	57190	56310
56710	55140	55140
56310	55580	54760
55140	54870	54250
54760	54040	53560
54250	54110	53200
53560	53410	52610
53200	54030	52250
52610	53270	51660
52250	51710	50890
51660	50740	50120
50890	50330	49590
50120	49760	49180
49590	50700	48850
49180	49800	48090
48850	48260	47630
48090	47460	46870
47630	47740	45930
46870	47410	45670
45930	47010	44850
45670	45620	44310
44850	43830	43670
44310	44550	43220
43670	44800	42590
43220	44660	41790
42590	43860	41000

41790	43660	40550
41000	43480	39870
40550	43450	39080
39870	41960	39350
39080	41830	38780
39350	41310	38320
38780	38840	37720
38320	39610	36990
37720	40590	36840
36990	39420	36130
36840	39390	35550
36130	38950	34710
35550	38870	34420
34710	38070	33970
34420	37800	33520
33970	36470	32660
33520	36080	32190
32660	35900	31520
32190	34880	30410
31520	35460	36180
30410	35040	36030
36180	35060	35800
36030	35170	35060
35800	35170	34480
35060	34390	33950
34480	34270	33640
33950	33540	33300
33640	33620	33150
33300	33070	32830
33150	33130	32490
32830	32870	32090
32490	31150	31820

32090	31710	31650
31820	31440	31380
31650	31170	31120
31380	31000	30910
31120	30890	30670
30910	30380	30410
30670	29580	30190
30410	29790	29980
30190	29920	29760
29980	29490	29540
29760	28730	29320
29540	28660	29140
29320	28890	28890
29140	28050	28760
28890	27570	28430
28760	27020	28300
28430	26680	27950
28300	26930	27660
27950	26920	27380
27660	26700	27250
27380	26390	27090
27250	26760	26850
27090	26430	26730
26850	25380	26580
26730	25790	26280
26580	25030	26160
26280	25130	26020
26160	25240	25760
26020	24650	25640
25760	24260	25350
25640	24430	25230
25350	25010	25160

25230	24360	24790
25160	24020	24790
24790	23420	24610
24790	24080	24430
24610	23450	24210
24430	22760	24110
24210	22510	23900
24110	22600	23670
23900	22690	23480
23670	22400	23350
23480	22070	23000
23350	22060	22950
23000	21730	22740
22950	21600	22680
22740	21580	22550
22680	21380	22300
22550	21320	22230
22300	21090	21980
22230	20630	21930
21980	20250	21750
21930	20760	22740
21750	20570	22680
22740	20390	22550
22680	20330	22300
22550	20100	22230
22300	20040	21980
22230	19810	21930
21980	19750	21750
21930	19630	
21750	19590	
	19300	
	18980	

19160
19010
18950
18600
18480
18530
18540
18360
18200
17930
17760
17520
17520
17540
17300
17290
17050
16890
17060
16670
16640
16460
16470
16240
16210
16120
15790
16030
15900
15780
15580
15580



15400
15160
15070
14970
14870
14780
14810
14540
14650
14490
14430
14480
14190
14120
14030
13950
13870
13630
13520
13680
13510
13420
12960
13180
13230
13190
13140
12930
12670
12480
12380
12350



12320
12210
12220
12140
12200
12100
12020
11940
11750
11810
11760
11780
11720
11580
11540
11390
11430

2.4 Data kosentrasi partikel *ultrafine* rokok M dengan penambahan zat aditif RDB

Time (secon)	penambahan zat aditif				
	0.2 ml	0.4 ml	0.6ml	0.8ml	1ml
0	10018	23470	18360	14140	18010
10	9698	23430	18440	14120	17870
20	10020	23200	18330	14250	17730
30	9935	23000	18340	14090	17690
40	10620	22850	18360	189230	17580
50	13350	22680	20350	307800	17510
60	13930	23120	22430	323000	19110
70	14380	52740	21620	346900	20540
80	15810	77070	23600	376700	21970

