



UNIVERSITAS INDONESIA

RANCANG BANGUN
PORTABLE SMOKE PARTICULATE COLLECTOR
BERBASIS *THERMOPHORETIC FORCE*

SKRIPSI

DEDE FADILAH

0706198442

FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
DEPOK
JULI 2009



UNIVERSITAS INDONESIA

RANCANG BANGUN
PORTABLE SMOKE PARTICULATE COLLECTOR
BERBASIS *THERMOPHORETIC FORCE*

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

DEDE FADILAH

0706198442

FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
DEPOK
JULI 2009

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

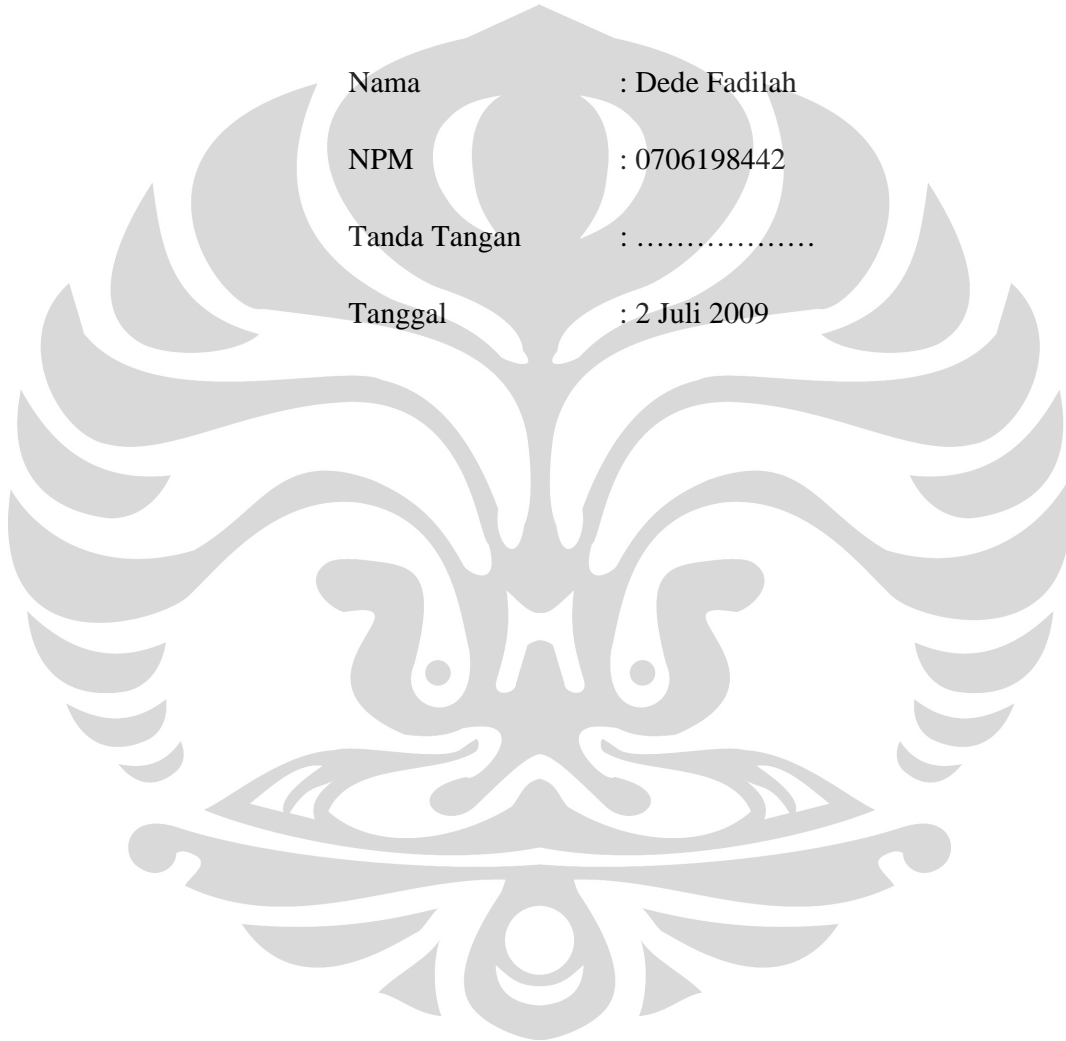
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Dede Fadilah

NPM : 0706198442

Tanda Tangan :

Tanggal : 2 Juli 2009



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Dede Fadilah

NPM : 0706198442

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Rancang Bangun *Portable Smoke Particulate Collector* Berbasis *Thermophoretic Force*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Imansyah Ibnu Hakim, M.Eng (.....)

Penguji : Prof. Dr. Ir. Budiarmo, M.Eng (.....)

Penguji : Dr. Ir. Engkos A. Kosasih, M.T. (.....)

Penguji : Dr. Ir. Yulianto S. Nugroho, MSc (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 2 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dan masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Ir. Imansyah Ibnu Hakim, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini,
- 2) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral dan
- 3) Para sahabat saya yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 2 Juli 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dede Fadilah
NPM : 0706198442
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : **Rancang Bangun Portable Smoke Particulate Collector Berbasis Thermophoretic Force**, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 2 Juli 2009

Yang menyatakan

(Dede Fadilah)

ABSTRAK

Nama : Dede Fadilah
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Rancang Bangun *Portable Smoke Particulate Collector*
Berbasis *Thermophoretic Force*

Salah satu unsur yang sangat penting untuk mempertahankan kehidupan umat manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan adalah udara, namun seiring dengan berkembangnya kehidupan manusia maka semakin banyak pencemaran yang dihasilkannya, salah satu hasil pencemaran yang umum terjadi dalam masyarakat adalah polutan dari asap rokok. Partikel dari asap rokok tersebut dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan pada manusia.

Salah satu cara untuk mengurangi pencemaran udara akibat asap rokok adalah dengan mendepositkan partikel-partikel dari asap rokok tersebut sehingga kebersihan udara sekitar dapat tetap terjaga.

Dalam penelitian ini, dibuat suatu alat uji *thermal precipitator* untuk mendepositkan partikel-partikel yang ada di dalam asap rokok dengan memanfaatkan gaya *thermophoretic*. Gaya tersebut adalah gaya yang diberikan kepada partikel yang tersuspensi di suatu aliran fluida dimana apabila didalam aliran tersebut terdapat perbedaan temperatur maka partikel tersebut akan bergerak menuju daerah yang memiliki temperatur lebih rendah. Dari hasil eksperimen dan analisa dapat diambil kesimpulan bahwa *thermal precipitator* ini dapat digunakan sebagai *smoke collector*. Hal ini dibuktikan dengan melakukan observasi dengan mengukur kadar asap yang dapat di depositkan oleh *thermal precipitator* ini dengan menggunakan gas sensor.

Kata kunci:

thermophoresis, asap rokok, *thermal precipitator*.

ABSTRACT

Name : Dede Fadilah
Study Program : Mechanical engineering
Title : Design and Manufacture of Portable Smoke Particulate
based on Thermophoretic Force

One of most important element to maintain a life from humans, animals and plants is an air, but within time, human life has change a lot and created more pollution, one of the pollution that is happening among the society is the pollutant from tobacco smoke. The particles from the smoke could cause so much distraction on human health.

In order to reduce air pollution by tobacco smoke, the particles from the tobacco smoke should be deposited so then the surround air quality can be keep clean and healty.

In this research, we will try to create a thermal precipitator for depositing the particles that exist in the smoke of cigarette by using thcrmoporetic force. That force is force which is given to the particles which suspended in a fluid if there is difference in the fluid's temperature that will cause the particles to move to the region with lower temperature. From the experiment and analysis, we can make a conclusion that thermal precipitator can be used as smoke collector. This can be seen by doing an observation by measuring the smoke density which can be deposited by thermal precipitator by using gas sensor.

Key words:

thermophoresis, tobacco smoke, thermal precipitator

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metode Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Definisi Pencemaran Udara.....	4
2.2 Bahaya Asap Rokok.....	4
2.3 Aerosol.....	6
2.4 Gaya-gaya yang bekerja pada Suatu Partikel.....	9
2.5 Pengukuran Kualitas Udara.....	15
BAB III PERANCANGAN ALAT.....	19
3.1 Konsep Perancangan.....	19
3.2 Desain Alat.....	22
3.3 Spesifikasi Alat.....	28
BAB IV PROSEDUR PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN.....	29
4.1 Pengoperasian Alat.....	29
4.2 Perawatan Alat.....	33
BAB V KESIMPULAN.....	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
Daftar Pustaka.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rokok.....	4
Gambar 2.2	Komposisi Rokok.....	5
Gambar 2.3	Particle Size and definitions for aerosol.....	8
Gambar 2.4	Thermophoretic Force.....	10
Gambar 2.5	Dust Free Zone.....	11
Gambar 2.6	Thermophoretic Phenomena.....	12
Gambar 2.7	Thermophoretic Force for small particle.....	12
Gambar 2.8	Thermophoretic Force for big particle.....	13
Gambar 2.9	Pergerakan partikel.....	14
Gambar 2.10	Aerosol Particel Counter.....	16
Gambar 2.11	High Volume Air Sampler.....	16
Gambar 2.12	Non dispersive infrared sensor.....	17
Gambar 2.13	Gas sensor.....	18
Gambar 3.1	Percobaan Pertama.....	22
Gambar 3.2	Desain dan alat percobaan kedua.....	24
Gambar 3.3	Alat percobaan ketiga.....	24
Gambar 3.4	Pergerakan asap tanpa cooler.....	25
Gambar 3.5	Pergerakan asap dengan cooler.....	25
Gambar 3.6	Desain akhir alat.....	26
Gambar 3.7	Skema pengelompokkan sistem.....	26
Gambar 4.1	Portable Thermal Precipitator.....	29
Gambar 4.2	Heater.....	30
Gambar 4.3	Peletakkan pipa dalam corong.....	31
Gambar 4.4	Casing + corong.....	31
Gambar 4.5	Posisi peletakan asap rokok.....	32
Gambar 4.6	Kondisi asap keluaran thermal precipitator.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi <i>Smoke</i>	7
Tabel 2.2	Particle Size and Cleaning Type	8



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya (Abrizar Ramadhana 2008), yaitu dimana pada penelitian sebelumnya diberikan beberapa saran untuk pengembangan alat *thermal precipitator* sebagai *smoke collector* berbasis *thermophoretic force*, desain sebelumnya memiliki bentuk dan ukuran yang besar sehingga tidak dapat dibawa dengan mudah, oleh karena itu pada penelitian kali ini akan mencoba untuk mengembangkan alat tersebut menjadi sederhana dan mudah dibawa (*portable*), selain itu alat tersebut juga harus mudah untuk dibersihkan. Pada penelitian sebelumnya dilakukan observasi untuk mengetahui kadar asap rokok yang dapat didepositkan menggunakan *thermal precipitator* skala lab. Maka pada penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui kadar asap rokok dan massa asap rokok yang dapat didepositkan menggunakan *thermal precipitator portable*, serta pada penelitian ini juga diharapkan dapat diketahui tingkat konsentrasi asap setelah melewati *thermal precipitator*.

