

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. SPESIFIKASI BAHAN BAKAR YANG DIGUNAKAN

Bahan bakar yang digunakan adalah campuran CPO dan solar dengan komposisi 10%, 20%, 25%, 30%, 40%, dan 50% serta minyak solar murni.

Bahan bakar CPO didapatkan dari produksi pabrik PT Fety Mina Jaya yang ada di daerah Pekanbaru Riau, sedangkan bahan bakar solar murni diperoleh dari Depo Pertamina.

Bahan bakar yang akan digunakan akan diuji dilaboratorium sehingga diperoleh karakteristik dari masing-masing bahan bakar tersebut.

3.2. PENGUJIAN UNJUK KERJA MESIN DIESEL

3.2.1. Tempat Pengujian Unjuk Kerja Mesin

Pengujian unjuk kerja mesin dilaksanakan di Laboratorium Termodinamika Terapan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang berada di lantai 1 Gedung Departemen Mesin Kampus Baru UI Depok.

3.2.2. Peralatan Pengujian

Adapun pengujian yang dilakukan menggunakan beberapa peralatan, diantaranya :

1. Mesin Diesel Genset

Penelitian ini menggunakan dua buah mesin diesel genset sejenis merk Dong Feng dengan spesifikasi sesuai tabel 3.2 dan gambar 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin Diesel Genset

| | |
|-----------------------------------|---|
| Type | Single-cylinder, horizontal, water-cooled, four-stroke and pre-combustion Chamber |
| Bore | 75 mm |
| Stroke | 80 mm |
| Output (12 hours rating) | 4,4 kW/2600 r/min |
| Displacement | 0,353 L |
| Compression Ratio | 21-23 |
| Mean effective Pressure | 576 kPa (5,88 kgF/cm ²) |
| Piston Mean Speed | 6,93 m/s |
| Specific Fuel Consumption | 270,6 g/kW.h (199 g/ps.h) |
| Specific Oil Consumption | 3,67 g/kW.h (2,7 g/ps.h) |
| Cooling water Consumption | 1360 g/kW.h (1 kg/ps.h) |
| Injection Pressure | 14,2 ± 0,5MPa(145 ± 5)kgF/cm ² |
| Valve Clearance : Inlet Valve | 0,15-0,25 mm |
| (at Cold Condition) Exhaust valve | 0,25 = 0,35 |



Gambar 3.1 Mesin Diesel Genset Dong Feng

2. CPO Module

CPO Module terdiri dari dua buah tangki CPO yang dilengkapi alat pemanas. Tangki CPO No.1 dan CPO No. 2 menggunakan peralatan pemanas berbentuk plat *heater* yang dihubungkan dengan peralatan *thermoswitch* yang ditempatkan pada tangki CPO No. 2 agar temperatur bahan bakar pada kedua tangki dapat dikontrol. Pada tangki CPO No. 2 juga dilengkapi *thermometer* untuk mengetahui temperatur minyak. Pada sisi luar tangki dibungkus dengan menggunakan *glasswool* untuk mengisolasi terhadap pengaruh temperatur udara luar. Hal yang sama juga dilakukan untuk sepanjang pipa yang menghubungkan kedua tangki tersebut maupun yang menghubungkan tangki CPO 2 dengan *flow meter* dan pipa saluran bahan bakar mesin dengan menggunakan bahan isolasi yang biasa digunakan untuk isolasi pipa pada sistem pendingin ruangan.



Gambar 3.2. CPO module

3. Lamp Board

Lamp Board terdiri dari beberapa buah bola lampu yang berfungsi sebagai peralatan pembebanan mesin yang disesuaikan terhadap beban ujinya. Peralatan ini dilengkapi alat uji ampere meter, volt meter serta kWh meter.



Gambar 3.3. Lamp board

4. Multimeter

Alat ini digunakan untuk mengetahui arus dan tegangan yang dihasilkan mesin jenset, serta temperatur yang ada pada gas buang, air pendingin, dan air suction

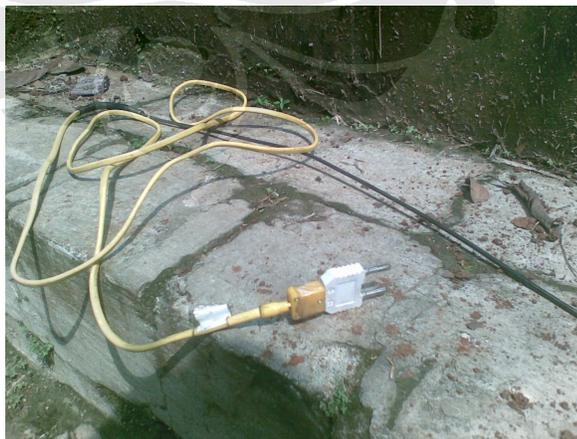


Gambar 3.4. Multimeter

5. Thermocouple

Dalam elektronik dan dalam teknik elektri, thermokopel banyak digunakan sebagai sensor suhu atau temperatur dan dapat juga digunakan untuk mengubah perbedaan potensial suhu menjadi perbedaan potensial elektrik. Batsan yang penting adalah akurasi yang mana sistem errornya tidak lebih dari 1°C .