90	16390	98770	28240	374800	31400
100	17020	134920	33500	374100	26800
110	18380	174400	38680	374200	35980
120	17730	210600	44490	369600	33600
130	19230	222700	33280	366300	44260
140	19970	252800	59920	361700	41990
150	21240	268300	61550	359700	59190
160	22010	307300	65950	356000	65410
170	23870	299000	70560	353000	70040
180	24550	312300	77970	345500	71640
190	27000	311000	84580	339500	84930
200	28510	306500	91630	337900	90860
210	28190	300700	96480	331300	96830
220	29550	324600	94360	328600	101040
230	30150	323100	100560	322300	101520
240	32550	321600	100790	315400	103880
250	32200	308300	102630	310500	108500
260	32630	298900	106600	303000	107600
270	33060	289000	115000	297300	112800
280	32520	285600	118500	290900	124300
290	31850	284800	117200	285300	123700
300	31950	281300	128700	281900	129000
310	31730	278300	130500	276800	144700
320	31280	276700	129100	271400	167100
330	31340	273600	132400	267300	174000
340	33360	270800	134700	260000	180400
350	32860	269300	132300	253200	172300
360	33990	266100	133700	249100	166800
370	35710	264200	133100	243600	190500
380	47440	261900	131100	241100	178000
390	86090	258400	134200	235100	176800
400	104360	254200	132600	231000	181700

410	145540	252400	136900	234600	181100
420	166000	250300	138000	241200	177300
430	176800	247800	134300	237400	174000
440	192500	245000	130300	234200	173200
450	189200	243100	125500	228900	172800
460	207600	240400	123900	221200	168800
470	211500	241100	123700	212500	167500
480	205300	244600	122000	206300	167900
490	210200	245300	121300	204500	165000
500	209500	241200	119700	201900	163500
510	204700	234500	117500	197300	161600
520	203100	228400	116500	194600	158800
530	200900	224400	113800	191900	158300
540	199300	221400	113600	188200	156400
550	196900	220200	112400	185300	154900
560	194000	217400	111900	182000	151100
570	192900	214700	110900	179700	151900
580	191900	213200	109200	176200	150700
590	188500	209500	108800	174200	146900
600	187000	207500	107200	173000	148400
610	184300	205300	105400	171100	145500
620	183100	202200	104700	168900	142100
630	180500	201100	104300	167400	141900
640	179200	199500	101890	165100	140300
650	178000	197500	101790	163900	138000
660	175100	193500	99090	161900	137000
670	173500	192100	99670	159300	134300
680	172800	190100	98530	157300	133800
690	171600	187800	97160	155800	131600
700	168800	185100	96260	154100	130000
710	167100	183500	95580	152300	128500
720	165100	181800	92360	151000	127900

730	163200	179700	92430	150000	124200
740	161100	177100	91390	147600	124700
750	159100	175500	91110	143300	124000
760	157000	173600	89290	143900	122800
770	153800	172300	87510	143000	121000
780	151400	170200	87120	140900	119300
790	148100	168600	85530	138500	117500
800	143200	166300	84970	136800	117800
810	134000	164700	84620	136500	116200
820	177300	163100	84200	134200	113400
830	190700	161000	83520	132900	112200
840	191800	158400	81520	131500	111400
850	191900	157500	80100	130300	110700
860	190500	156000	80040	128700	110500
870	189200	153800	79590	128100	108600
880	188200	152300	78220	125500	108100
890	186000	151300	77390	123800	106900
900	181100	150000	76730	123100	106500
910	177900	149600	75980	121100	104800
920	175600	147800	73470	119900	105500
930	169100	145200	72420	117900	102270
940	164300	144100	71800	116600	100960
950	157600	143200	69750	115700	100870
960	152300	141700	70220	113600	99150
970	148700	139000	68260	112500	98630
980	143900	137700	68100	111100	97940
990	140300	136500	68000	109900	96640
1000	137700	134600	66600	109400	96570
1010	134200	133100	66440	107400	95960
1020	131200	131700	65600	106200	94700
1030	128100	130200	65020	105100	93010
1040	124700	129700	62500	103400	92600