Bahaya asap rokok bagi manusia sangatlah jelas, mulai dari kerusakan paru-paru sampai pada gangguan janin pada ibu hamil, pada balita dan anak-anak apabila menghirup asap rokok ini dapat mengganggu perkembangan mereka. Dari beberapa penelitian didapatkan bahwa kadar nikotin dalam asap rokok *sidestream* (yang dilepas ke udara) 4-6 kali lebih banyak daripada asap rokok *mainstream* (yang dihisap oleh perokok). (Susanna, D. et al.1993). ini menunjukkan bahwa perokok pasif lebih berbahaya daripada perokok aktif.

Dalam penelitian tugas akhir ini upaya yang memungkinkan dapat membantu pengendalian pencemaran udara adalah menggunakan alat uji *thermal precipitator* yang berfungsi sebagai *smoke collector*. Alat ini memanfaatkan gaya *thermophoresis*, gaya *thermophoresis* adalah gaya yang mengenai partikel karena adanya gradien temperatur dan menyebabkan partikel bergerak dari zona temperatur yang tinggi ke zona temperatur yang

lebih rendah. Hal tersebut disebabkan oleh transfer momentum dari lingkungan sekitar ke partikel melalui media panas. [Cipolla, J. et al. 2001].

1.1 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

Rancang bangun ulang alat *thermal precipitator* untuk smoke dust collector (asap rokok) yang sederhana (*portable*) dan mudah dibersihkan yang memanfaatkan prinsip gaya *thermophoretic*.

1.2 BATASAN MASALAH

Dalam penelitian tugas akhir ini dibatasi permasalahannya mengenai karakterisasi *thermal precipitator* yang digunakan untuk proses deposit *smoke aerosol* berukuran $0.01\mu\text{m} \leq d_p \leq 1\mu\text{m}$, serta kecepatan aliran asap atau udara yang mengalir melalui *thermal precipitator* ini kecepatannya bergantung pada kecepatan udara lingkungan.

1.3 METODE PENELITIAN

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, metode penelitian yang digunakan antara lain :

Studi literature

Mencari dan mempelajari materi-materi tentang *thermophoresis* yang didapat dari buku-buku, journal dan artikel-artikel.

Design alat

Setelah mendapatkan dan mempelajari informasi yang cukup mengenai prinsip dari *thermal precipitator* maka terlebih dahulu merancang beberapa bentuk alat sampai didapat bentuk yang ideal sesuai tujuan tugas akhir ini.

Fabrikasi dan Assembly

Pembuatan alat diawali dengan proses fabrikasi, yaitu meliputi pembuatan bagian *smoke* pemampung asap, heater, dan casing. Kemudian merakit semua *part* sehingga terbentuk suatu alat uji *thermal precipitator* yang dapat bekerja dengan baik.

Preliminary Test

Untuk mengetahui alat uji tersebut berfungsi atau tidak, perlu dilakukan *preliminary test*. Seperti pengetesan *heater*, apakah *heater* dapat bekerja dengan baik atau cepat merespon apabila tegangan input dirubah-rubah. Selain itu juga dilakukan test alat ukur dengan melakukan kalibrasi.

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang deskripsi tugas akhir secara umum, yang meliputi latar belakang masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Berisi tentang teori-teori umum sebagai dasar dalam pembuatan tugas akhir ini meliputi teori gaya-gaya yang bekerja pada suatu partikel, dan teori aerosol.

BAB III PERANCANGAN ALAT

Berisi tentang konsep perancangan, design alat uji, dan spesifikasi alat.

BAB IV PROSEDUR PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN

Berisi tentang cara pengoperasian alat agar dapat dilakukan pengujian dengan baik serta perawatannya.

BAB V KESIMPULAN

Berisi kesimpulan dan saran dari pembuatan tugas akhir ini.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 DEFINISI PENCEMARAN UDARA

Pencemaran udara adalah suatu kondisi di mana kualitas udara menjadi rusak dan terkontaminasi oleh zat-zat, baik yang tidak berbahaya maupun yang membahayakan kesehatan tubuh manusia. Pencemaran udara biasanya terjadi di kota-kota besar dan juga daerah padat industri yang menghasilkan gas-gas yang mengandung zat di atas batas kewajaran.

Rusaknya atau semakin sempitnya lahan hijau atau pepohonan di suatu daerah juga dapat memperburuk kualitas udara di tempat tersebut. Semakin banyak kendaraan bermotor dan alat-alat industri yang mengeluarkan gas yang mencemarkan lingkungan akan semakin parah pula pencemaran udara yang terjadi. Untuk itu diperlukan peran serta pemerintah, pengusaha dan masyarakat untuk dapat menyelesaikan permasalahan pencemaran udara yang terjadi. Sedangkan dari lembaga penelitian ataupun perguruan tinggi berperan untuk membuat suatu penelitian mengenai pembuatan alat uji atau terobosan teknologi tepat guna untuk mengurangi pencemaran udara.

2.2 BAHAYA ASAP ROKOK

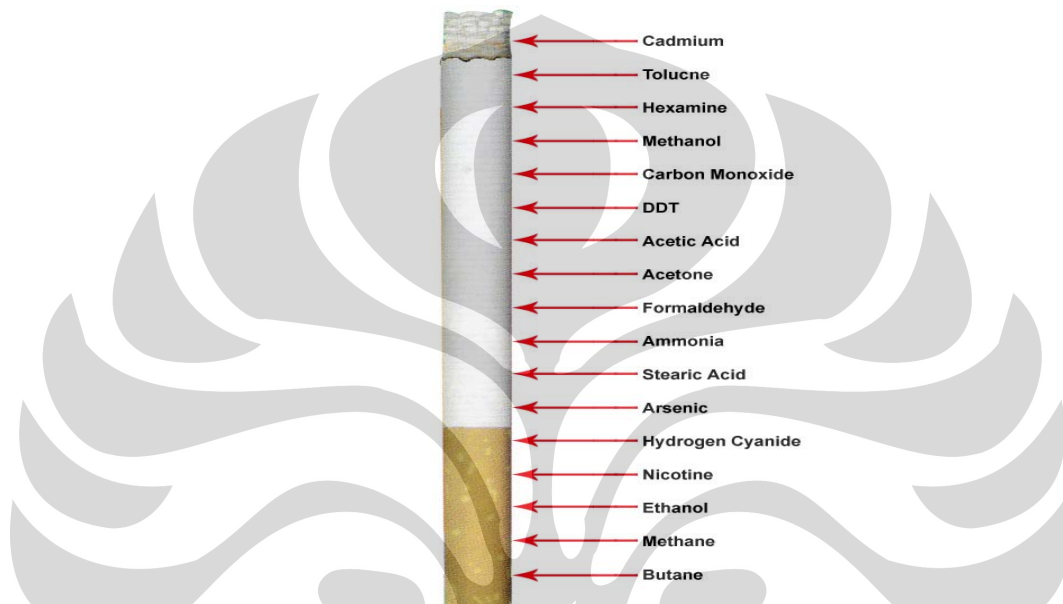
Bahan pencemar udara yang dikeluarkan rokok ternyata sepuluh kali lebih besar dibanding yang dikeluarkan mesin diesel, demikian hasil penelitian di Italia. Para ilmuwan membandingkan jumlah bahan-bahan yang dikandung dalam asap mesin mobil berbahan bakar diesel dengan asap rokok.



Gambar 2.1 Rokok

(sumber : <http://merry-christina.blogspot.com>)

Hasilnya, tiga batang rokok yang mengepul ternyata menghasilkan peningkatan partikel di udara sepuluh kali lebih banyak daripada yang dikeluarkan asap mesin yang menyala. Hal ini dibuktikan pada penelitian yang dilakukan oleh tim dari institute kanker nasional italia yang dipimpin oleh Giovanni Invernizzi. Percobaan ini dilakukan di sebuah garasi di kota kecil Chiavenna, dekat Alpin.



Gambar 2.2 Komposisi Rokok

(sumber : <http://merry-christina.blogspot.com>)

Tim dari institute kanker nasional italia menggunakan mobil Ford Mondeo turbo diesel tahun 2002 bermesin 2 liter dan telah dipakai selama enam bulan. Mobil itu dibiarkan menyala dalam garasi tertutup selama 30 menit dimana alat penganalisa akan mengambil contoh udara tiap dua menit. Garasi kemudian dibuka dan dibersihkan dari asap selama empat jam. Kemudian pintunya ditutup lagi dan tiga batang rokok dinyalakan bergantian selama total 30 menit. Selanjutnya para ilmuwan melakukan pengukuran dan alat penganalisa menunjukkan adanya partikel pencemar sepuluh kali lebih banyak dari asap rokok dibanding asap mesin diesel. Bahkan tingkat polusi partikel-partikel yang berbahaya bagi kesehatan jauh lebih banyak. Partikel-partikel kecil yang berukuran kurang dari 2,5 mikrometer dari asap rokok itu

bisa masuk ke alveoli paru-paru dimana ia bisa menimbulkan kerusakan parah.

Kebanyakan bahan kimia yang dikeluarkan asap rokok merupakan bahan-bahan yang merusakkan lingkungan. *Aldehyd* misalnya merusakkan tanaman, mata dan saluran pernafasan, lanjutnya. Sedangkan *Nitric Oksida* adalah biang keladi terbentuknya lapisan ozon.