Di tahun 1821, Seorang Fisikawan Estonia bernama Thomas Johann Seebeck menemukan bahwa ketika konduktor (contohnya metal) di letakkan pada temperature yang berbeda, ini kan menghasilkan tegangan. Ini diketahui sebagai efek termoelektrik atau efek Seebeck Beberapa mencoba untuk mengukur tegangan dengan menghubungkan ke koduktor lain pada ujungnya diberi panas. Penambahan konduktor ini akan mengalami gradient atau perbedaan temperature dan menimbulkan tegangan yang bellawanan dari awalnya. Untungnya, besarnya efek ini tergantung dari material yang digunakan. Dengan menggunakan metal yang tidak sama untuk melengkapi rangkaian akan membuat rangkaian, menghasilkan dua taraf perbedaan tegangan, meninggalkan sebuah perbedaan tegangan yang sangat kecil untuk diukur. Perbedaan tegangan bertambah sebanding dengan pertambahan temperature, dan mepunyai ciri khas antara 1 dan 70 mikrovolt per $^{\circ}\text{C}$ ($\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) untuk range saat ini dengan kombinasi metal yang tersedia. Beberapa kombinasi menjadi populer di standart industri, dilihat dari harga, ketersediannya, kebaikannya , titik leleh, sifat kimia, satabilitas dan keluaranya. Pasangan dua buah metal ini dinamakan Termokopel.



Gambar 3.5. Thermocouple

Ketika dua buah kawat dihubungkan dengan jenis logam yang berbeda pada ujung yang satu digabungkan dan ujung yang satu lagi dipanaskan, ada aliran listrik yang continue dalam rangkaian termokopel tersebut.



THE SEEBECK EFFECT
Gambar 3.6. Efek Seebeck

Jika rangkaian diputus pada bagian tengahnya, maka akan menjadi rangkaian tegangan yang terbuka (the Seebeck voltage) sebagai sebuah fungsi temperature dan komposisi dari dua buah metal.



Gambar 3.7. Perbedaan tegangan antara kedua kawat karena perbedaan temperatur

Semua metal yang berbeda menunjukkan efek seperti ini. Dari banyak kombinasi dari dua buah metal memiliki karekteristik masing-masing yang sangat penting untuk diperhatikan. Untuk perubahan kecil pada temperature maka Seebeck voltage mempertunjukkan kelinieran yang proposional terhadap temperature.

$$\Delta e_{AB} = \alpha \Delta T$$

Dimana α adalah koefisien Seebeck.

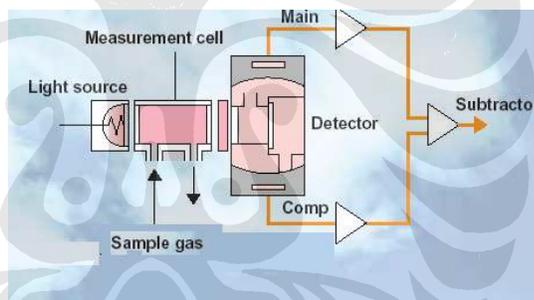
Type K (chromel–alumel) umumnya banyak digunakan pada termokopel untuk tujuan umum. Type ini tidak terlalu mahal dan sangat populer, dan tersedia dalam banyak jenis probe. Tersedia untuk range temperature antara -200°C sampai dengan $+1200^{\circ}\text{C}$.

6. Smoke Analyzer

Smoke analyzer digunakan untuk mengukur nilai opasitas suatu *exhaust Diesel*. Sampel gas dimasukkan kedalam *measurement cell*, *light source* memancarkan sinar, apabila *receiver* menerima sinar secara penuh berarti opasitas 0% dan jika sinar tidak diterima sama sekali berarti opasitas 100%, jadi makin besar cahaya yang dikirim terganggu dibaca oleh *receiver* maka makin besar nilai opasitasnya.