1050	121000	128200	63110	102600	91570
1060	118300	126800	62100	101090	90420
1070	116000	124700	61440	99220	89460
1080	113200	123800	60720	98320	89980
1090	111100	122100	60520	97340	87650
1100	109000	122100	60360	96270	86980
1110	107000	120600	59670	95410	85330
1120	104100	119400	58970	94310	85010
1130	102400	117600	58400	92660	84850
1140	101100	116700	57380	91660	84630
1150	100900	114700	57310	90780	83950
1160	100120	113100	57280	89570	82600
1170	99340	112300	55410	88570	82050
1180	98250	110900	54660	87200	80530
1190	96440	109800	54500	86180	80490
1200	94440	108900	53790	85060	79020
1210	92030	107800	53370	84530	78520
1220	90320	106800	52570	83210	77640
1230	89020	104900	52750	82430	76580
1240	87110	102810	52410	81200	76880
1250	85850	103000	52570	79990	75130
1260	84470	102300	51300	79280	74780
1270	83520	100030	50810	77980	73760
1280	82050	99230	50380	77460	73280
1290	80170	98270	49130	76580	72300
1300	79010	97440	49160	75240	72150
1310	77650	96850	48710	74440	72390
1320	76580	95640	48000	73280	71390
1330	75010	94460	47630	72650	70820
1340	73710	93640	47380	71960	69630
1350	72800	91820	46480	71270	68930
1360	71790	91050	46450	70350	68400

1370	70810	90490	45450	69580	68100
1380	69950	89490	45230	68700	65980
1390	68700	88860	44820	67290	65910
1400	67490	87030	44020	66650	66060
1410	66570	86290	43570	65900	65610
1420	65290	85710	43050	64660	65290
1430	64210	84450	43060	64110	64760
1440	63540	83850	42700	62850	64070
1450	62200	83240	42400	62450	62640
1460	61560	82540	42260	61550	62610
1470	60590	81620	41230	61230	61060
1480	59590	80470	40690	60550	61190
1490	59020	79300	40120	59660	60460
1500	58260	78870	39890	59190	60270
1510	57530	78210	39570	58090	59720
1520	56460	77390	39230	57800	59200
1530	55840	76490	38810	57150	58440
1540	54690	75650	38580	56560	58290
1550	54110	74660	38150	55540	58350
1560	53370	73840	37600	54960	57100
1570	52520	73340	37000	54600	57090
1580	52130	72500	36630	53970	56270
1590	51140	71720	36150	53020	55320
1600	49860	71110	35980	52700	54430
1610	49250	70280	35720	52160	54230
1620	48850	70040	35560	51360	53920
1630	48250	69380	35340	50600	53530
1640	47610	68620	34770	50120	52890
1650	46680	67380	34320	49410	52960
1660	45860	66450	34420	48850	52650
1670	45140	66090	33730	48220	51940
1680	44410	65580	33640	47900	51440

1690	44000	65020	33240	47320	50820
1700	43500	64470	32880	46940	50040
1710	42870	64120	32020	45940	49100
1720	42390	63150	31870	45520	48940
1730	41580	61780	31620	44910	48740
1740	41190	61690	31540	44430	48220
1750	40570	61050	31350	43930	47900
1760	40110	60640	31010	43690	47330
1770	39580	60020	30810	43110	47210
1780	38850	59300	30620	42610	46900
1790	38420	59070	30220	42180	46470
1800	37950	58590	29960	41630	45500
1810	37120	57590	29700	40980	45060
1820	36740	57400	29440	40810	44420
1830	36000	56770	28920	40260	44490
1840	35520	56220	28790	39820	44130
1850	34870	55260	28780	39340	43520
1860	34630	54890	28250	38770	43090
1870	33920	54410	28340	38440	42920
1880	33570	53870	27920	38220	42510
1890	32980	53470	27730	37730	42140
1900	32680	52910	27450	37550	42180
1910	31850	52760	27090	36860	41110
1920	31620	52050	26850	36250	40650
1930	31010	51500	26730	36130	40180
1940	30620	51040	26410	35520	40070
1950	30110	50260	26540	35010	39830
1960	29740	49930	26210	34840	39320
1970	29320	49580	26030	34540	38690
1980	29040	49090	25560	34160	38940
1990	28520	48770	25540	33860	38650
2000	28230	48250	25100	33640	37950

