

BAB IV

METODE PENGUJIAN *CIGARETTE SMOKE FILTER*

4.1 TUJUAN PENGUJIAN

Tujuan dari pengujian *Cigarette Smoke Filter* ialah untuk mengetahui seberapa besar kinerja penyaringan yang dihasilkan dengan membandingkan massa partikel yang tersaring pada kertas saring menggunakan rangkaian filter dan kombinasi variasi filter karbon dengan dilengkapi dan tanpa rangkaian *thermophoretic*.

Berdasarkan data massa partikel yang tersaring pada kertas saring maka dapat diketahui seberapa baik kinerja penyaringan yang dihasilkan dari :

1. Rangkaian filter dengan hanya menggunakan filter udara mobil,
2. Rangkaian filter menggunakan filter udara mobil dan karbon aktif homogen,
3. Rangkaian filter menggunakan filter udara mobil dan karbon aktif berlapis,
4. Rangkaian filter menggunakan filter udara mobil dan karbon aktif tanpa pencetakan,
5. Rangkaian filter dengan hanya menggunakan rangkaian *thermophoretic* dengan variasi gradien temperatur, dan,
6. Rangkaian filter menggunakan filter udara mobil, karbon aktif dengan kinerja terbaik serta rangkaian *thermophoretic* dengan variasi gradien temperatur.

4.2 INSTALASI ALAT PENGUJIAN

Instalasi meliputi proses pemasangan komponen-komponen penyusun ke dalam *casing* seperti *fan*, filter udara mobil, karbon aktif tanpa pencetakan, karbon

aktif homogen, karbon aktif berlapis, dan rangkaian *thermophoretic*. Selain pemasangan komponen-komponen *Cigarette Smoke Filter* tersebut, dibutuhkan peralatan pengujian seperti kertas saring, rokok filter, termokopel, *power supply voltage regulator DC voltage regulator DC*, *hot wire anemometer*, timbangan digital dan *digital temperature recorder*. Berikut ini merupakan spesifikasi komponen-komponen *Cigarette Smoke Filter*.

Tabel 4.1 Komponen *Cigarette Smoke Filter*

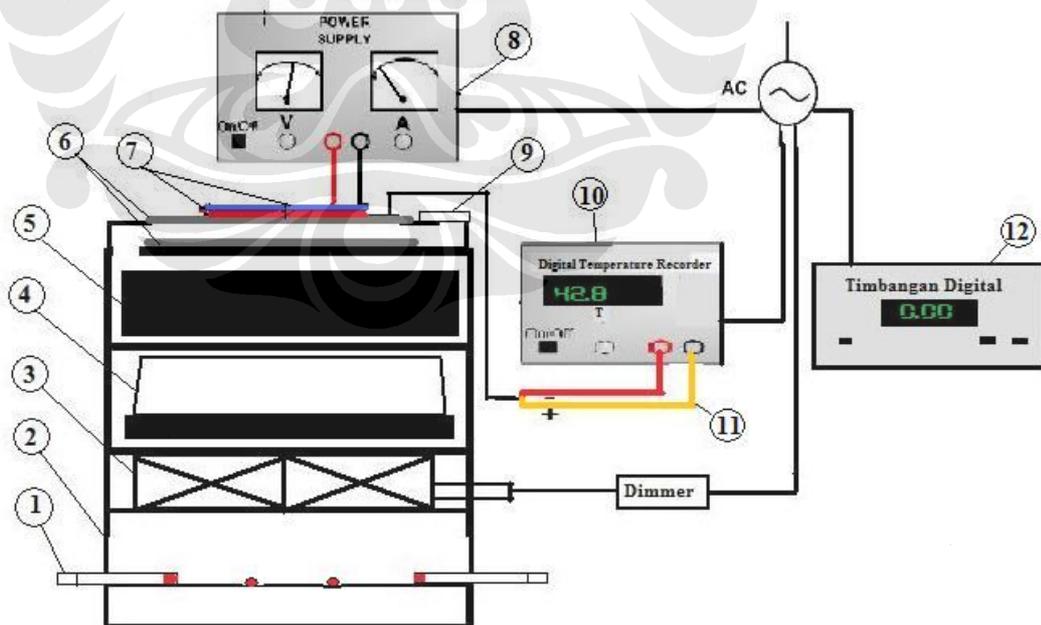
No.	Komponen	Spesifikasi	
1	<i>Casing</i>	Dimensi	300 mm x 210 mm x 333,16 mm
		Material	Akrilik
2	<i>Fan</i>	Merek	OKAY-II
		Input	220/240 V AC 1,4 A
		Dimensi	120 mm x 120 mm x 25 mm
3	Filter udara mobil	Merek	Toyota Air Filter
4	Filter karbon aktif homogen	Dimensi	240 mm x 130 mm x 40 mm
		Massa	1050,85 gram
5	Filter karbon aktif berlapis	Dimensi	240 mm x 130 mm x 40 mm
		Massa	1076,84 gram
6	Filter karbon aktif tanpa pencetakan	Dimensi	240 mm x 130 mm x 40 mm
		Massa	648,9 gram
7	<i>Thermoelectric</i>	Dimensi	40 mm x 40 mm x 3,5 mm
		Input	16-27 Volt DC, 0,85 Amp
8	Pelat	Material	Aluminium
		Dimensi	150 mm x 182 mm 130 mm x 182 mm