2.3 AEROSOL

Aerosol merupakan partikel dari zat padat atau cair yang tersuspensi dalam gas. Partikel-partikel yang berasal dari beragam jenis karakteristik kimiawi akan membentuk jenis-jenis *aerosol* sebagai:

- a. *Dust*
- b. *Smoke*
- c. *Fume*
- d. *Mist*
- e. *Fog*
- f. *Smog*
- g. *Cloud Droplets*

Secara khusus pembuatan *thermal precipitator* ini menggunakan *smoke* yang merupakan bagian dari *aerosol* tersebut. *Smoke* adalah partikel-partikel dengan geometri bola yang dihasilkan dari proses pembakaran. *Tobacco smoke* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki diameter partikel yang kecil yaitu $0,01 \mu\text{m} \leq d_p \leq 1 \mu\text{m}$.

Pada penelitian ini, *aerosol* / partikel yang akan digunakan adalah *smoke* (asap rokok). Dasar pemilihan *smoke* ini karena merupakan salah satu pencemar udara dan mudah digunakan, serta dapat mewakili kondisi polusi udara di Indonesia.

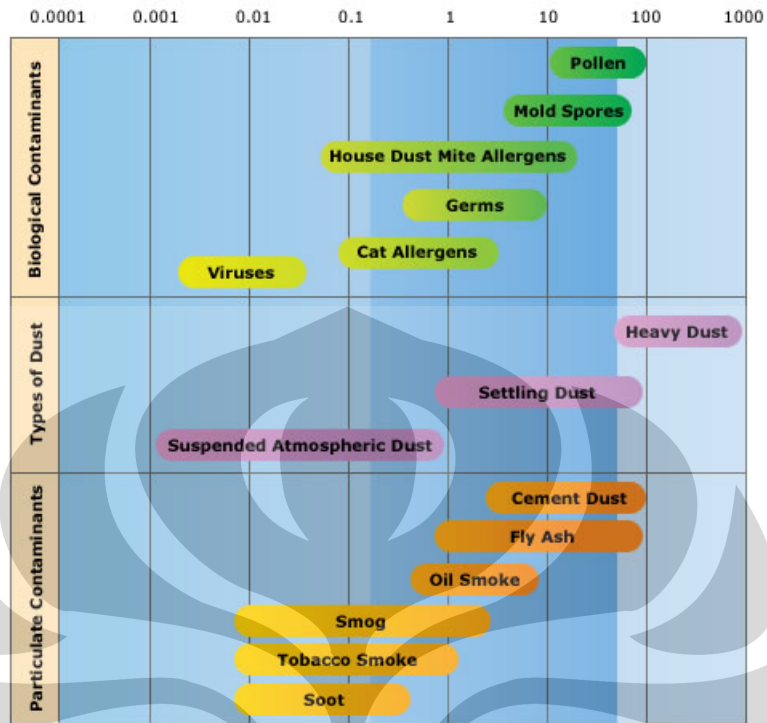
Adapun spesifikasi dari partikel uji sebagai berikut:

Tabel 2.1 Spesifikasi *Smoke*

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Jenis Aerosol	Smoke	
2	Nama Aerosol	Tobacco Smoke	
3	Diameter partikel	0,01 ~ 1	μm
4	Density	1,1	g/cm^3
5	Molecular mass	162,23	g/mol
6	Boiling point	247	$^{\circ}\text{C}$

Untuk metode pembersihan *aerosol* (*type of gas cleaning equipment*) diketahui ada beberapa macam tipe pembersihan antara lain *thermal precipitator*, *ultrasonics* (penggunaanya sangat terbatas hanya pada beberapa industri saja), *settling chambers* (efektif digunakan pada partikel berukuran lebih dari $10\mu\text{m}$, *centrifugal separators* (digunakan pada partikel berukuran $0,5\ \mu\text{m} \leq d_p \leq 100\ \mu\text{m}$), *high efficiency air filters* (digunakan pada partikel berukuran $d_p \leq 0,5\ \mu\text{m}$), *impingement separators* (digunakan pada partikel berukuran $5\ \mu\text{m} \leq d_p \leq 5\ \text{m}$), *mechanical separators* (digunakan pada partikel berukuran $5\ \mu\text{m} \leq d_p \leq 500\ \mu\text{m}$), dan masih banyak lagi.

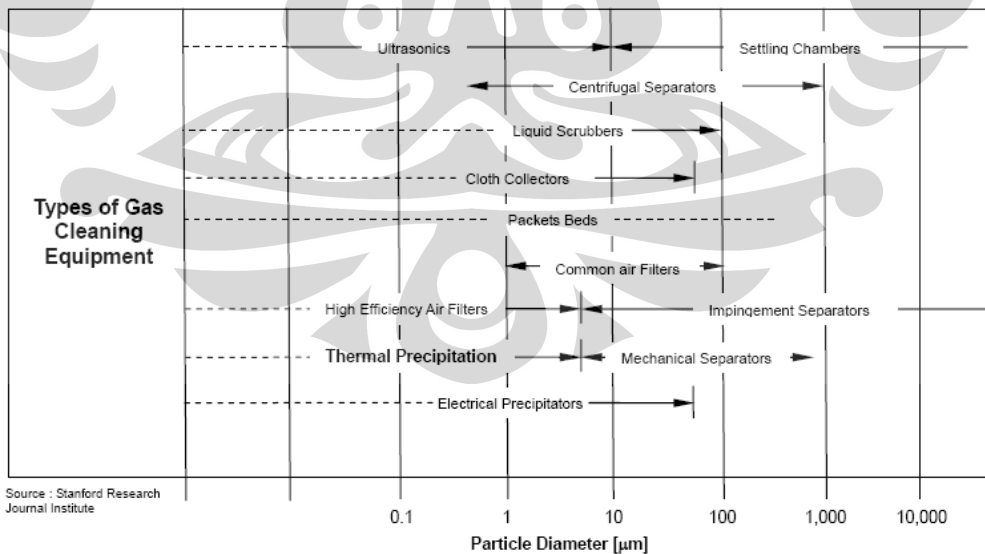
Dengan mengetahui macam-macam metode pembersihan *aerosol*, untuk jenis *aerosol tobacco smoke* yang mempunyai ukuran partikel $0,01\ \mu\text{m} \leq d_p \leq 1\ \mu\text{m}$ maka jika dilihat dalam label yang paling efektif adalah dengan menggunakan *thermal precipitator*. Metode ini menggunakan prinsip *thermophoresis force* untuk menangkap partikel-partikel *smoke*. Oleh karena itu *thermal precipitator* ini dapat digunakan untuk *dust / smoke collector*.



Gambar 2.3 Particle Size and definitions for aerosol

Sumber : http://www.air-purifiers-america.com/images/lc_home_airParticlesChart.jpg

Tabel 2.2 Particle Size and Cleaning Type



(Sumber : Stanford Research Institute Journal,1961)

Ada dua prinsip untuk memindahkan partikel *aerosol* yang terkandung dalam udara:

1. Partikel dapat menabrak partikel lain sehingga ukurannya menjadi lebih besar dan lama kelamaan akan jatuh karena pengaruh gaya gravitasi.
2. Partikel dapat menempel pada permukaan, menjadi banyak sehingga partikel tersebut dapat dengan mudah dibuang.

Proses dimana partikel bergerak dari suatu permukaan ke permukaan lain disebut *diffusion* dan gerakannya disebut difusi sedangkan proses pergerakannya disebut *Brownian motion*, difusi biasanya terjadi pada partikel dengan ukuran kecil ($d < 0.1 \mu\text{m}$).

2.4 GAYA-GAYA YANG BEKERJA PADA SUATU PARTIKEL

Semua benda bergerak karena adanya pengaruh dari lingkungan sekitar, dengan tidak mengabaikan momentum benda itu sendiri. Demikian juga dengan partikel debu, *smoke* ataupun asap rokok. Setiap partikel yang bergerak pada suatu media mendapatkan gaya-gaya dari luar yang menyebabkan partikel tersebut bergerak, antara lain disebabkan oleh :

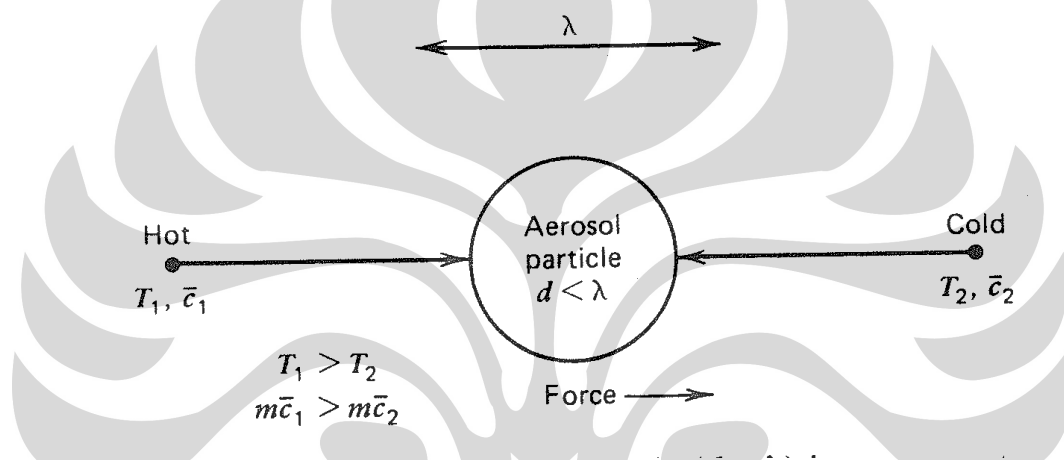
2.4.1 Gaya Thermophoresis (*Thermophoretic Force*)

Thermophoresis adalah fenomena pergerakan partikel dalam suatu aliran fluida yang tersebar pada suatu sistem yang diakibatkan oleh perbedaan temperatur dalam sistem tersebut. Partikel bergerak dari zona temperatur panas menuju zona temperatur rendah. Hal ini disebabkan oleh adanya transfer momentum dari lingkungan sekitar ke partikel melalui media panas. Pergerakan partikel dalam sistem itu bergerak menuju daerah-daerah yang memiliki temperatur lebih rendah. Jika terdapat gradien temperatur di dalam suatu volume udara maka partikel cenderung akan bergerak ke daerah yang lebih dingin (Sippola, 2002). Perbedaan temperatur akan menyebabkan terbentuknya perbedaan momentum pada partikel yang menempati *region* di dalam sistem volume kontrol.

Lingkungan sekitar partikel diasumsikan dalam kondisi diam tanpa adanya gerakan udara dan tidak ada gaya-gaya lain yang bekerja pada partikel.