2010	27630	48000	24880	33190	37780
2020	27310	47370	24870	33060	37770
2030	26790	46810	24760	32520	37080
2040	26590	46760	24630	31790	36460
2050	26210	46210	24320	31630	36330
2060	25880	45680	24020	31410	35930
2070	25620	45040	24010	31010	35660
2080	25380	44780	23650	30730	35480
2090	24790	44360	23410	30460	35060
2100	24400	44130	23350	30170	34870
2110	24080	43790	23070	29890	34430
2120	23730	43450	22840	29630	34250
2130	23260	42990	22770	29260	34020
2140	22810	42540	22510	29110	33830
2150	22480	42220	22540	28900	33640
2160	22180	41680	22310	28580	33460
2170	21890	41190	22230	28280	33150
2180	21540	40720	21940	27890	32950
2190	21190	40460	21760	27470	32180
2200	20810	40230	21650	27210	31900
2210	20410	39830	21570	26940	32060
2220	20190	39450	21400	26760	31640
2230	19820	39100	21260	26510	31570
2240	19470	38890	21040	26320	31310
2250	19230	38580	20960	26000	31110
2260	18950	38160	20890	25760	30770
2270	18630	37760	20700	25530	30440
2280	18320	37450	20430	25410	30280
2290	18000	37060	20330	25140	30050
2300	17760	36600	20200	24990	29830
2310	17320	36420	20050	24880	29580
2320	16950	36130	20040	24580	29360

2330	16740	35870	19840	24400	28850
2340	16400	35440	19740	24160	28780
2350	16080	35260	19530	23960	28610
2360	15950	34990	19490	23720	28410
2370	15630	34550	19360	23420	27870
2380	15270	34390	19320	23190	27910
2390	15090	34090	19190	22900	27350
2400	14810	33830	19120	22780	27320
2410	14660	33670	18860	22640	26960
2420	14380	33380	18890	22470	26940
2430	14150	33210	18800	22260	26720
2440	13880	32880	18630	22070	26710
2450	13580	32510	18600	21910	26410
2460	13400	32120		21650	26260
2470	13330	31780		21510	26020
2480	13070	31590		21450	25900
2490	12850	31440		21220	25810
2500	12610	30960		21080	25320
2510	12410	30790		20940	25330
2520	12310	30610		20740	25200
2530	12030	30430		20580	25080
2540	11760	30110		20410	24760
2550	11490	29860		20270	24870
2560	11350	29710		20210	24500
2570	11240	29600		19960	24360
2580	11050	29240		19850	23970
2590	10830	29100		19690	24090
2600	10730	28830		19550	23900
2610	10550	28590		19450	23630
2620	10520	28390		19220	23430
2630	10260	28200		19160	23220
2640	10116	27840		19050	22990

2650	27490	18830	22930
2660	27350	18740	22700
2670	27230	18560	22320
2680	26970	18470	22550
2690	26730	18340	22340
2700	26570	18220	22320
2710	26420	18030	22110
2720	26200	17980	21790
2730	26020	17870	21770
2740	25850	17670	21660
2750	25600	17570	21540
2760	25530	17560	21490
2770	25280	17310	21270
2780	25170	17110	21230
2790	24930	17020	21060
2800	24750	16890	21020
2810	24560	16850	20790
2820	24470	16580	20580
2830	24400	16610	20580
2840	24140	16450	20520
2850	24100	16370	20360
2860	23960	16270	20220
2870	23920	16230	20180
2880	23850	16170	19930
2890	23960	16010	19810
2900	23560	15900	19810
2910	23460	15850	19730
2920	23300	15810	19690
2930	23240	15690	19490
2940	23210	15600	19330
2950	23200	15460	19270
2960	23080	15450	19170