Proses pengujian diawali dengan memasang komponen dan alat-alat yang dibutuhkan pada posisi yang ditentukan, seperti ditunjukkan pada gambar 4.1. Skema pengujian dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.1 Instalasi alat

- | | |
|------------------------|--------------------------------------|
| 1. Rokok filter | 7. Thermoelectric |
| 2. Casing akrilik | 8. Power Supply Voltage Regulator DC |
| 3. Fan | 9. Kertas saring |
| 4. Filter Udara Mobil | 10. Digital Temperature Recorder |
| 5. Filter Karbon Aktif | 11. Termokopel Tipe K |
| 6. Pelat aluminium | 12. Timbangan Digital |



Gambar 4.2 Skema Pengujian

4.3 PERALATAN PENGUJIAN CIGARETTE SMOKE FILTER

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai peralatan yang digunakan untuk pengujian kinerja *Cigarette Smoke Filter*. Peralatan tersebut berupa kertas saring, rokok filter, peralatan listrik seperti *power supply voltage regulator DC*, sensor temperatur berupa termokopel beserta data kalibrasinya dan *digital temperature recorder*, *hot wire anemometer* dan timbangan digital.

4.3.1 Kertas saring

Kertas saring yang digunakan adalah kertas saring kimia dengan pori-pori sebesar 0,1 μm . Kertas saring dengan dimensi yang disesuaikan akan diletakkan pada lubang *outlet* alat untuk menangkap partikel asap rokok selama jangka waktu tertentu. Partikel yang tertangkap adalah partikel asap rokok yang tidak tersaring oleh alat. Perbandingan massa sebelum dan sesudah pengujian akan menentukan kinerja penyaringan alat.



Gambar 4.3 Kertas saring

4.3.2 Rokok filter

Rokok yang digunakan dalam pengujian adalah rokok dengan filter. Rokok ini dipilih guna menyesuaikan dengan data ukuran partikel asap yang dimiliki, selain itu, rokok jenis ini juga banyak dikonsumsi di pasaran.



Gambar 4.4 Rokok filter

4.3.3 Power supply voltage regulator DC

Sebagai sumber daya *thermoelectric*, digunakan *power supply* DC dengan regulator tegangan sehingga temperatur yang dihasilkan dapat dikontrol sesuai tegangan yang diberikan. *Power supply voltage regulator DC* tersebut menggunakan tegangan input sebesar 220 VAC kemudian akan diubah menjadi arus DC. Untuk pengujian, digunakan *Power supply voltage regulator DC* bermerek Universal dengan tegangan maksimal 30 Volt DC dan arus maksimal 10 Ampere.



Gambar 4.5 Power supply voltage regulator DC

4.3.4 Termokopel

Termokopel yang digunakan dalam penelitian ini adalah termokopel tipe K, dengan material pembentuknya adalah *kromel* (Nikel-Kromium) dan *alumel* (Nikel-Aluminium). Termokopel menggunakan prinsip efek *Seebeck* dalam

pengukuran temperatur, dengan pembangkit tegangan sebagai fungsi dari gradien temperatur.



Gambar 4.6 Termokopel

Karena *output* dari termokopel berupa tegangan (mV), untuk pembacaannya ke dalam satuan temperatur digunakan sebuah *digital temperature recorder* YEW tipe 3874.