Gambar 3.8. Portable smoke analyzer



Gambar 3.9. Diagram skematik smoke analyzer

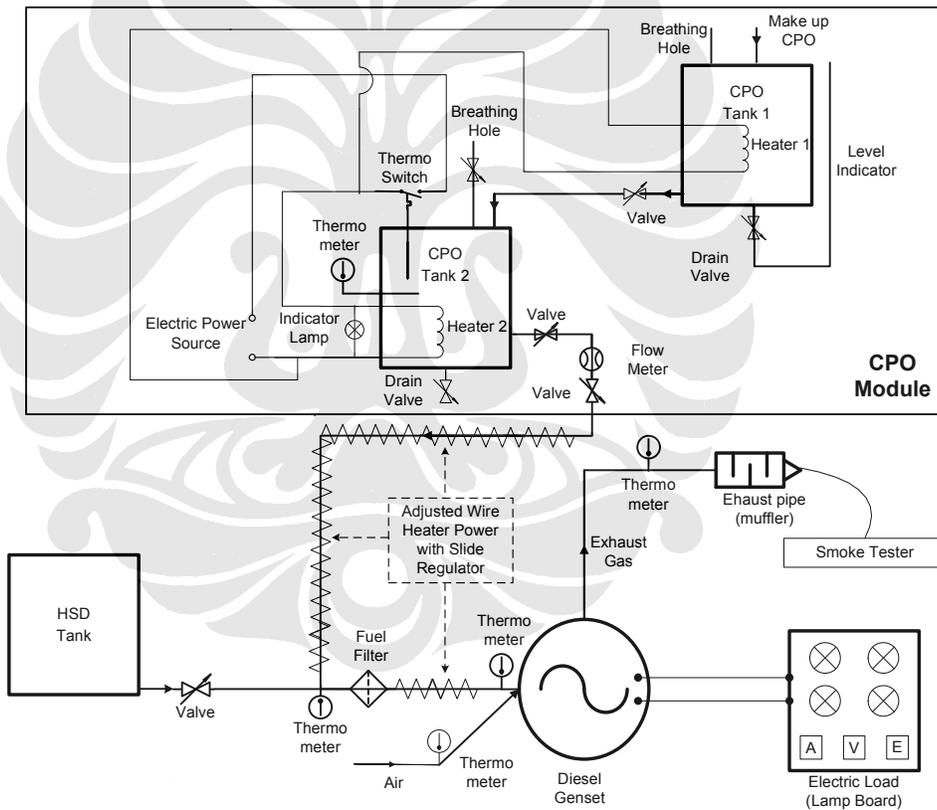


Gambar 3.10. Aplikasi penggunaan smoke analyzer

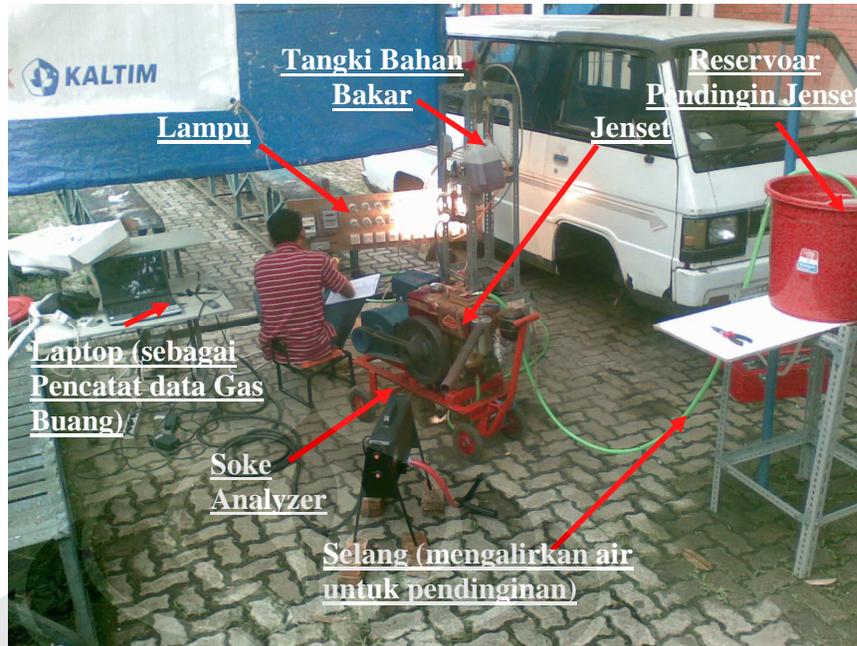
Saat digunakan, *probe smoke analyzer* biasa diletakkan pada sistem *exhaust* knalpot, setelah itu mesin dijalankan pada rpm tertentu hingga didapatkan nilai opasitas yang konstan.

3.2.3. Skematik Diagram Peralatan Pengujian

Pengujian pengoperasian mesin dengan bahan bakar CPO dan campuran bahan bakar CPO dilakukan pada mesin diesel genset No. 1 dengan skema peralatan pengujian sesuai gambar 3.2 dibawah ini. Untuk pengujian menggunakan bahan bakar solar dilakukan pada mesin diesel genset No. 2 tanpa modul CPO dengan spesifikasi mesin yang sama dengan mesin No. 1.



Gambar 3.11. Diagram Skematik Peralatan Pengujian



Gambar 3.12. Instalasi Peralatan Pengambilan Data



Gambar 3.13. Peralatan Pengujian dengan CPO dan Campurannya

3.2.4. Prosedur Pengujian Unjuk Kerja Mesin

3.2.4.1. Persiapan Bahan Bakar

Bahan bakar yang akan diuji terlebih dahulu dipersiapkan dengan cara menemukannya pada jerigen yang terpisah yang diberikan label untuk menghindarkan faktor kesalahan pemakaian bahan bakar. Pencampuran bahan bakar solar dengan CPO pada komposisi CPO 25%, 50 % dan 75% dilakukan

berdasarkan komposisi berat mengingat bahwa density yang berbeda antara bahan bakar CPO dengan bahan bakar solar.

3.2.4.2. Prosedur Menjalankan Mesin Diesel

Tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menjalankan mesin pada pengujian ini dilakukan sebagai berikut:

1. Cek seluruh peralatan uji apakah sudah tersedia dan terpasang dengan benar serta pastikan bahwa seluruh peralatan tersebut dapat bekerja dengan baik.
2. Cek tangki bahan bakar sesuai jenis bahan bakar yang akan dipakai pada dua mesin yang identik dan pastikan bahwa air radiator sudah terisi penuh dan minyak pelumas sudah terisi pada level yang diijinkan.
3. Tutup katup bahan bakar.
4. Putar mesin secara manual untuk pembilasan yang berfungsi untuk membuang kandungan air yang mungkin ada di ruang bakar.
5. Buka katup bahan bakar solar serta putar engkol untuk penyalan mesin.

3.2.4.2.1. Prosedur Pengujian dengan Bahan Bakar Solar

6. Lakukan pemanasan mesin tanpa beban selama 10 menit.
7. Lakukan pembebanan sesuai dengan beban uji dengan cara menghidupkan lampu melalui saklar yang ada pada lamp board.
8. Biarkan mesin beroperasi pada posisi beban uji selama 10 menit untuk memastikan bahwa kondisi kerja mesin dalam keadaan stabil pada beban uji tersebut.
9. Setelah kondisi kerja stabil pada beban uji kemudian lakukan pengambilan data pengujian untuk beban uji tersebut sebanyak dua kali selama periode 1 jam.
10. Pengujian kemudian dilanjutkan untuk beban-beban uji yang lain sesuai prosedur 7 s/d 9. Keseluruhan pengujian dilakukan terhadap beban konstan 500 Watt, 1000 Watt, 1500 Watt dan 2000 Watt.