2970	23130	16350	19150
2980	23130	16570	19050
2990	22960	16440	18940
3000	22930	16240	18830
3010	22920	15940	18790
3020	22880	15640	18560
3030	22850	15390	18570
3040	22780	15250	18510
3050	22700	15140	18340
3060	22680	15130	
3070		15100	
3080		14960	
3090		14970	
3100		14860	
3110		14850	
3120		14730	
3130		14740	
3140		14700	
3150		14540	
3160		14490	
3170		14470	
3180		14440	
3190		14370	
3200		14330	
3210		14420	
3220		14500	
3230		14440	
3240		14320	

2.5 Data konsentrasi partikel *ultrafine* rokok *M* dengan penambahan RDE

time (s)		penambahan zat aditif			
----------	--	--------------------------	--	--	--

	0.2 ml	0.4 ml		0.8ml	1ml
0	10730	25800		10640	9477
10	11530	26850		11220	9703
20	11040	26930		12090	10022
30	11960	26770		12190	10290
40	11240	27150		12130	10070
50	10043	27210		12510	9864
60	10050	42090		12200	9989
70	10390	61860		12640	10158
80	11500	72120	25780	12450	10114
90	11810	99600	49340	12550	10134
100	12040	120700	80880	12690	10530
110	11490	137010	86250	19390	10050
120	11500	167400	53100	15110	9788
130	10660	178400	58210	15390	10041
140	11240	213700	72480	19060	11460
150	11740	203900	93400	20850	12720
160	12220	202000	105890	23590	13350
170	11510	239200	123400	28070	12430
180	12580	255000	118830	25630	14650
190	18060	266000	135400	29110	18170
200	19460	249500	157900	38270	17250
210	22980	303900	164300	47910	18990
220	27200	315800	202800	60650	17400
230	27380	317900	227500	79230	20880
240	29090	314500	250800	74340	24290
250	32390	321700	245100	69140	36700
260	57350	333600	267600	86330	44890
270	76530	326200	269800	90300	39090
280	75540	327200	264500	86150	44450
290	81020	327800	263100	102220	52630

300	82000	323800	255300	110400	56510
310	99130	318700	240900	104520	55420
320	87670	316600	241000	109300	53560
330	93060	311300	236000	122400	61500
340	101290	308800	231800	125300	71180
350	101210	306500	232900	142100	82070
360	108500	303900	230400	143800	86110
370	108500	298800	229700	139800	85020
380	96920	296400	226800	146100	86410
390	107840	294600	225100	131200	89890
400	112800	292300	224100	135900	109070
410	109600	289100	221100	143000	104660
420	104070	284900	217200	133600	99000
430	97200	283000	216600	140000	109200
440	105500	281100	213400	142000	108800
450	108200	278600	212100	140000	111100
460	113700	272000	211500	137400	111300
470	107900	271400	209100	135100	120400
480	114300	267800	206800	132800	122900
490	112800	264700	205100	137000	127600
500	115800	263200	199700	137800	128300
510	128800	257600	200200	135800	131100
520	113700	252900	197600	132600	128600
530	111500	252000	194700	129300	118900
540	116200	244900	193000	124700	119000
550	111500	245500	190500	128600	123100
560	103410	242400	190500	127800	122000
570	111300	237400	187600	128700	124000
580	112300	238400	187300	130500	124800
590	109000	230100	184400	122900	122900
600	107800	231800	184000	128200	122300

610	103700	231100	176300	130700	116000
620	107500	228100	174500	128300	122400
630	108700	226600	176300	124700	119500
640	112800	224400	174500	123600	118300
650	106600	219900	173100	122200	121600
660	108800	217700	186800	123600	120600
670	108700	214400	195000	122400	121200
680	104600	210000	190300	121500	128400
690	142700	208800	189300	114700	120800
700	160900	206000	178000	113600	113900
710	151800	203200	175400	109700	120600
720	143600	200500	167800	106200	125900
730	137900	198100	161800	106960	122700
740	126800	195000	162000	104900	123500
750	116100	192700	157700	109600	119300
760	107700	190200	155200	111600	97760
770	100830	188000	153000	104580	84050
780	105700	185800	152700	100400	114050
790	116100	178900	151800	100490	118200
800	110700	180400	145000	103540	110400
810	98790	175500	147700	105700	105430
820	93560	172500	146300	105300	96770
830	96420	171000	143100	104000	108990
840	102250	168800	143800	101390	110700
850	113800	163600	138400	100100	112600
860	101970	154600	138000	96010	109200
870	100610	187100	139000	96890	121000
880	96190	199100	136200	92050	104170
890	99980	199000	130600	91110	101540
900	96550	196300	131300	95350	102030
910	96470	196400	132100	92060	103510