Gambar 4.7 *Digital temperature recorder*

Untuk mendapatkan pengukuran temperatur yang tepat dari termokopel tipe K maka perlu dilakukan kalibrasi dengan tujuan mendapatkan konversi dari temperatur yang ditampilkan dengan temperatur sebenarnya. Hal ini dilakukan dengan melakukan perbandingan pengambilan data temperatur oleh termokopel pada termometer digital dengan temperatur air 80-27 °C dengan pengukuran menggunakan termometer raksa.

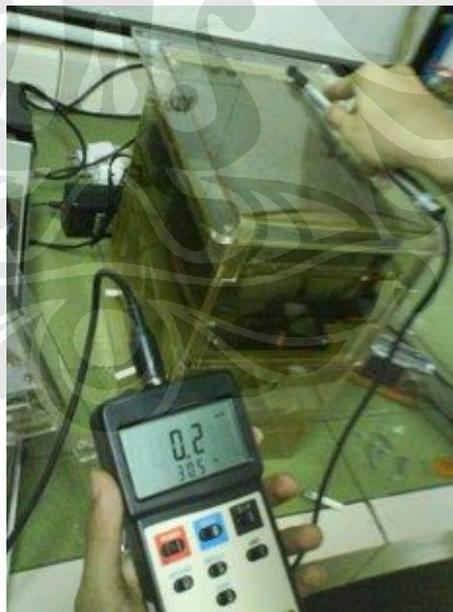
Berikut adalah data hasil persamaan kalibrasi tiap termokopel yang menghasilkan persamaan $ax+b$. Persamaan tersebut merupakan korelasi antara temperatur yang ditampilkan dengan temperatur sebenarnya.

Tabel 4.2 Persamaan kalibrasi tiap *channel*

No.	Termokopel	Persamaan
1	Channel 1	$y=(x*1,0803)+0,1748$
2	Channel 2	$y=(x*1,0196)+0,966$
3	Channel 3	$y=(x*1,0914)+0,156$
4	Channel 4	$y=(x*1,0188)+0,875$

4.3.5 Hot wire anemometer

Hot wire anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara yang dihasilkan *fan*. Kawat tipis yang berfungsi sebagai sensor harus terletak tegak lurus terhadap arah aliran udara. Kecepatan udara yang tertangkap akan ditampilkan pada layar digital alat tersebut.



Gambar 4.8 *Hot wire anemometer*

4.3.6 Timbangan digital

Timbangan digital digunakan untuk mengetahui pertambahan massa kertas saring dengan membandingkan massa sebelum dan sesudah pengujian.

Timbangan digital yang digunakan memiliki kepekaan hingga 0,01 gram dan kapasitas maksimal 4000 gram.



Gambar 4.9 Timbangan digital

4.4 PROSEDUR PENGUJIAN

Prosedur pengujian menjelaskan mengenai urutan langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk mendapatkan data. Pengambilan data dilakukan untuk mencapai tujuan dari pengujian yaitu mengetahui unjuk kerja dari alat. Langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Untuk menguji rangkaian filter dengan hanya menggunakan filter udara mobil:
 - a. Menimbang dan mencatat massa awal kertas saring yang digunakan.
 - b. Memasang dan memastikan pemasangan kertas saring berada pada posisi yang benar dan sesuai dengan posisi yang telah ditentukan dengan selotip.
 - c. Memasang filter udara mobil kedalam *casing*.
 - d. Menyalakan *fan* untuk mengarahkan *sidestream smoke* yang dihasilkan rokok menuju filter.
 - e. Menyalakan 6 buah batang rokok secara bersamaan selama 10 menit.
 - f. Menimbang kembali kertas saring yang digunakan untuk mengetahui penambahan massa partikel yang terjadi.
 - g. Ulangi langkah a-f sebanyak 5 kali untuk mengetahui rata-rata penambahan massa partikel.