Gaya thermophoresis memiliki aplikasi dalam berbagai bidang diantaranya untuk *aerosol thermal precipitator*, pembuatan serat optik, pembersihan gas, safety pada reaktor nuklir, proses pembuatan semiconductor dan perlindungan permukaan benda dari deposisi partikel.

Beberapa gaya menyebabkan pergerakan partikel, tetapi gaya thermophoresis mempunyai pengaruh yang dominan pada pergerakan partikel yang berukuran $0,01 \mu\text{m} < dp < 1 \mu\text{m}$. Di luar ukuran tersebut maka gaya thermophoresis tidak dominan mempengaruhi pergerakan partikel, melainkan gaya lainnya.



Gambar 2.4 Thermophoretic Force

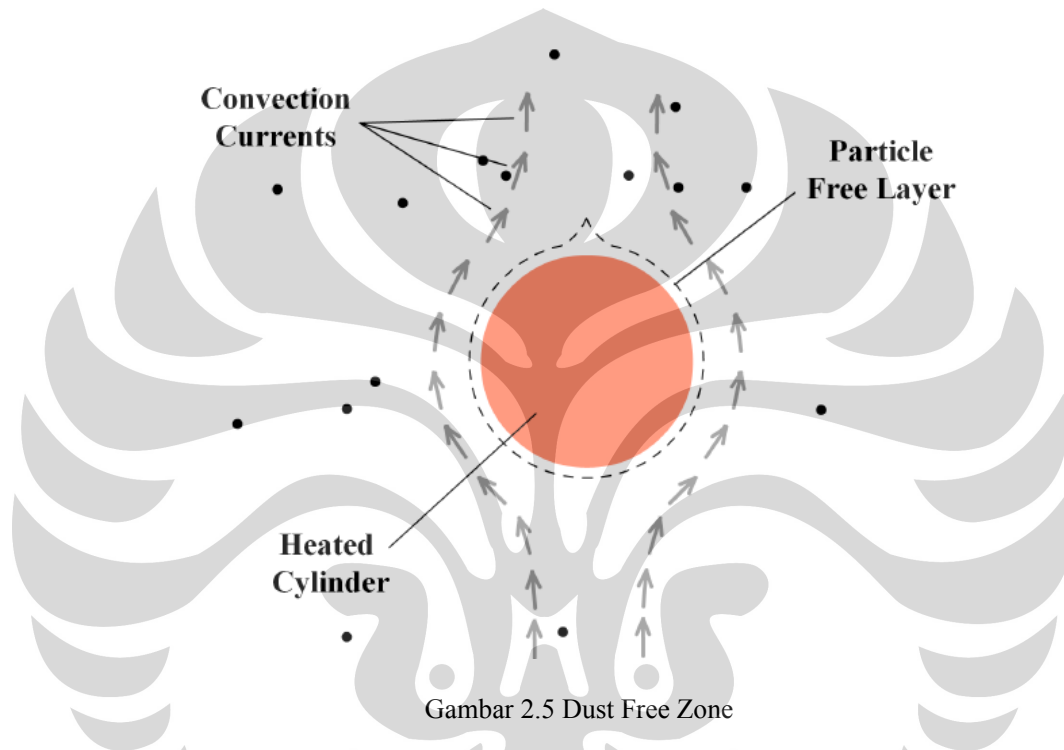
Keterangan :

- d = diameter partikel
- λ = *Mean free path* partikel
- c_1 = Kalor jenis molekul 1
- c_2 = Kalor jenis molekul 2
- T_1 = Temperatur molekul sisi panas
- T_2 = Temperatur molekul sisi dingin
- m = Massa molekul

Gaya Thermophoresis adalah gaya yang timbul dikarenakan adanya perbedaan temperatur antara dua zona. Gaya Thermophoresis akan menyebabkan sebuah partikel yang berada di antara dua zona tersebut bergerak menuju zona dengan temperatur yang lebih rendah. Selain adanya gradient temperatur faktor lain yang mempengaruhi phenomena

thermophoresis ini antara lain adalah ukuran partikel, ukuran dari *flow chanel*, dan *thermal conductivity* dari partikel.

Apabila kita mengalirkan asap pada sebuah batang panas, maka kita dapat melihat aliran asap (partikel asap) tersebut menjauhi batang tersebut sehingga terbentuk daerah bebas debu (*dust free zone*), daerah ini biasanya mempunyai ketebalan 1 mm.



Phenomena ini pertama kali diteliti oleh Tyndall (1870) dimana pada percobaannya tersebut partikel asap bergerak dari daerah bertemperatur tinggi ke daerah bertemperatur rendah. Lalu pada tahun 1935 dan 1936 Watson dan Miyake menemukan sebuah rumus empiris mengenai ketebalan lapisan bebas debu pada sebuah batang panas yang dialiri asap

$$\sigma_{df} = L \Delta T H^{-0.38} \quad (2.1)$$

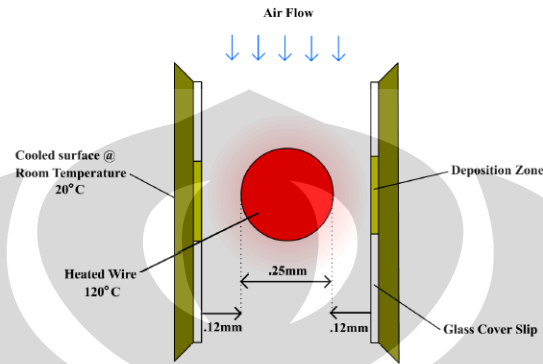
Dimana :

ΔT = perbedaan temperatur antara batang panas dengan temperatur udara sekitar

L = konstanta 1.56×10^{-4} untuk permukaan vertical dan 7.3×10^{-5} untuk

permukaan horizontal

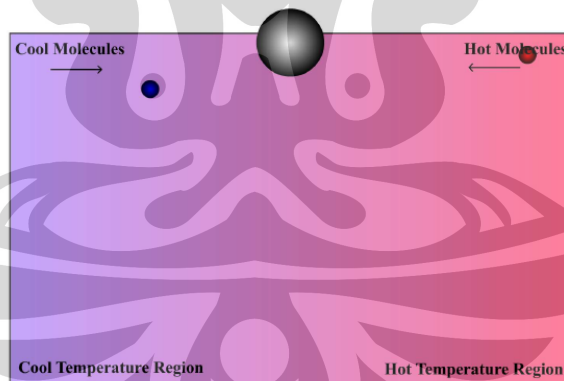
H = convective heat loss suatu benda (kalori/cm²/s) nilai H ini biasanya sekitar $H \approx 1 \times 10^{-4} \Delta T^{1.25}$.



Gambar 2.6 Thermophoretic Phenomena

a. Partikel kecil

Untuk partikel yang memiliki diameter lebih kecil daripada *gas mean free path* ($0.066\mu\text{m}$) gaya thermoforesis bergantung pada gradien temperatur udara disekitar molekul.



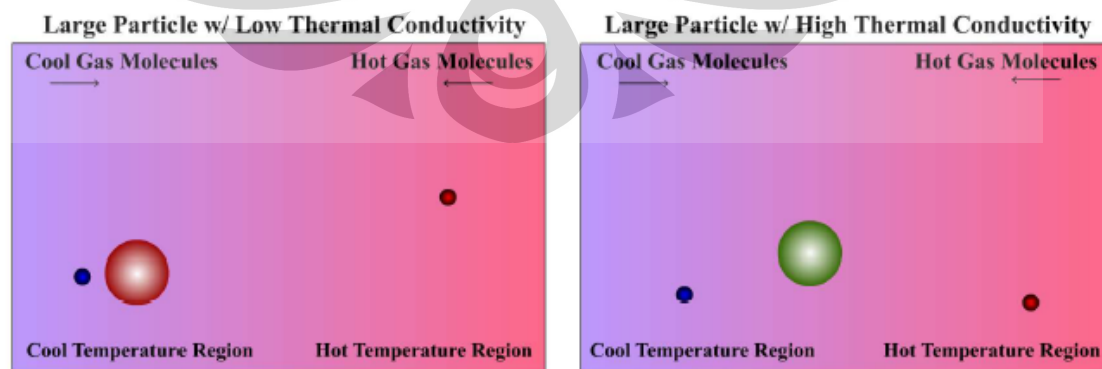
Gambar 2.7 Thermophoretic Force for small particle

Seperti terlihat pada gambar diatas molekul yang datang dari sebelah kanan (sisi panas) memiliki kecepatan yang lebih tinggi daripada molekul yang datang dari sebelah kiri (sisi dingin) hal ini disebabkan karena molekul yang datang dari sisi kanan memiliki energi kinetik yang lebih besar daripada molekul yang datang dari sebelah kiri, ketika terjadi tumbukan antara partikel dengan molekul panas dan molekul dingin partikel cenderung bergerak kearah

sisi dingin karena momentum yang diterima partikel lebih besar sisi kanan daripada sisi kiri.

b. Partikel besar

Untuk partikel dengan diameter lebih besar daripada *gas mean free path* ($0.066\mu\text{m}$), fenomena thermoforesis yang terjadi berbeda dibandingkan dengan temperature kecil, fenomena ini cenderung lebih rumit karena adanya gradien temperatur yang timbul diantara partikel itu sendiri. Gradien temperatur (diantara partikel) mempengaruhi gradien temperatur antara gas dengan partikel, kedua gradien tersebut (gradien antara partikel dengan partikel dan gradien antara partikel dengan lingkungan) dipengaruhi oleh *thermal conductivity* dari partikel K_p dan *thermal conductivity* dari udara K_a . Hal ini mengakibatkan partikel masih menerima momentum dari molekul gas dari sisi panas daripada sisi dingin sehingga partikel bergerak ke temperatur yang lebih rendah. Namun untuk partikel yang memiliki *thermal conductivity* yang lebih besar gaya thermoforesis yang terjadi menjadi lebih kecil hal ini disebabkan karena gradien temperatur yang timbul antara partikel dengan udara sekitar berkurang (temperatur udara disekitar sisi dingin meningkat karena dipengaruhi panas yang diserap oleh molekul karena kemampuan molekul tersebut menyerap panas/ *high thermal conductivity*). Dengan kata lain energi yang diterima dari sisi panas dapat ditransferkan secara cepat ke sisi dingin dan memanaskan sisi dingin, sehingga mengurangi pengaruh gaya thermoforesis.