920	93620	194300	128800	89550	102000
930	92030	190200	128700	84040	109800
940	93180	187200	128500	86630	109700
950	91620	188700	126300	87830	103150
960	93130	186700	124300	85620	103400
970	88480	184500	124000	83780	96340
980	95560	182000	123000	84500	100280
990	89240	179600	116700	86030	98170
1000	87890	174800	117700	84390	96430
1010	81290	168600	119000	87940	99240
1020	94520	169200	116700	85450	89180
1030	90840	171200	114600	75310	98360
1040	81270	168700	114200	80830	92940
1050	91290	165200	113000	77310	98790
1060	91700	163100	111600	76640	93110
1070	76570	158700	109600	77370	87250
1080	78480	153900	107300	75810	99240
1090	90040	151400	105700	82170	97040
1100	83250	149800	106100	80630	98530
1110	84730	145700	105300	79850	78690
1120	86030	141900	105200	76040	84410
1130	80290	137800	104300	74570	87530
1140	74780	134200	102270	72390	76750
1150	79470	132800	101200	72830	80160
1160	75260	129100	100570	70040	92010
1170	75380	127600	98550	69350	85320
1180	80760	125500	94310	68260	85940
1190	81100	123700	94550	69780	77300
1200	72600	120500	96470	66020	82920
1210	77690	116100	94550	65890	83430
1220	77730	116800	92070	67420	83690

1230	74100	114700	88730	64180	80880
1240	74610	112000	91960	64140	77610
1250	74890	108500	90510	65330	76260
1260	77180	106400	90300	63770	82230
1270	71430	104210	89280	59030	75020
1280	69360	101030	88210	65990	72660
1290	70090	102250	85130	62650	73370
1300	66130	100750	84950	59780	76030
1310	64750	98930	84670	61230	75660
1320	63660	98620	83690	62530	72310
1330	65060	97180	82230	63280	62580
1340	64110	95460	82590	64070	68700
1350	68450	90940	81140	60590	74440
1360	65890	91630	81420	58570	67660
1370	67250	89820	80390	62000	72720
1380	64390	88460	77600	59160	64320
1390	61930	86520	77910	55790	66740
1400	63000	85310	77660	55640	61170
1410	62560	83990	77000	57250	62440
1420	63140	82860	76200	57040	60160
1430	60220	81670	72120	54040	60600
1440	57950	80900	74480	53330	62070
1450	53590	79840	72170	51900	65510
1460	56450	78360	71900	53430	70340
1470	57900	76030	72210	52820	63480
1480	56940	76280	71930	49600	54420
1490	57530	75000	69920	49830	57090
1500	58790	74010	69260	49170	61000
1510	56530	72230	69030	50690	55050
1520	50630	72070	67940	52120	62120
1530	55880	70960	67450	51870	54290