2. Untuk menguji rangkaian filter menggunakan filter udara mobil dan karbon aktif homogen:
 - a. Menimbang dan mencatat massa awal kertas saring yang digunakan.
 - b. Memasang dan memastikan pemasangan kertas saring berada pada posisi yang benar dan sesuai dengan posisi yang telah ditentukan.
 - c. Memasang filter udara mobil kedalam *casing*.
 - d. Memasang filter karbon aktif homogen kedalam *casing*.
 - e. Menyalakan *fan* untuk mengarahkan *sidestream smoke* yang dihasilkan menuju rangkaian filter.
 - f. Menyalakan 6 buah batang rokok secara bersamaan selama 10 menit.
 - g. Menimbang kembali kertas saring yang digunakan untuk mengetahui penambahan massa partikel yang terjadi.
 - h. Ulangi langkah a-g sebanyak 5 kali untuk mengetahui rata-rata penambahan massa.
3. Untuk rangkaian filter menggunakan filter udara mobil dan karbon aktif berlapis:
 - a. Menimbang dan mencatat massa awal kertas saring yang digunakan.
 - b. Memasang dan memastikan pemasangan kertas saring berada pada posisi yang benar dan sesuai dengan posisi yang telah ditentukan.
 - c. Memasang filter udara mobil kedalam *casing*.
 - d. Memasang filter karbon aktif heterogen kedalam *casing*.
 - e. Menyalakan *fan* untuk mengarahkan *sidestream smoke* yang dihasilkan menuju rangkaian filter.
 - f. Menyalakan 6 buah batang rokok secara bersamaan selama 10 menit.
 - g. Menimbang kembali kertas saring yang digunakan untuk mengetahui penambahan massa partikel yang terjadi.
 - h. Ulangi langkah a-g sebanyak 5 kali untuk mengetahui rata-rata penambahan massa.

4. Untuk menguji rangkaian filter menggunakan filter udara mobil dan karbon aktif tanpa pencetakan:
 - a. Menimbang dan mencatat massa awal kertas saring yang digunakan.
 - b. Memasang dan memastikan pemasangan kertas saring berada pada posisi yang benar dan sesuai dengan posisi yang telah ditentukan.
 - c. Memasang filter udara mobil kedalam *casing*.
 - d. Memasang filter karbon aktif tanpa pencetakan kedalam *casing*.
 - e. Menyalakan *fan* untuk mengarahkan *sidestream smoke* yang dihasilkan menuju rangkaian filter.
 - f. Menyalakan 6 buah batang rokok secara bersamaan selama 10 menit.
 - g. Menimbang kembali kertas saring yang digunakan untuk mengetahui penambahan massa partikel yang terjadi.
 - h. Ulangi langkah a-g sebanyak 5 kali untuk mengetahui rata-rata penambahan massa.
5. Untuk rangkaian filter dengan hanya menggunakan rangkaian *thermophoretic*:
 - a. Menimbang dan mencatat massa awal kertas saring yang digunakan.
 - b. Memasang dan memastikan pemasangan kertas saring berada pada posisi yang benar dan sesuai dengan posisi yang telah ditentukan.
 - c. Memasang rangkaian *thermophoretic* pada bagian atas *casing Cigarette Smoke Filter*.
 - d. Mengukur temperatur pada pelat atas menggunakan termokopel yang terhubung dengan *digital temperature recorder*.
 - e. Menghubungkan *thermoelectric* dengan *power supply voltage regulator DC* untuk menghasilkan temperatur pada sisi panas sesuai dengan yang diinginkan.
 - f. Memeriksa temperatur yang dihasilkan oleh *thermoelectric* terhadap pelat panas rangkaian *thermophoretic* menggunakan termokopel yang terhubung ke *digital temperature recorder*.

- g. Menyalakan *fan* untuk mengarahkan *sidestream smoke* yang dihasilkan menuju rangkaian *thermophoretic*.
 - h. Menyalakan 6 buah batang rokok secara bersamaan selama 10 menit.
 - i. Menimbang kembali kertas saring yang digunakan untuk mengetahui penambahan massa partikel yang terjadi.
 - j. Ulangi langkah a-i sebanyak 5 kali untuk mengetahui rata-rata penambahan massa.
6. Untuk rangkaian filter dengan kombinasi filter udara mobil, karbon aktif terbaik, dan rangkaian *thermophoretic*:
- a. Menimbang dan mencatat massa awal kertas saring yang digunakan.
 - b. Memasang dan memastikan pemasangan kertas saring berada pada posisi yang benar dan sesuai dengan posisi yang telah ditentukan.
 - c. Memasang filter udara mobil kedalam *casing*.
 - d. Memasang filter karbon aktif yang menghasilkan penyaringan terbaik sesuai pengujian.
 - e. Memasang rangkaian *thermophoretic* pada bagian atas *casing Cigarette Smoke Filter*.
 - f. Mengukur temperatur pada pelat atas menggunakan termokopel yang terhubung dengan *digital temperature recorder*.
 - g. Menghubungkan *thermoelectric* dengan *power supply voltage regulator DC* untuk menghasilkan temperatur pada sisi panas *thermal precipitation* sesuai dengan yang diinginkan
 - h. Memeriksa temperatur yang dihasilkan oleh *thermoelectric* terhadap pelat panas rangkaian *thermophoretic* menggunakan termokopel yang terhubung ke *digital temperature recorder*.
 - i. Menyalakan *fan* untuk mengarahkan *sidestream smoke* yang dihasilkan menuju rangkaian *thermophoretic*.
 - j. Menyalakan 6 buah batang rokok secara bersamaan selama 10 menit.