Gambar 2.8 Thermophoretic Force for big particle

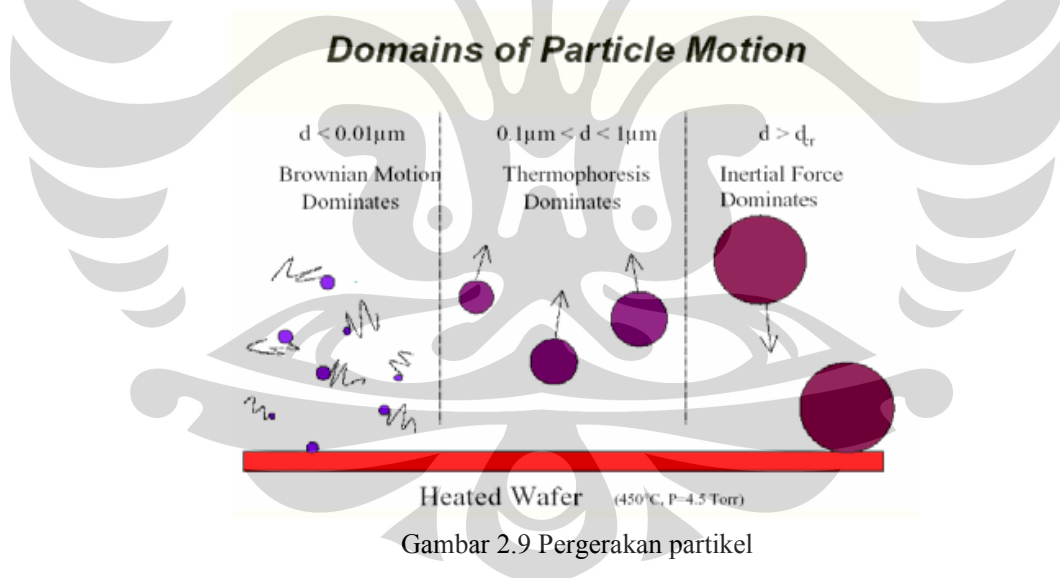
2.4.2 Gerak *Brown*

Gerak ini terjadi pada partikel yang berukuran submikron ($d < 0.01 \mu\text{m}$). Gerakan ini terjadi karena efek momentum antar partikel.

Pergerakan Brownian adalah pergerakan acak (*random*) dari suatu partikel solid yang tersuspensi dalam suatu fluida. Pergerakan Brownian tersebut disebabkan oleh adanya ketidakseimbangan gaya yang dihasilkan dari pergerakan partikel-partikel fluida yang berukuran jauh lebih kecil dari partikel solid dan menumbuk partikel solid secara berulang-ulang.

Dikarenakan dimensi partikel fluida yang sangat kecil, untuk dapat menghasilkan pergerakan Brownian maka dimensi partikel solid juga sangat kecil. Pergerakan Brownian berlaku untuk partikel submikron dalam aliran laminar. Pada aliran turbulen, pergerakan Brownian tidak berlaku.

Untuk mengetahui efektivitas dari gerak brownian, gaya thermophoresis dan momen inersia terhadap pergerakan partikel, berikut perbandingan pergerakannya:



Gambar 2.9 Pergerakan partikel

- Partikel kecil ($< 0.1 \mu\text{m}$) cenderung bergerak karena pengaruh gaya thermophoresis dan gerak Brownian daripada pengaruh gaya gravitasi.
- Gerak Brownian cenderung mempengaruhi gerak partikel untuk bergerak secara acak dibandingkan dengan gaya gravitasi dan thermophoresis

dimana kedua gaya ini cenderung membuat partikel untuk bergerak secara teratur pada arah tertentu

Kumpulan partikel dengan ukuran kecil yang berada dalam udara, partikel ini mempunyai gerakan yang tidak beraturan, karena adanya tumbukan antar partikel satu dengan lainnya (berada dalam kerapatan gas), gerakan ini hampir menyerupai sebuah getaran, sehingga menyebabkan perpindahan partikel.

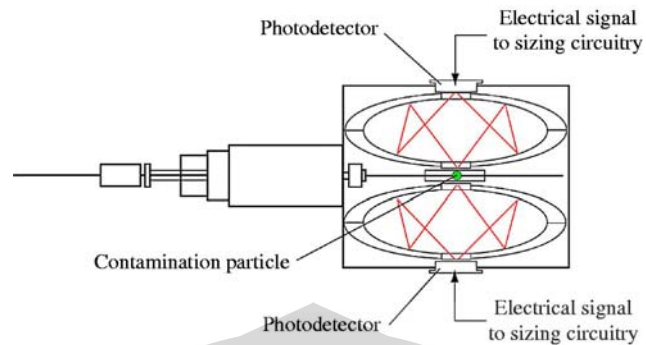
Pada tahun 1828 seorang peneliti bernama Rober Brown melakukan penelitian tentang gerak partikel ini pada fluida dan pada tahun 1883, bodas Zewiski juga melakukan penelitian yang sama tetapi pada media yang berbeda yaitu pada asap rokok dan hasilnya hampir sama.

2.5 PENGUKURAN KUALITAS UDARA

Pengukuran kualitas udara bertujuan untuk mengetahui konsentrasi zat pencemar diudara lingkungan. Hal ini penting dilakukan agar bisa dibandingkan dengan ambang batas yang diizinkan. Apabila melebihi dari ambang batas tersebut maka harus dilakukan tindakan lebih lanjut untuk mengurangi pencemaran itu agar tidak menimbulkan efek yang merugikan. Ada beberapa teknik untuk melakukan pengukuran kualitas udara yaitu:

a. Aerosol Particle Counter

Alat ini digunakan untuk mengetahui kualitas udara dengan cara menghitung jumlah partikel diudara yang mempunyai diameter partikel tertentu. Informasi ini berguna untuk mengetahui jumlah polutan yang ada di dalam suatu ruangan atau udara sekitar. Alat ini bisa digunakan untuk mengetahui tingkat kebersihan udara di *clean room*. *Clean room* biasa digunakan dalam industri pembuatan semikonduktor, farmasi, bioteknologi dan lain-lain.



Note: Image courtesy of Particle Measuring Systems, Inc.

Gambar 2.10 *Aerosol Particle Counter*

b. *High Volume Air Sampler*

Metode ini digunakan untuk melakukan pengukuran total *suspended particulate matter* yang ada diudara lingkungan, yaitu partikulat dengan diameter kurang dari 100 μm . Prinsip kerja alat ini yaitu dengan menghisap udara yang akan diuji dengan *flowrate* 40-60 cfm (*cubic feet meter*), udara tersebut dilewatkan melalui sebuah filter khusus yang memiliki porositas kurang dari 0,3 μm . Lalu partikulat yang tertahan dipermukaan filter ditimbang dengan *gravimetric*, sedangkan volume udara dihitung berdasarkan waktu *sampling* dan *flowrate*.



Gambar 2.11 *High Volume Air Sampler*

(Sumber : <http://www.envcoglobal.com>)

c. *Non dispersive infrared sensor*

Non dispersive infrared sensor (NDIR) cukup sering digunakan dalam proses analisa gas. Metode ini sering digunakan untuk mengukur kadar CO₂ dan H₂O di udara. Pengukuran ini berdasarkan kemampuan gas CO menyerap sinar infra merah pada panjang 4.6 μm. Banyaknya intensitas sinar yang diserap sebanding dengan konsentrasi CO diudara. *Analyzer* ini terdiri dari sumber cahaya inframerah, tabung *sample* dan *reference*, *detector* dan rekorder.



Gambar 2.12 *Non dispersive infrared sensor*

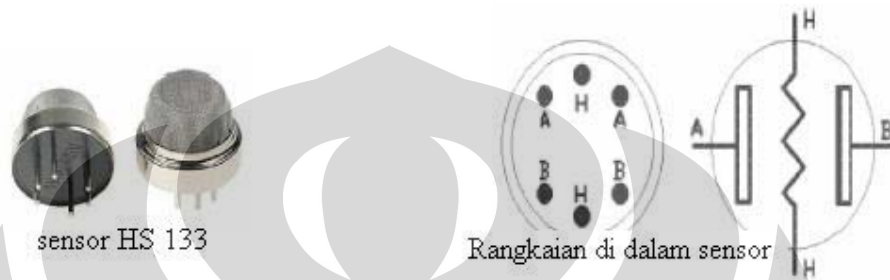
(Sumber : <http://www.cvenvirohusadaa.itrademarket.com>)

d. Gas sensor

Sudah semakin banyak di pasaran telah beredar pengindra gas semikonduktor. Tentunya dibedakan oleh sensitivanya sensor tersebut, semakin mahal sensor maka sensitivitasnya semakin bagus. Pengindra gas tersebut bekerja dengan semakin tinggi konsentrasi gas maka resistansinya semakin rendah. Beberapa macam pengindra gas yang beredar di pasaran antara lain adalah :

- Dari sensor jenis AF antara lain: AF 30, AF 50, dan AF 56, ketiga tipe sensor tersebut mempunyai reaksi terhadap daftar gas yang sama yaitu senyawa halogen, alcohol, propane, metan, buton, bensol, dan juga beberapa senyawa zat lemas organic bentuk gas seperti amoniak, lpg, karbon monoksida. Beda diantara ketiganya terletak pada kepekaan dari masing-masing gas. Misalnya AF 30 sangat peka terhadap asap rokok, AF 50 sangat peka terhadap methana dan buton, dan AF 56 sangat peka terhadap LPG.

- Dari sensor jenis HS antara lain: HS 133 yang sangat peka terhadap LPG dibandingkan dengan gas-gas lainnya seperti CO, alkohol, methana, dan asap rokok, HS 134 yang sangat peka terhadap gas CO dibandingkan dengan gas lainnya.