1540	51010	69640	66700	48400	59400
1550	48600	69260	66020	47480	57810
1560	42090	68000	65290	48620	48680
1570	48700	66890	65110	48920	56910
1580	50620	66220	63670	48220	53580
1590	53260	65230	61150	48670	55160
1600	52680	63980	61450	48860	53030
1610	47440	62920	60750	48630	43530
1620	50150	62540	59740	46590	49760
1630	48480	61250	60910	43950	54750
1640	48040	60050	60260	41690	58460
1650	43580	59570	59550	43340	52110
1660	48230	58110	59230	43500	47490
1670	47710	58150	59090	42070	45580
1680	47750	57570	57810	42100	47860
1690	47350	56750	56690	43190	43860
1700	45830	56210	57750	42820	51390
1710	49860	54550	53910	40960	49010
1720	42780	54580	54200	41690	49280
1730	43110	53810	53820	41270	48770
1740	44620	52790	54400	39960	50230
1750	41910	52170	53720	39130	47610
1760	42120	50390	53000	39420	38140
1770	45900	50720	52090	41290	42800
1780	44170	49970	51260	40470	45750
1790	41690	48980	51750	40380	51550
1800	44450	48220	50460	39320	48090
1810	38250	47530	50650	39870	43590
1820	37260	47230	49740	38440	39030
1830	37720	46670	48620	38070	34740
1840	40250	45400	48780	37210	34870

1850	37470	45070	48150	35210	40760
1860	38690	44480	47890	37220	42400
1870	36580	43940	47610	36650	44080
1880	36710	43840	46170	36410	41350
1890	37990	43510	45210	34230	40870
1900	35540	42480	45290	33090	38910
1910	39180	42130	44890	34460	40600
1920	38820	41290	44730	34850	41430
1930	39610	40720	44250	35920	39700
1940	35440	40200	43850	34610	39180
1950	35200	39640	43340	33860	37360
1960	33260	38710	43710	33440	28890
1970	31800	37920	42880	33250	38440
1980	36640	38220	42600	32590	37420
1990	37210	37500	41120	32420	34120
2000	34440	36550	39770	32340	32410
2010	33510	36380	39680	32480	34800
2020	31690	35260	40560	33700	29200
2030	31470	35640	40120	31430	34140
2040	32900	35360	39860	31120	32630
2050	34820	34560	39150	31090	35500
2060	32970	34190	39020	30240	37370
2070	32060	33720	38100	29790	36460
2080	30560	32990	37310	29450	29730
2090	30370	32870	37560	29730	31920
2100	26520	32080	37010	30760	33770
2110	31520	31870	37390	29750	35360
2120	32150	31460	35540	28890	32600
2130	31500	31140	36340	27350	28010
2140	31140	30620	36270	28440	26680
2150	27620	30330	35040	28270	29510

2160	27230	29920	35050	27390	31390
2170	25390	29110	34940	26260	33140
2180	27670	29070	34530	26280	29840
2190	24830	28690	33820	26640	29090
2200	26340	28440	33890	26680	30130
2210	27090	27930	33230	26610	31160
2220	25340	27500	33030	26590	31720
2230	26780	27180	32950	27340	25600
2240	28510	26590	33020	25940	28110
2250	28720	26180	32000	25320	27520
2260	26010	25880	32310	25510	24990
2270	24110	25350	31690	24770	25430
2280	26160	25330	31550	24780	27280
2290	25740	25080	31180	25580	27300
2300	26170	24640	30620	25320	22160
2310	24700	24600	30840	25080	26640
2320	21820	24430	30630	24640	26200
2330	24170	24050	29920	22760	25480
2340	23210	23210	29990	24500	25300
2350	23690	23070	29920	23700	26480
2360	25390	22190	29580	23560	22390
2370	25530	22350	29460	22850	24740
2380	24260	22290	29170	22500	27090
2390	22520	21800	29000	22420	27920
2400	20620	21610	28770	22280	24680
2410	20820	21470	28080	21560	21900
2420	20640	21190	27830	22120	23820
2430	20540	20750	27880	22400	21620
2440	20830	20330	27630	21950	24240
2450	20660	20370	27340	21940	23310
2460	21220	19900	27180	22060	23280

2470	20570	19740	26640	21290	20350
2480	20770	19360	26350	21430	21740
2490	18640	19120	26520	21670	24610
2500	19690	18890	25800	21120	21260
2510	20750	18780	26140	21210	20720
2520	18830		25840	20790	20510
2530	20900		25540	19990	20260
2540	20020		25540	20320	21010
2550	20460		24890	20670	21110
2560	22180		25220	21100	23050
2570	21650		24970	20830	20940
2580	18540		24460	18840	19120
2590	17790			18640	18720
2600	20420			20220	17010
2610	18010			19100	18090
2620	18140			19050	18880
2630	18720			18710	19590
2640	17010			18630	18520
2650	17880			18910	18120
2660	16370			18940	17030
2670	15250			18290	17890
2680	16620			18420	17900
2690	17760			18450	17440
2700	15830			18650	18500
2710	15750			18140	17760
2720	16300			17840	16370
2730	16170			18330	15540
2740	15930			17960	16600
2750	19050			18090	16330
2760	17790			18060	17190
2770	16970			17740	16160