11. Lanjutkan pengoperasian mesin sampai dengan 50 jam operasi dengan metode pembebanan yang sama dengan mesin yang menggunakan bahan bakar CPO 100%.
12. Lakukan kembali pengujian untuk beban konstan 500 Watt, 1000 Watt, 1500 Watt dan 2000 Watt pada jam ke 50 pengoperasian mesin.
13. Mesin dijalankan setiap harinya selama 6 jam
14. Pada saat mesin akan dimatikan terlebih dahulu dilakukan proses pendinginan yaitu dengan membiarkan mesin beroperasi tanpa beban selama lebih kurang 10 menit.



Gambar 3.14. Pengambilan Data Pada Malam Hari

3.2.4.2.2. *Prosedur Pengujian Campuran Bahan Bakar CPO dengan Solar*

7. Buka katup bahan bakar pada tangki No. 1 campuran bahan bakar CPO dengan solar dan katup penghubung kedua tangki tersebut dengan tangki No. 2 campuran bahan bakar CPO dengan solar dan nyalakan heater bahan bakar dan pastikan posisi katup bahan bakar pada tangki No. 2 yang menuju ke mesin dalam posisi tertutup.
8. Lakukan pemanasan mesin tanpa beban dengan menggunakan bahan bakar solar sampai temperatur campuran bahan bakar CPO dengan solar sesuai dengan kondisi uji. Temperatur campuran bahan bakar CPO dengan solar pada tangki No. 2 diatur dengan thermostwitch untuk mematikan dan menghidupkan kembali heater secara otomatis sehingga berada pada range

temperatur yang memungkinkan agar temperatur bahan bakar masuk ke mesin sesuai dengan temperatur pengujian.

9. Buka katup campuran bahan bakar CPO dengan solar pada tangki No. 2 yang menuju ke mesin dan tutup katup bahan bakar solar.
10. Lakukan pembebanan sesuai dengan beban uji dengan cara menghidupkan lampu melalui saklar yang ada pada lamp board.
11. Biarkan mesin beroperasi pada posisi beban uji selama 10 menit untuk memastikan bahwa kondisi kerja mesin dalam keadaan stabil pada beban uji dan pada temperatur bahan bakar masuk ke mesin sesuai dengan temperatur pengujian dengan cara mengatur beban pemanasan heater pada pipa saluran bahan bakar yang menghubungkan CPO Module dengan mesin diesel. Beban pemanasan heater pada saluran bahan bakar masuk ke mesin diatur dengan menggunakan slide regulator.
12. Setelah kondisi kerja stabil pada beban uji dan temperatur bahan bakar uji, kemudian lakukan pengambilan data pengujian untuk beban uji tersebut sebanyak dua kali dalam periode waktu pengujian minimal 1 jam.
13. Pengujian kemudian dilanjutkan untuk beban-beban uji yang lain serta variasi temperatur bahan bakar sesuai prosedur 10 s/d 12. Keseluruhan pengujian dilakukan terhadap beban konstan 500 Watt, 1000 Watt, 1500 Watt dan 2000 Watt pada empat variasi temperatur bahan bakar masuk ke mesin 60 °C, 70 °C, 80 °C dan 90 °C.
14. Lakukan kembali pengujian untuk beban konstan 500 Watt, 1000 Watt, 1500 Watt dan 2000 Watt pada jam ke 50 pengoperasian mesin.
15. Pada saat mesin akan dimatikan terlebih dahulu dilakukan proses pemindahan bahan bakar ke sistem bahan bakar solar dengan membuka katup saluran tangki bahan bakar solar dan menutup katup saluran tangki bahan bakar campuran CPO. Biarkan mesin beroperasi tanpa beban selama 10 menit menggunakan bahan bakar solar untuk proses pendinginan dan pembersihan saluran bahan bakar masuk ke mesin dari campuran bahan bakar CPO.

3.2.4.2.3. Prosedur Pengujian dengan Bahan Bakar CPO

7. Buka katup bahan bakar pada tangki CPO No.1 dan katup penghubung kedua tangki CPO dan nyalakan heater bahan bakar CPO dan pastikan posisi katup bahan bakar pada tangki CPO No. 2 yang menuju ke mesin dalam posisi tertutup.
8. Lakukan pemanasan mesin tanpa beban dengan menggunakan bahan bakar solar sampai temperatur bahan bakar CPO sesuai dengan kondisi uji. Temperatur bahan bakar CPO pada tangki No. 2 diatur dengan thermostwitch untuk mematikan dan menghidupkan kembali heater secara otomatis sehingga berada pada range temperatur yang memungkinkan agar temperatur bahan bakar masuk ke mesin sesuai dengan temperatur pengujian.
9. Buka katup bahan bakar CPO pada tangki No. 2 yang menuju ke mesin dan tutup katup bahan bakar solar.
10. Lakukan pembebanan sesuai dengan beban uji dengan cara menghidupkan lampu melalui saklar yang ada pada lamp board.
11. Biarkan mesin beroperasi pada posisi beban uji selama 10 menit untuk memastikan bahwa kondisi kerja mesin dalam keadaan stabil pada beban uji tersebut dan pada temperatur bahan bakar masuk ke mesin sesuai dengan temperatur pengujian dengan cara mengatur beban pemanasan heater pada pipa saluran bahan bakar yang menghubungkan CPO Module dengan mesin diesel. Beban pemanasan heater pada saluran bahan bakar masuk ke mesin diatur dengan menggunakan slide regulator.
12. Setelah kondisi kerja stabil pada beban uji kemudian lakukan pengambilan data pengujian untuk beban uji tersebut sebanyak dua kali dalam periode waktu pengujian minimal 1 jam.
13. Pengujian kemudian dilanjutkan untuk beban-beban uji yang lain serta variasi temperatur bahan bakar sesuai prosedur 10 s/d 12. Keseluruhan pengujian dilakukan terhadap beban konstan 500 Watt, 1000 Watt, 1500 Watt dan 2000 Watt pada empat variasi temperatur bahan bakar 60 °C, 70 °C, 80 °C dan 90 °C.