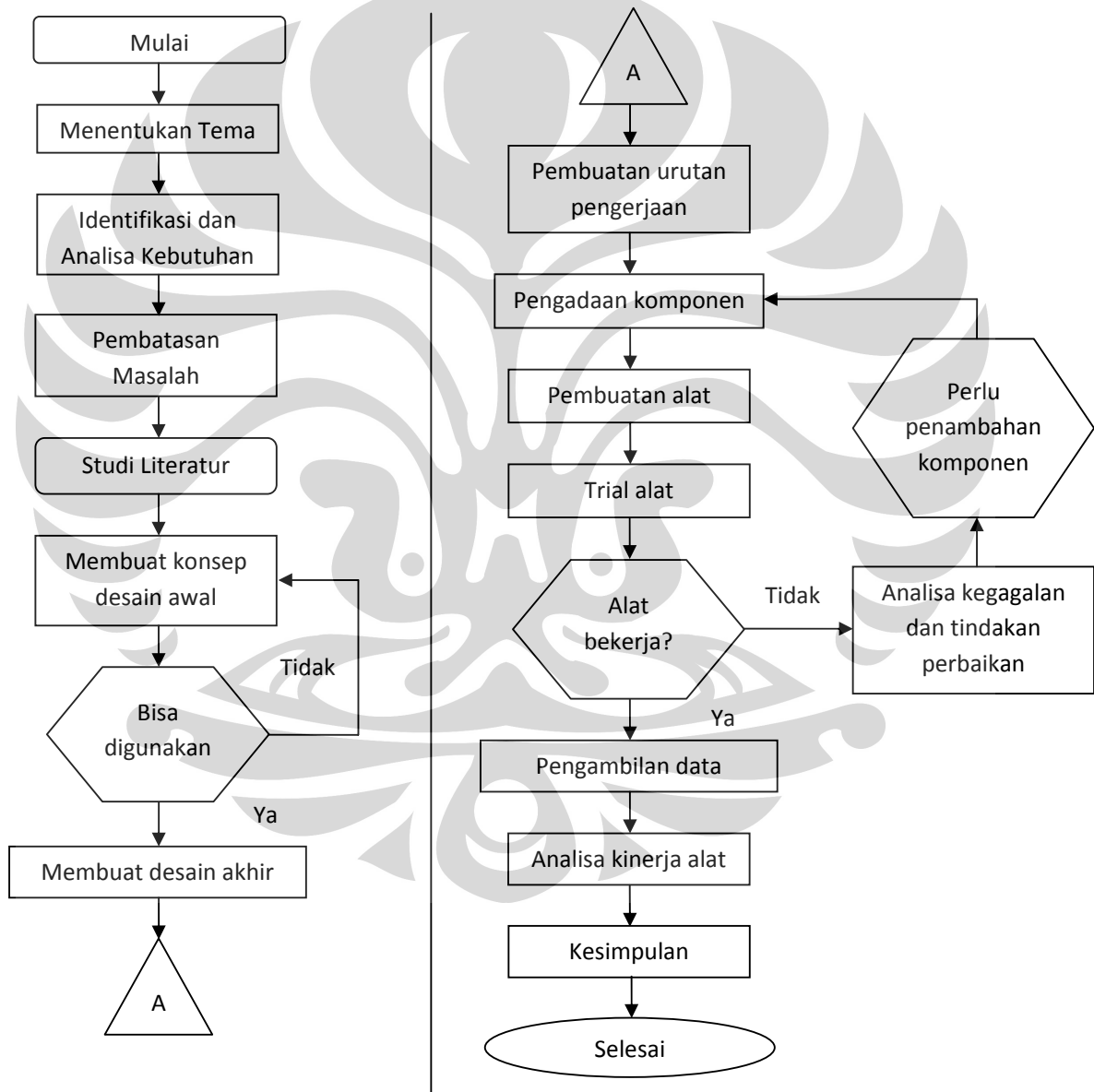
Gambar 2.13 Gas sensor

(Sumber : <http://www.itelkom.ac.id>)

BAB III PERANCANGAN ALAT

3.1 KONSEP PERANCANGAN

Berikut akan dijelaskan bagaimana tahapan-tahapan dalam pembuatan alat *portable thermal precipitator*, sehingga alat ini nanti bisa bekerja sesuai dengan fenomena thermophoresis.



Flowchart 3.1 Konsep Perancangan

3.1.1 Menentukan Tema Perancangan

Hal yang paling awal harus ditentukan adalah tema dari rancangan yang akan dibuat. Tema ini akan mewakili pikiran utama ke arah mana alat ini akan dibuat. Dalam perancangan kali ini tema yang diambil yaitu pembuatan alat uji thermophoresis yang mudah dipindah tempatkan (*portable*) dan mudah dibersihkan.

3.1.2 Identifikasi dan Analisa Kebutuhan

Alat yang akan dibuat sebaiknya memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut:

1. Mudah digunakan
2. Mudah dibawa (mobilisasi)
3. Sempel, tidak memakan tempat yang besar
4. Dapat dilihat pergerakan partikelnya (transparan)
5. Mudah dibersihkan.

3.1.3 Pembatasan permasalahan

Alat yang dibuat dibatasi hanya untuk aplikasi langsung, dengan panjang lintasan 15 mm, jarak celah pipa 5 mm, dan menggunakan media asap rokok yang dengan kecepatan lingkungan.

3.1.4 Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk memahami dasar-dasar teori yang berhubungan dengan fenomena thermophoresis. Sehingga diharapkan mampu memberikan gambaran dalam pembuatan desain alat uji.

3.1.5 Membuat konsep desain awal

Segala pemikiran ataupun ide-ide yang ada dituangkan dalam suatu desain awal yang disebut juga dengan sketsa gambar.

3.1.6 Analisa Desain Awal

Dari desain awal yang telah dibuat, dianalisa untuk mengetahui berbagai kemungkinan dalam pengerjaannya, apakah bisa digunakan, apa saja kendalanya, bagaimana cara mengatasinya. kemudian alternatif yang dapat digunakan.

3.1.7 Membuat Desain Akhir

Setelah desain awal dianalisa kemudian ditentukan model seperti apa yang akan dibuat, maka dibuatlah desain akhir yang digunakan sebagai acuan dalam pembuatan alat.

3.1.8 Pembuatan Urutan Pengerjaan

Urutan pengerjaan perlu dibuat untuk mempermudah dalam pembuatan alat, sehingga urutan proses pengerjaannya bisa dilakukan secara sistematis.

3.1.9 Pengadaan Komponen

Komponen yang belum ada perlu disediakan sebaik mungkin karena ini menyangkut kesiapan alat. Apabila ada satu komponen yang belum tersedia maka akan mengganggu terselesainya alat tepat pada waktunya.

3.1.10 Pembuatan Alat

Setelah semuanya tersedia, termasuk perkakas yang akan dipakai, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan ataupun perakitan alat. Biasanya proses ini memakan waktu yang cukup lama. Apabila menemui kendala biasanya menggunakan jasa bengkel umum untuk menyelesaikan pembuatan alat. Tapi alangkah baiknya kalau pembuatannya dilakukan sendiri.

3.1.11 Trial Alat

Usaha ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat uji yang telah dibuat, apakah sudah memenuhi keinginan atau belum. Trial dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan hasil yang baik.

3.1.12 Analisa Kegagalan dan Tindakan Perbaikan

Tidak selamanya trial alat bisa langsung mendapatkan hasil yang memuaskan. Oleh karena itu apabila ditemui hasil yang tidak sesuai perlu dilakukan analisa kegagalan dan tindakan perbaikannya.

3.1.13 Analisa Kerja Alat

Dalam pengambilan data kita bisa mengetahui apakah alat uji bisa berfungsi dengan baik dengan melihat hasil/ data yang diambil. Apakah terjadi penyimpangan yang cukup signifikan diantara data-data yang sama, atau hasil yang diambil merupakan data yang relatif sama.

3.1.14 Kesimpulan

Setelah data diambil kemudian dilakukan analisa terhadap hasil pengujian, maka akan didapatkan suatu kesimpulan yang bisa diambil dengan berdasarkan atas data-data yang telah ada.

3.2 DESAIN ALAT

Perancangan dan pembuatan alat *portable smoke particulate* ini diawali dengan mendesain dan membuat alat untuk percobaan dan jika dari hasil percobaan menunjukkan adanya gaya thermophoresis maka dibuatlah *prototipe* dari alat tersebut.

3.2.1 Desain Awal

Pada desain awal alat *portable smoke particulate* ini, pertama-tama dibuat alat untuk percobaan pertama, hal ini bertujuan untuk melihat ada atau tidaknya gaya thermophoresis yang terjadi..



Gambar 3.1 Percobaan Pertama

Alat-alat yang dibutuhkan untuk percobaan yaitu:

a. Trafo 5A

Berfungsi sebagai supply daya, dimana pada tegangan outputnya dapat divariasikan mulai dari 4.5 V atau setara Δ 278.6 K sampai 24 V atau setara Δ 297 K, yang nantinya variasi tegangan output ini dapat mempengaruhi temperatur yang dihasilkan pada *heater*.

b. Dioda penyearah

Dioda yang digunakan adalah jenis *Bridge*, dioda ini berfungsi untuk menyearahkan tegangan AC menjadi DC, sehingga dalam aplikasinya nanti *thermal precipitator* ini apabila tersentuh tidak akan menyebabkan si pengguna tersengat arus listrik.

c. Kabel Jumper

Kabel Jumper ini berfungsi untuk menghubungkan antara trafo dengan dioda, dan dioda dengan heater.

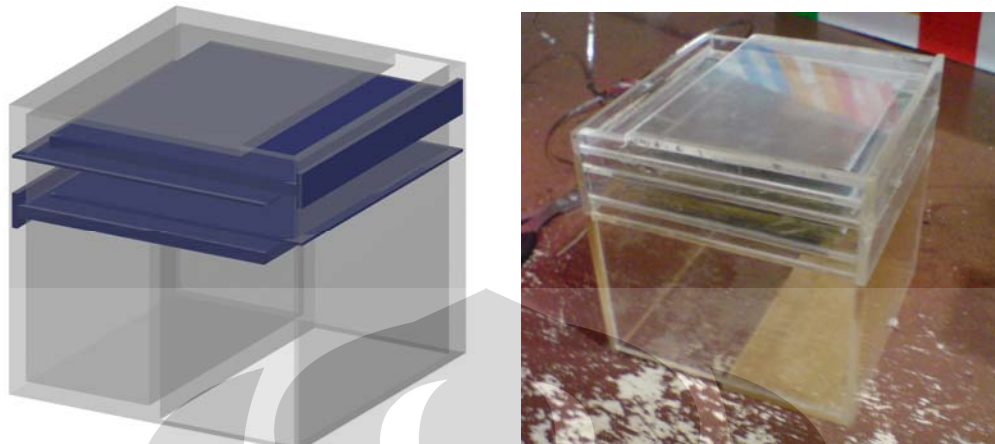
d. Kawat neklin

Kawat neklin ini berfungsi sebagai *heater*, dimana sifat dari kawat neklin ini apabila dialiri arus listrik, pada permukaan kawat akan timbul panas. Kawat yang digunakan memiliki panjang 2.5 m, tebal 0.15 mm, lebar 2.5 mm dan resistansi 3.6 Ω /m.