2780	15140			17890	17230
2790	14220			17640	17070
2800	15540			17110	16300
2810	15040			17660	17460
2820	13980			17920	17050
2830	13370			17800	16230
2840	12840			17500	
2850	13700			17110	
2860	13870			17400	
2870	16350			17190	
2880	15190			17200	
2890				17270	
2900				16750	
2910				17140	
2920				16860	
2930				16860	
2940				16730	
2950				17150	
2960				17010	
2970				16610	
2980				16670	
2990				16170	
3000				16440	
3010				16540	
3020				16300	
3030				16090	
3040				16310	
3050				16220	
3060				16170	
3070				16160	
3080				16210	

3090			16230
3100			16080
3110			16100
3120			15940
3130			15800
3140			15630
3150			15890
3160			15840
3170			15680
3180			15500
3190			15590
3200			15600
3210			15640
3220			15430
3230			15540
3240			15500
3250			15420
3260			15460
3270			15480

LAMPIRAN 3

Data Total kosentrasi partikel *ultrafine* (A)

Tabel Total Kosentrasi Partikel *ultrafine* rokok N

Penambahan Zat aditif (ml)	Total Partikel <i>ultrafine</i> (pp/cc)	
	RDB	RDE

	0.2	372914955	238994935
	0.4	382948900	426067650
	0.6	488893550	2.54E+08
	0.8	100670350	164874450
1 (pengulangan 1)		464835500	1.48E+08
1 (pengulangan 2)		327120650	157175435
1 (pengulangan 3)		377327900	1.43E+08

Tabel Total Kosentrasi Partikel ultrafine rokok M

Penambahan Zat aditif (ml)	Total Partikel ultrafine (pp/cc)		
	RDB		RDE
0.2	193245500	160235430	
0.4	318340350	315725200	
0.6	142064800	251674420	
0.8	299070800	172266900	
1	205497150	163365865	

LAMPIRAN 4

Perhitungan nilai faktor emisi

Nilai faktor emisi RBD pada rokok N dan M

Penambahan zat aditif (ml)	emisi RDB rokok N	emisi RDB rokok M
0	0.35×10^{11}	2.58×10^{11}
0.2	1.311×10^{11}	6.79×10^{11}

0.4	1.35×10^{11}	11.19×10^{11}
0.6	1.72×10^{11}	10.51×10^{11}
0.8	1.699×10^{11}	7.2×10^{11}
1	1.37×10^{11}	4.99×10^{11}

Nilai faktor emisi RDE pada rokok N dan M

penambahan ml	emisi rokok N RDE	emisi rokok M RDE
0	2.58×10^{11}	2.58×10^{11}
0.2	8.4×10^{11}	5.62×10^{11}
0.4	15×10^{11}	11.1×10^{11}
0.6	8.9×10^{11}	8.85×10^{11}
0.8	5.55×10^{11}	6.06×10^{11}
1	5.26×10^{11}	5.74×10^{11}

LAMPIRAN 5

Data kecepatan hisap pompa

Pengukuran	Kecepatan (m/s)
1	7.37
2	7.03
3	7.06
4	7.43
5	7.27

6	7.17
7	7.2
8	7.17
9	7.19
10	7.13

Rata-rata 7.22

Luas lingkaran pada pipa

pengukuran	Diameter (cm)
1	0.76
2	0.77
3	0.79
4	0.75
5	0.74
6	0.75
7	0.74
8	0.78
9	0.71
10	0.72

rata-rata

diameter

rjari-jari

luas (A)

0.751

0.3755

0.442740785 cm²