14. Lanjutkan pengoperasian mesin sampai dengan 50 jam operasi menggunakan bahan bakar CPO dengan metode pembebanan yang sama dengan mesin yang menggunakan bahan bakar solar.
15. Lakukan kembali pengujian untuk beban konstan 500 Watt, 1000 Watt, 1500 Watt dan 2000 Watt pada jam ke 50 pengoperasian mesin.
16. Mesin dijalankan setiap harinya selama 6 jam.
17. Pada saat mesin akan dimatikan terlebih dahulu dilakukan proses pemindahan bahan bakar ke sistem bahan bakar solar dengan membuka katup saluran tangki bahan bakar solar dan menutup katup saluran tangki bahan bakar CPO. Biarkan mesin beroperasi tanpa beban selama 10 menit menggunakan bahan bakar solar untuk proses pendinginan dan pembersihan saluran bahan bakar masuk ke mesin dari bahan bakar CPO.

3.2.4.3. Prosedur Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan kondisi kerja mesin pada beban uji telah stabil. Pengambilan data dilakukan sebagai berikut :

1. Data jam operasi mesin, bahan bakar yang digunakan serta pembebanan yang dilakukan dicatat setiap harinya sejak mesin mulai beroperasi sampai jam operasi mencapai 50 jam.
2. Pengambilan data unjuk kerja mesin dengan bahan bakar solar 100%, campuran bahan bakar solar dengan CPO pada komposisi 25%, 50 % dan 75% serta bahan bakar CPO 100% dilakukan pada beban konstan 500 Watt, 1000 Watt, 1500 Watt dan 2000 Watt dengan mengatur jumlah lampu yang dinyalakan pada lamp board. Pengambilan data ini dilakukan sebanyak dua kali untuk setiap bebannya dalam periode waktu pengujian minimal 1 jam.
3. Pengambilan data untuk bahan bakar campuran solar dengan CPO dan dengan bahan bakar CPO 100% pada masing-masing beban yang disebutkan pada point 2 diatas dilakukan pada empat variasi temperatur bahan bakar 60 °C, 70 °C, 80 °C dan 90 °C. Pengambilan data ini dilakukan sebanyak dua kali untuk setiap variasi beban dan variasi

temperatur bahan bakar masuk ke mesin dalam periode waktu pengujian minimal 1 jam.

4. Pengukuran emisi gas buang.

Sampel emisi gas buang diambil dari pipa *exhaust* dengan menggunakan alat pengukur kepekatan asap (*Opacity Meter*). Gas buang dihisap melalui *Probe* dan diterima oleh sensor kepekatan di dalam *opacity meter*. Nilai kepekatan yang ditunjukkan berdasarkan prosentase cahaya yang dapat diterima oleh sensor tersebut (100 % = pekat sempurna, dan 0 % = cahaya dapat diteruskan). Sedangkan nilai hasil pengukuran opasitas dapat langsung dilihat pada komputer yang dihubungkan dengan alat tersebut dengan bantuan perangkat lunak (*software*) khusus.

Data yang diambil / dicatat pada setiap pengujian adalah sebagai berikut :

1. Jam pada saat mesin diesel mulai beroperasi.
2. Beban pada lampboard (Watt).
3. Putaran generator (rpm).
4. Tegangan listrik keluaran generator (Volt).
5. Arus listrik yang mengalir pada lampboard (Ampere)
6. Energi listrik keluaran generator yang diserap oleh lampboard pada satuan waktu tertentu (kWh).
7. Konsumsi bahan bakar selama pengukuran (ml).
8. Waktu yang dibutuhkan selama pengukuran konsumsi bahan bakar (s).
9. Temperatur udara yang masuk ke mesin ($^{\circ}\text{C}$)
10. Temperatur bahan bakar yang masuk ke mesin ($^{\circ}\text{C}$)
11. Temperatur gas buang ($^{\circ}\text{C}$).
12. Opasitas gas buang.
13. Jam pada saat mesin diesel berhenti beroperasi.