- k. Menimbang kembali kertas saring yang digunakan untuk mengetahui penambahan massa partikel yang terjadi.
- l. Ulangi langkah a-k sebanyak 5 kali untuk mengetahui rata-rata penambahan massa.

4.5 VARIASI PENGAMBILAN DATA PENGUJIAN

Pengambilan data ditujukan untuk mengetahui kinerja penyaringan *Cigarette Smoke Filter*. Pengambilan data dilakukan di lantai 3 Laboratorium *Heat Transfer* Gedung Departemen Teknik Mesin. Pengambilan data pengujian diantaranya dilakukan dengan menguji variasi rangkaian filter, kombinasi filter karbon aktif dan penggunaan *thermophoretic* pada *Cigarette Smoke Filter*. Pengambilan data berupa penambahan massa partikel rata-rata pada kertas saring yang digunakan. Berikut merupakan variasi yang dilakukan pada pengambilan data untuk mengetahui kinerja penyaringan:

1. Variasi rangkaian filter

Variasi rangkaian filter ditujukan guna mengetahui kinerja masing-masing filter yang digunakan dan kinerja yang dihasilkan berdasarkan kombinasi penggunaan filter yang berbeda. Variasi rangkaian filter meliputi penggunaan filter udara mobil secara mandiri tanpa tambahan filter lainnya, penggunaan filter udara mobil dan filter karbon aktif homogen, penggunaan filter udara mobil dan karbon aktif berlapis, dan penggunaan filter udara mobil dan filter karbon aktif tanpa pencetakan.

2. Variasi penggunaan *thermophoretic*

Penggunaan *thermophoretic* ditujukan untuk mengetahui kinerja penyaringan dengan memanfaatkan gaya *thermophoresis* yang dihasilkan dari perbedaan temperatur pada pelat panas dan pelat dingin. Variasi yang dilakukan ialah dengan menggunakan *thermophoretic* tanpa tambahan filter lainnya dan menggunakan rangkaian filter udara mobil, filter karbon aktif dengan kinerja terbaik, dan *thermophoretic*.

3. Variasi perbedaan temperatur pada pelat panas dan dingin *thermophoretic*.

Perbedaan temperatur yang dihasilkan pada pelat panas dan pelatdingin *thermophoretic* akan menghasilkan gaya thermophoresis. Besarnya gaya thermophoresis dipengaruhi oleh perbedaan temperatur yang dihasilkan oleh pelat panas dan pelat dingin pada *thermophoretic*. Dengan melakukan variasi perbedaan temperatur yakni 0, 15, 25, dan 35°C maka akan diketahui perbedaan temperatur yang dapat menghasilkan gaya thermophoresis yang memberikan kinerja penyaringan terbaik.



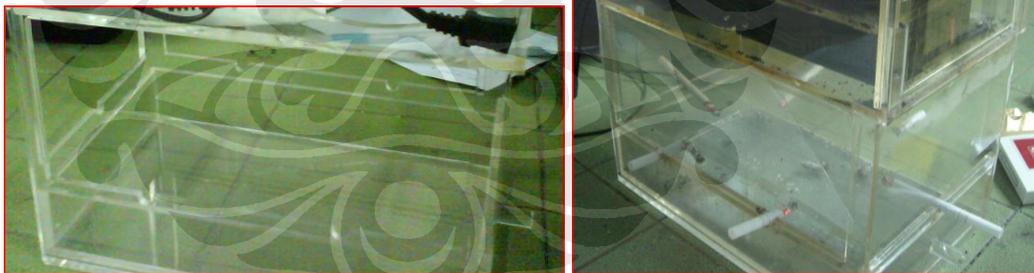
BAB V

HASIL DAN ANALISA

5.1 ANALISA DESAIN

Dari proses perancangan dapat diketahui terdapat beberapa masalah dan solusinya, yaitu:

- 1) Celah antara tempat rokok diletakkan dan *fan* terlalu besar, sekitar 100 mm. Akibatnya *fan* bekerja kurang optimal menghisap seluruh asap rokok. Hal ini diketahui dari asap rokok yang terlihat keluar dari alat meskipun *fan* telah dinyalakan. Untuk mengatasinya, selama pengujian, bagian tersebut ditutup dengan mika. Sebenarnya celah sengaja dirancang agak besar untuk kenyamanan pengguna saat meletakkan maupun mengambil rokok.