Cara pengujiannya yaitu, kawat *heater* dibuat menyilang (seperti gambar diatas) kemudian *heater* dinyalakan dan asap dialirkan melewati celah antara jalur asap dan *heater*.

Hasil percobaan pertama didapat bahwa asap masih keluar dengan cepat kearah atas, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi gaya thermophoresis.

Kemudian percobaan kedua menggunakan *acrilic* yang didesain mempunyai ruangan bersekat-sekat. Hal ini bertujuan untuk menahan agar pergerakan asap tidak terlalu cepat.



Gambar 3.2 Desain dan alat percobaan kedua

Alat yang dibutuhkan sama seperti percobaan pertama hanya ditambah dengan *box acrylic* (seperti gambar diatas). Hasil percobaan kedua didapat bahwa asap masih keluar dari *box acrylic* tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi gaya *thermophoresis* pada percobaan kedua ini.

Percobaan ketiga menggunakan dua buah pipa *stainless steel* yang mempunyai ukuran berbeda, pipa besar (1) berfungsi sebagai *heater* dan pipa kecil (2) berfungsi sebagai sisi dingin.



Gambar 3.3 Alat percobaan ketiga

Prosedur pengujiannya yaitu *heater* dinyalakan kemudian asap dialirkan menuju box penampung, asap akan mengalir diantara celah pipa besar dan pipa kecil, sebelum pipa kecil diisi air dingin sebagai *cooler*, asap masih mengalir cepat keatas (Gambar 3.4).



Gambar 3.4 Pergerakan asap tanpa *cooler*

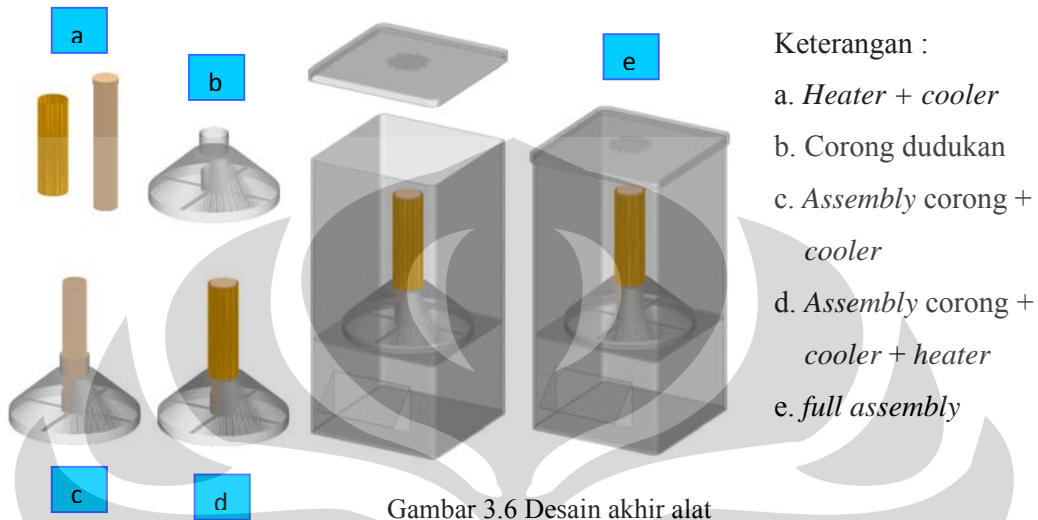
Kemudian air dingin dimasukkan kedalam pipa kecil, tidak lama kemudian asap berhenti mengalir (Gambar 3.5), dari fenomena itu dapat disimpulkan bahwa harus ada perbedaan suhu yang cukup besar antara *heater* dan sisi dingin agar tercipta gaya thermophoresis.



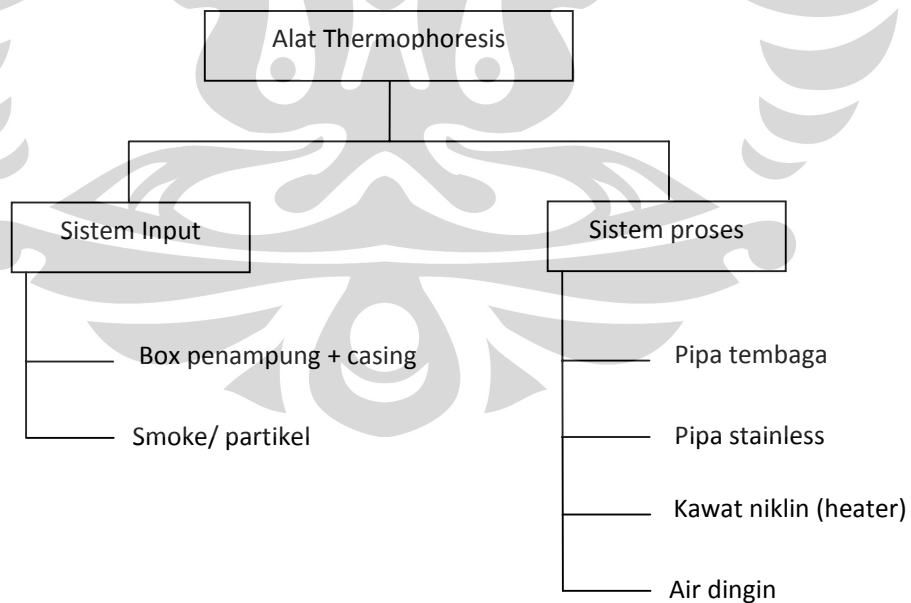
Gambar 3.5 Pergerakan asap dengan *cooler*

3.2.2 Desain Akhir

Setelah didapat bentuk *heater* dan *cooler* yang ideal, maka langkah selanjutnya yaitu membuat desain alat agar dapat berfungsi dengan baik.



Untuk mempermudah dalam pengerjaannya, maka dikelompokkan menurut fungsinya, yaitu :



Gambar 3.7 Skema pengelompokkan sistem

3.2.2.1 Sistem Input

Sistem ini meliputi beberapa bagian antara lain:

1. Kotak Penampung + *casing*

Kotak penampung dan *casing* menyatu dengan ukuran 16x16x30cm tebal 3mm, dengan menggunakan bahan dari *acrylic* yang diharapkan dapat terlihat kondisi asap di dalam kotak ini. Kotak penampung berada di bawah dengan ukuran 16x16x10cm, dilengkapi dengan sebuah pintu untuk memasukkan rokok.

2. *Smoke/ Partikel*

Smoke yang diambil adalah asap rokok yang dimasukkan melalui *inlet/* pintu. Setelah masuk, asap akan bergerak menuju *thermal precipitator*.

3.2.2.2 Sistem Proses

1. Pipa *Stainless Steel*

Pipa *stainless steel* yang diisi dengan air dingin berfungsi sebagai sisi dingin (*cooler*). Dipilih bahan ini karena mudah dibersihkan dan mampu menghantarkan kalor cukup baik dengan harga yang relatif murah.

2. *Heater*

Heater yang dipilih dalam pembuatan alat ini adalah pipa tembaga yang dililit kawat neklin, dipilih bahan tembaga karena mempunyai nilai konduktivitas *thermal* yang tinggi, dan untuk sumber panas dipilih kawat neklin karena sifat dari kawat neklin ini apabila dialiri arus listrik, pada permukaan kawat akan timbul panas. Kawat yang digunakan memiliki panjang 2.5 m, tebal 0.15 mm, lebar 2.5 mm dan resistansi 3.6 Ω /m.

3. Corongudukan pipa

Corong ini berfungsi sebagaiudukan pipa *stainless steel* dan pipa tembaga agar dapat berdiri tegak dan sebagai pegangan agar sisi dingin tepat berada di tengah sisi panas.

3.3 SPESIFIKASI ALAT

Spesifikasi alat yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan alat *portable smoke particulate* ini yaitu :

3.3.1 *Acrylic Box*

- *Dimension* = 16 x 16 x 30 cm (*outside dim.*)
- *Volume* (untuk kotak penampung) = 2560 cm³
- *Thickness* = 3 mm

3.3.2 Trafo

- Merk = PASS
- *Capacity* = 5A

3.3.3 Dioda

- *Capacity* = 5A

3.3.4 Niklin Wire

- *Dimension* = 2.5 x 0.15 x 2500 mm
- *Resistance* = 3.6Ω/m.

3.3.5 Pipa *Stainless Steel*

- *Dimension* = Ø 27mm x 18cm

3.3.6 Pipa Tembaga

- *Dimension* = Ø 33mm x 15cm

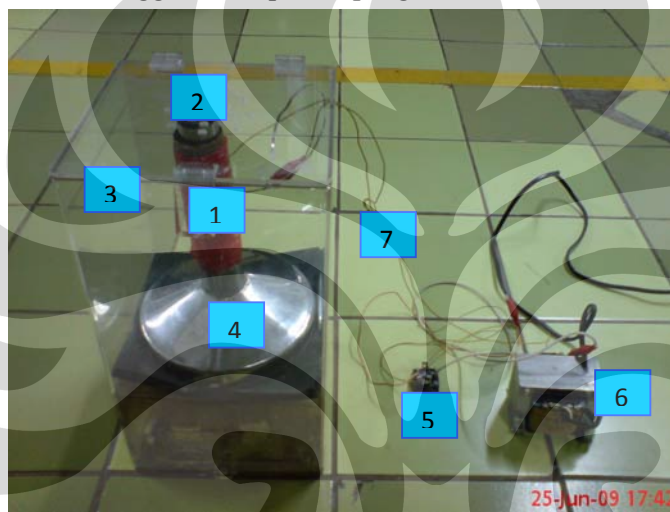
BAB IV

PROSEDUR PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN

Pada bab ini akan diuraikan mengenai prosedur pengoperasian serta perawatan yang harus dilakukan agar alat bekerja dengan baik.

4.1 PENGOPERASIAN ALAT

Sebelum dilakukan pengambilan data perlu dipersiapkan beberapa hal sehingga dalam proses pengambilan data bisa akurat.