Gambar 3.15. Pengambilan Data Dengan Pemanasan Bahan Bakar

3.2.4.4. Prosedur Penggantian Bahan Bakar

Penggantian bahan bakar pada mesin dilakukan jika pengujian pada tiap jenis bahan bakar telah selesai dilakukan. Tahapan penggantian bahan bakar adalah sebagai berikut :

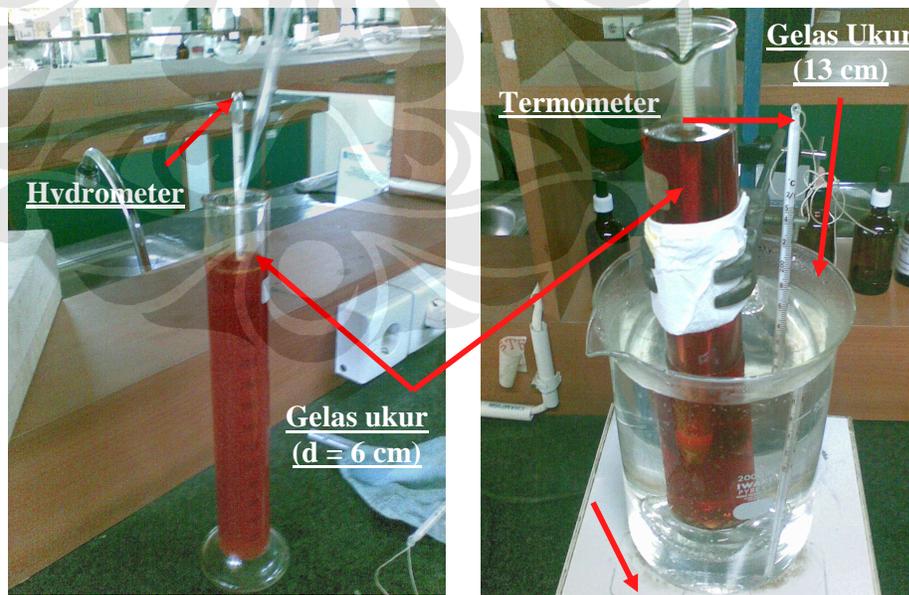
1. Mesin diesel dimatikan.
2. *Stop valve* pada tangki bahan bakar ditutup, kemudian saluran bahan bakar yang menuju ke pompa injektor dicabut. Tutup saluran bahan bakar agar tidak kemasukan udara.
3. Untuk mengosongkan tangki bahan bakar, maka *stop valve* dibuka. Bahan bakar yang keluar dari tangki kemudian ditampung di dalam wadah yang telah disediakan.
4. Setelah tangki bahan bakar kosong, tutup *stop valve* dan pasang kembali pipa saluran bahan bakar. Bahan bakar baru kemudian dimasukkan ke dalam tangki.
5. Setelah bahan bakar baru dimasukkan, *stop valve* dibuka kembali. Pipa-pipa saluran bahan diberi getaran untuk menghilangkan udara atau *vapor lock* yang menghambat aliran bahan bakar.
6. Mesin dinyalakan, dan setelah menghabiskan bahan bakar baru sebanyak tiga kali *fuel consumption* meter atau 300 cc bahan bakar, maka

diasumsikan bahwa seluruh sistem bahan bakar mesin uji telah terisi oleh bahan bakar baru.

3.3. PENGUJIAN DENSITAS

Density adalah suatu karakteristik material yang cukup penting dalam pembakaran, karena karakteristik ini sangat berhubungan erat dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh suatu mesin diesel per satuan bahan bakar yang digunakan. Untuk mengetahui density dari tiap sampel yang kami uji kami melakukan pengujian dengan standar ASTM 1298-99. Adapun alat yang digunakan untuk pengujian ini antara lain :

- Hydrometer
- 2 Gelas ukur ukuran atau bejana. Tinggi minimal 40 cm (diameter maksimal 6 cm) dan tinggi minimal 18 (diamter 13 cm)
- Hot Plate Heater (air) yang memiliki pengatur temperatur (potensiometer)
- Termometer



Gambar 3.16. Instalasi Peralatan Pengujian Density

3.3.1. Tempat Pengujian Densitas

Pengujian densitas bahan bakar solar dan CPO dilaksanakan di Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang berada di lantai 3 Gedung Departemen Teknik Kimia Kampus Baru UI Depok.

3.3.2. Prosedur Pengujian Densitas

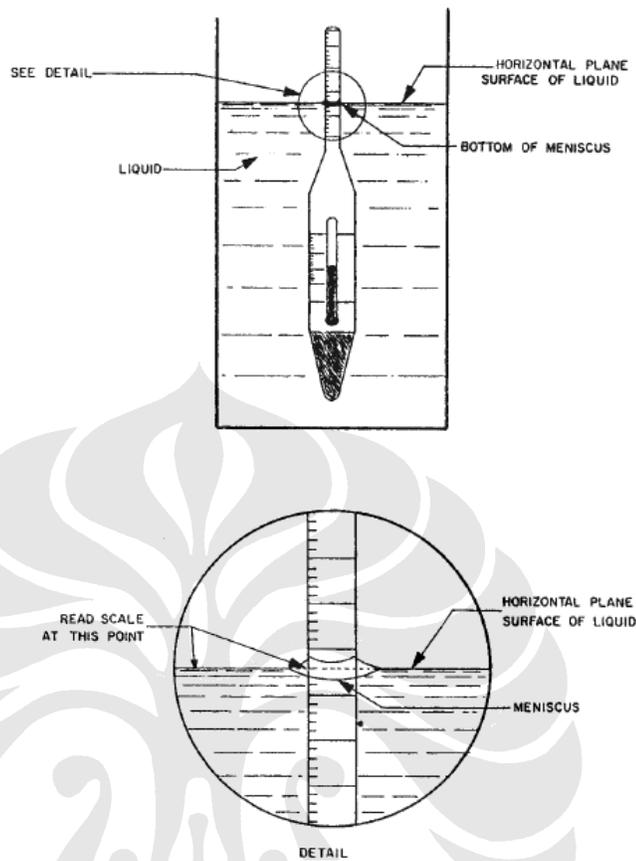
Adapun langkah-langkah dalam pengujian density solar dan CPO terdiri dari 2 jenis, yaitu :

1. Pengujian Density Tanpa Pemanasan

Pengujian density tanpa pemanasan yaitu pengujian density dari suatu fluida pada suhu ruang. Langkah-langkahnya antara lain :

- 1.) Masukkan fluida yang akan diuji ke dalam gelas ukur, sampai hydrometer dapat terapung. Hal ini untuk menjaga hydrometer tetap terapung di dalam fluida tersebut.
- 2.) Masukkan Hydrometer ke dalam gelas ukur yang telah diisi fluida yang akan diuji
- 3.) Amati skala yang terdapat pada hydrometer

Skala horisontal yang terbaca pada hydrometer menunjukkan density dari fluida yang diukur. Pembacaan skala tersebut harus tepat dan dari sudut pandang yang tepat.