(a) (b)
Gambar 5.1 Celah tempat rokok dan *fan*. (a) Sebelum (b) Sesudah

- 2) Celah antar pelat alumunium sebesar 1 mm dapat diwujudkan, sesuai dengan desain dudukan pada *casing*. Pelat sebesar 2 mm terbukti tidak melengkung dan saling menempel, meskipun dibebani *thermoelectric* dan menerima panas.
- 3) Seharusnya dilakukan pengukuran temperatur suhu pelat bawah saat *thermoelectric* dinyalakan, yaitu dengan mendesain lubang pada *casing thermophoretic* sebagai tempat termokopel diletakkan

dengan dijepitkan di pelat bawah dan *casing*. Namun termokopel tipe kabel yang ada di pasaran terlalu besar untuk dijepitkan pada pelat dan *casing*, karena akan mengganjal dan celah antar pelat akan tertutup. Termokopel tipe serabut yang rencananya digunakan untuk aplikasi ini saat ini telah sulit ditemui di pasaran. Maka diasumsikan temperatur pelat bawah tetap sama, meskipun pada kenyataannya pada pelat bawah terjadi perpindahan panas secara konveksi dari pelat atas yang dipanaskan karena celah antar pelat yang sangat kecil.

Selain itu, pada pengembangan selanjutnya, pelat bawah dapat diberikan semacam media pendingin, untuk menjaga temperatur pelat bawah tetap rendah, sehingga gradien temperatur antara pelat atas dan bawah yang diinginkan dapat tercapai.

5.2 ANALISA HASIL PEMBUATAN

Dari proses dan hasil pembuatan didapat beberapa hasil yaitu :

- 1) Pada *casing* akrilik terdapat beberapa kesalahan kecil dalam pembuatan di bengkel akrilik, seperti posisi lubang baut untuk menggabungkan kedua *casing* yang kurang presisi, sehingga perlu dilakukan perbaikan di Laboratorium DTM untuk mengebor lubang baut yang benar



Gambar 5.2 Lubang baut yang diperbaiki

- 2) Pada proses pembuatan filter karbon aktif ditemui beberapa masalah seperti hasil cetakan yang getas dan rapuh sehingga retak

saat dikeluarkan dari cetakan. Perlu proses *trial and error* pada komposisi dan proses pencetakan untuk mencapai hasil yang diinginkan, meski belum sempurna. Hasil cetakan berbentuk padat pada saat dimasukkan dan pada pengujian, namun mengalami keretakan pada saat dicoba dikeluarkan. Maka dari itu pada pengujian berikutnya filter karbon aktif dialasi jaring kawat yang dapat menopang karbon aktif namun tidak menghalangi aliran asap melewati filter karbon aktif.



Gambar 5.3 Filter karbon aktif dialasi jaring kawat

- 3) *Fan* seharusnya dapat diatur kecepatannya pada 0,1 m/s, yaitu kecepatan ideal untuk *thermophoretic force*, namun pada kenyataannya, pada kecepatan tersebut salah satu *fan* mati dan hanya satu yang bekerja. Maka untuk menjaga kinerja penyaringan dan penghisapan asap rokok yang merata, diputuskan meningkatkan kecepatan minimal hingga kedua *fan* bekerja yaitu 0,3 m/s.
- 4) Pelat aluminium yang dibeli sesuai dengan ukuran masih membutuhkan pemotongan manual untuk mendapatkan ukuran yang benar-benar pas untuk diletakkan dalam *casing*.
- 5) Terjadi beberapa kebocoran pada saat pengujian, yaitu pada sambungan antar *casing* dan sambungan pelat ke *casing*. Persambungan yang kurang presisi mungkin menyebabkan hal ini. Untuk mengatasinya, dilakukan penutupan kebocoran sementara dengan menggunakan selotip.