Keterangan :

1. Heater
2. Cooler
3. Box Acrilic
4. Corong dudukan
5. Dioda
6. Trafo 5A
7. Kabel

Gambar 4.1 *Portable Thermal Precipitator*

Siapkan peralatan yang akan digunakan untuk proses pengoperasian alat yaitu:

a. Trafo 5A

Berfungsi sebagai supply daya, dimana pada tegangan outputnya dapat divariasikan mulai dari 4.5 V atau setara $\Delta 278.6 \text{ K}$ sampai 24 V atau setara $\Delta 297 \text{ K}$, yang nantinya variasi tegangan output ini dapat mempengaruhi temperatur yang dihasilkan pada *heater*.

b. Dioda penyearah

Dioda yang digunakan adalah jenis *Bridge*, dioda ini berfungsi untuk menyearahkan tegangan AC menjadi DC, sehingga dalam aplikasinya nanti *thermal precipitator* ini apabila tersentuh tidak akan menyebabkan si pengguna tersengat arus listrik.

c. Kabel Jumper

Kabel Jumper ini berfungsi untuk menghubungkan antara trafo dengan dioda, dan dioda dengan *heater*.

d. Pipa *Stainless Steel*

Pipa ini berfungsi sebagai sisi dingin, panjang pipa yang digunakan adalah 18 cm. Pada aplikasinya nanti pada pipa ini nantinya akan diisi oleh air dengan temperatur 11-15°C.

e. Pipa Tembaga

Pipa ini berfungsi sebagai sisi panas, dimana nantinya pada sisi luar dari pipa tembaga ini akan dililit oleh kawat neklin yang berfungsi sebagai *heater*.

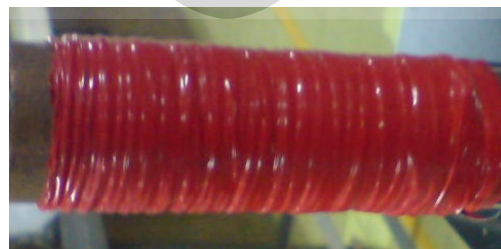
f. Kawat neklin

Kawat neklin ini berfungsi sebagai *heater*, dimana sifat dari kawat neklin ini apabila dialiri arus listrik, pada permukaan kawat akan timbul panas. Kawat yang digunakan memiliki panjang 2.5 m, tebal 0.15 mm, lebar 2.5 mm dan resistansi 3.6Ω/m.

g. Kotak *Acrilic*

Kotak ini berfungsi sebagai *box* penampungan asap dan casing alat, dimensi dari kotak *acrilic* ini adalah 16 cm x 16 cm x 30 cm, dengan ketebalan *acrilic* 3 mm.

Setelah semua peralatan dipersiapkan, maka proses selanjutnya ialah *assembly*, pertama-tama yaitu pembuatan *heater*, pipa tembaga dililit oleh kawat neklin sehingga menutupi seluruh bagian luar pipa tembaga tersebut. Bagian ini disebut *heater* (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 *Heater*

Setelah *heater* dibuat, maka proses selanjutnya ialah peletakkan *heater* dan pipa *stainless* ke dalam corong, pipa *stainless* berada didalam pipa tembaga (Gambar 4.3)



Gambar 4.3 Peletakkan pipa dalam corong

Setelah *heater* dan pipa *stainless* disusun kedalam corong, maka proses terakhir yaitu peletakkan corong + *heater* kedalam *casing* (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 *Casing* + corong

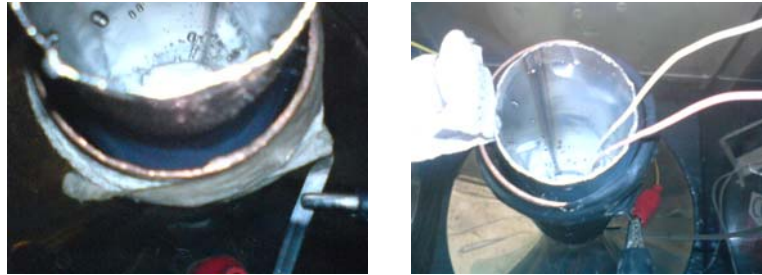
Sebelum memulai pengoperasian, lakukan persiapan-persiapan yaitu memasukan air dingin kedalam pipa *stainless*, lalu sambung trafo dan dioda dengan kabel, setelah semua bagian terpasang dengan baik, maka perlu dilakukan pengecekan ulang untuk memastikan semua sambungan ataupun perlengkapan elektronik terhubung dengan baik. Kemudian langkah-langkah pengoperasian meliputi :

1. Masukan rokok pada kotak yang berada dibawah cerobong pengarah, dengan kondisi pintu sedikit terbuka, hal ini bertujuan agar udara dapat masuk kedalam kotak tersebut dan menimbulkan aliran udara yang menyebabkan asap rokok dapat mengalir keatas, selain itu tujuan dari memasukan udara luar kedalam kotak adalah untuk menjamin agar rokok tidak mudah padam.



Gambar 4.5 Posisi peletakan asap rokok

2. Lakukan pengamatan pada asap rokok yang keluar pada ujung tabung pengarah, untuk beberapa kondisi (Δ 278.6 K sampai Δ 297 K), variasi temperatur ini nantinya akan mewakili perbedaan temperatur antara sisi dingin dengan sisi panas, semakin besar perbedaan temperatur sisi panas dengan dingin fenomena asap yang keluar pada ujung cerobong juga dapat terlihat (tebal tipisnya asap), disamping itu variasi perbedaan temperatur dapat mempengaruhi banyaknya asap rokok yang dapat diendapkan pada sisi dingin.



Gambar 4.6 Kondisi asap keluaran thermal precipitator

3. Setelah rokok terbakar habis dan asap yang berada dikotak pengumpul benar benar habis, cabut power trafo dan alat *thermal precipitator* selesai digunakan.

4.2 PERAWATAN ALAT

Teknik perawatan adalah suatu konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan agar tetap dapat berfungsi dengan baik seperti dalam kondisi sebelumnya. Alat ini memang didesain agar mudah untuk dibersihkan, beberapa cara yang dapat dilakukan antara lain :

1. Membersihkan *box* penampungan asap dan casing :
 - a. Buka tutup *box* kemudian keluarkan corong dudukan
 - b. Buang debu rokok yang mengendap pada *box* penampung asap
 - c. Masukkan air serta pembersih ke dalam *box*
 - d. Ambil kain kemudian gosok merata pada semua permukaan *box* hingga bersih
 - e. Bilas dan keluarkan air dari dalam *box*
 - f. Keringkan air dengan menggunakan kain bersih
 - g. Pastikan kondisi dalam *box* telah kering dan siap untuk digunakan kembali.
2. Membersihkan Corong dudukan dan sisi dingin
 - a. Cabut pipa *stainless* dan buang air yang berada didalamnya
 - b. Cabut pipa tembaga dari corong dudukan
 - c. Ambil ember yang telah diisi air dan pembersih
 - d. Masukkan corong dan pipa *stainless* ke dalam ember

- e. Ambil kain kemudian gosok bagian dalam corong dan pipa *stainless* hingga bersih.
- f. Bilas corong dan pipa yang telah digosok dengan air bersih
- g. Keringkan air dengan menggunakan kain bersih
- h. Kemudian pasang kembali *heater* dan pipa *stainless* kedalam corong dan siap digunakan kembali.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Setelah menyelesaikan tugas akhir rancang bangun *Portable Smoke Particulate collector* berbasis *Thermophoretic Force*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada alat uji *Portable Thermal Precipitator* ini dapat dilakukan pengujian terhadap kadar asap yang dapat ditangkap pada bagian sisi dingin dan konsentrasi asap pada keluaran *Portable Thermal Precipitator* ini.
2. Semakin besarnya perbedaan antara sisi panas dan sisi dingin, maka semakin banyak pula deposit yang didapat pada sisi dingin.
3. Semakin besar perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin juga berpengaruh pada konsentrasi asap yang keluar pada ujung alat *thermal precipitator* ini, dimana konsentrasi asap yang keluar tidak sepekat asap yang masuk dan hampir tidak terlihat.
4. Kecepatan udara lingkungan juga mempengaruhi banyaknya deposit yang dapat dikumpulkan pada sisi dingin, dimana kecepatan udara yang tinggi dapat mengurangi gaya *thermophoresis* yang terjadi.

5.2 SARAN

Dalam menyusun tugas akhir ini masih banyak hal-hal yang belum terlaksana dengan baik dan maksimal, maka dari itu untuk pengembangan dan penyempurnaan lebih lanjut dapat dilakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Masih digunakannya *box* penampung membuat pemakaian alat ini sebagai alat *portable* masih kurang maksimal
2. Alat ini masih dapat dikembangkan lebih lanjut dengan aplikasi langsung di lapangan yang lebih baik.
3. Perlunya dibuat alat sirkulasi air yang ada pada sisi dingin, sehingga perbedaan temperatur antara sisi panas dengan sisi dingin dapat terjaga dalam rentang waktu yang lama.

DAFTAR PUSTAKA

Sussana, D et al., Penentuan Kadar Nikotin Dalam Asap Rokok, Jurnal Ilmiah Makara, Vol 7 No 2 Desember 2003 Seri Kesehatan.

Cipolla, John., Ahmed Busnaina and Nicole McGruer., *The Transport of Contaminants in Thin Film Deposition Processes*. Northeastern University, 2001.

Abidzar Ramadhana., Karakteristik *Thermal Precipitator* Sebagai *Smoke Collector* Berbasis *Thermophoretic Force*, Tugas Akhir, Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia, Depok, 2008.

<http://merry-christina.blogspot.com> diakses tanggal 20 juni 2009

<http://www.emeraldinsight.com> diakses tanggal 20 Juni 2009

I.H Imansyah., Bambang Suryawan., I Made K., Nandy P., *Simulation Of thermophoretic force in Horizontal Plate Dust Collector*, Jurnal Teknologi, Edisi 2 tahun XXII, Juni 2008.

Waldmann L., Schmit K.H., *Aerosol Science Vol I : Thermophoresis and Diffusiophoresis of Aerosols*, Academic Press, London and New York, 1966

<http://delta-electronic.com/article/wp-content/uploads/2008/09/an0088.pdf> diakses tanggal 26 Mei 2009

<http://www.figarosensor.com/products/2600pdf.pdf> diakses tanggal 26 Mei 2009

Braun, Dieter. *Fluorescence imaging of thermophoresis*. Rockefeller University.

Holman, J. P., *Experimental Methods for Engineers*, 7th edition, McGraw Hill, New York. 2001.

http://www.air-purifiers-america.com/images/lc_home_airParticlesChart.jpg diakses tanggal 1 Juni 2009.