Gambar 3.17. Penentuan Pembacaan Skala Hydrometer

2. Pengujian Density Dengan Pemanasan

Pengujian density tanpa pemanasan yaitu pengujian density dari suatu fluida pada suhu ruang. Langkah-langkahnya antara lain :

- 1.) Masukkan fluida yang akan diuji ke dalam gelas ukur, sampai hydrometer dapat terapung. Hal ini untuk menjaga hydrometer tetap terapung di dalam fluida tersebut.
- 2.) Masukkan air ke dalam heater
- 3.) Masukkan gelas ukur ke dalam heater yang sudah berisi air
- 4.) Nyalakan heater
- 5.) Masukkan termometer ke dalam fluida yang akan diuji tersebut. Tunggu sampai termometer menunjukkan temperatur pengukuran yang diinginkan.
- 6.) Setelah termometer menunjukkan temperatur pengukuran yang diinginkan, masukkan Hydrometer ke dalam gelas ukur

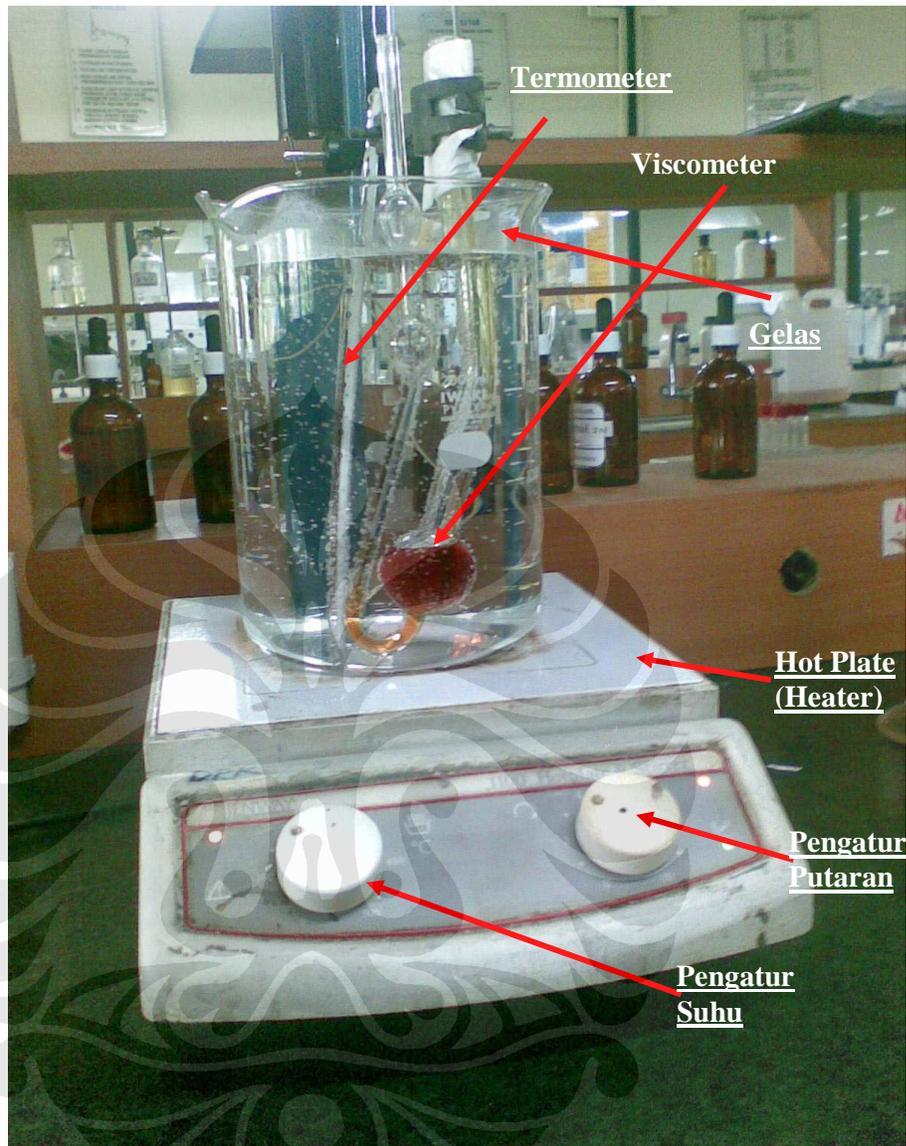
- 7.) Amati skala yang terdapat pada hydrometer, sambil menjaga temperatur fluida agar tetap berada pada temperatur pengukuran, dengan cara memperbesar dan memperkecil temperatur heater (menggunakan potensiometer pada heater tersebut)

Skala horisontal yang terbaca pada hydrometer menunjukkan density dari fluida yang diukur. Pembacaan skala tersebut harus tepat dan dari sudut pandang yang tepat.

3.4. PENGUJIAN VISKOSITAS

Viskositas kinematis biasanya diukur dengan *viscosity meter* dengan unit *stoke* atau cm^2/detik , dan viskositas absolut dalam poise, yang mana tenaga yang dibutuhkan untuk memutar luasan sebesar 1 cm^2 dengan kecepatan 1 m/s dalam bidang paralel yang dipisahkan dalam fluida. Untuk memudahkan perhitungannya menggunakan satuan unit *centipoise (cP)* dan *centistokes (cS)*. Untuk mengetahui viskositas dari tiap sampel yang kami uji kami melakukan pengujian dengan standar ASTM D445. Adapun alat yang digunakan untuk pengujian ini antara lain :

1. Viscometer
2. Heater Hot Plate (air) yang memiliki pengatur temperatur (potensiometer)
3. Penjepit Viscometer
4. Gelas Ukur
5. Termometer
6. Stopwatch
7. Pipet



Gambar 3.18. Instalasi Peralatan Pengujian Density

3.4.1. Tempat Pengujian Viskositas

Pengujian viskositas bahan bakar solar dan CPO dilaksanakan di Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang berada di lantai 3 Gedung Departemen Teknik Kimia Kampus Baru UI Depok.

3.4.2. Prosedur Pengujian Viskositas

Adapun langkah-langkah dalam pengujian density solar dan CPO terdiri dari 2 jenis, yaitu :

1. Pengukuran Viscosity Tanpa Pemanasan

Pengujian viscosity tanpa pemanasan yaitu pengujian viscosity dari suatu fluida pada suhu ruang. Langkah-langkahnya antara lain :

- 1.) Masukkan fluida yang akan diuji ke dalam hydrometer
- 2.) Gantungkan viscometer yang berisi fluida tersebut pada Penjepit Viscometer
- 3.) Hisap fluida tersebut (yang ada di dalam viscometer, menggunakan pipet) sampai ketinggian tertentu, sehingga waktu mengalirnya dapat di ukur
- 4.) Hitunglah waktu yang digunakan untuk mengalirkan fluida dari garis awal sampai garis akhir (garis tersebut terdapat pada skala yang tercantum pada viscometer)
- 5.) Konversikan waktu yang di dapat dari percobaan tersebut ke dalam persamaan viscosity

2. Pengukuran Viscosity Dengan Pemanasan

Pengujian Viscosity dengan pemanasan yaitu pengukuran viscosity dari suatu fluida pada suhu yang bervariasi. Langkah-langkahnya antara lain :

- 1.)Masukkan air ke dalam gelas ukur
- 2.)Masukkan fluida yang akan diuji ke dalam hydrometer
- 3.)Gantungkan hydrometer (yang berisi fluida yang akan diukur) pada penjepit viscometer, dan letakkan viscometer ke dalam gelas ukur yang berisi air. Posisikan viscometer tersebut, sehingga seluruh bagian viscometer menampung fluida (yang akan diukur) tenggelam.
- 4.)Panaskan air tersebut (yang ada di dalam gelas ukur) menggunakan hot plate heater. Panaskan air tersebut sampai temperature yang diinginkan.
- 5.)Jika temperature air sudah mencapai temperature pengukuran yang diinginkan, hisap fluida tersebut (yang ada di dalam viscometer, menggunakan pipet) sampai ketinggian tertentu, sehingga waktu mengalirnya dapat di ukur. Pertahankan temperatur selama pengukuran pada temperatur pengukuran yang diinginkan.
- 6.)Hitunglah waktu yang digunakan untuk mengalirkan fluida dari garis awal sampai garis akhir (garis tersebut terdapat pada skala yang tercantum pada viscometer)

7.)Konversikan waktu yang di dapat dari percobaan tersebut ke dalam persamaan viscosity

3.4.3. Kalkulasi Viscosity

Viscosity dari CPO dapat diperoleh dengan cara mengalikan waktu yang dihasilkan dari pengujian CPO dengan konstanta viscosity (yang diambil dari konstanta air pada temperatur pengukuran)

$$V = c \cdot t$$

v = Viscosity (mm^2/s atau *cstoke*)

c = Konstanta viscosity

t = Time (s)

3.4. PENGUJIAN CETANE NUMBER

Pengujian Cetane Number minyak Solar dan CPO dengan komposisi solar murni, 10% CPO, 20% CPO, 25%, 30% CPO, 40% CPO, 50% CPO, 75% CPO, dan 100% CPO dilakukan di laboratorium Fasilitas Lemigas Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral dengan memakai mesin CFR merk Waukesha Engine WI 53188 empat langkah dengan dengan kompresi rasio yang dapat diubah-ubah.

3.4.1. Prosedur Pengujian Cetane Number

Prosedur pengujian Cetane Number dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Pastikan mesin bekerja dan terkalibrasi dengan baik.
2. Masukkan sampel bahan bakar ke tangki 1. Buang sisa-sisa udara yang tersisa dari jalur masuknya bahan bakar sampai ke pompa, dan posisikan katup *fuel-selector* untuk menjalankan *engine* ke arah tangki 1.
3. Cek *fuel flow rate* dan atur flow-rate-micrometer dari pompa bahan bakar sehingga mencapai 13 ml per menit.
4. Setelah mengatur *fuel flow rate*, lanjutkan untuk mengatur *injection-timing-micrometer* dari pompa bahan bakar sehingga menunjukkan $13.0 \pm 0.2^\circ$ pada indikaor pembacaan *injection advance*.

5. Atur putaran *handwheel* untuk mengubah *compression ratio* sampai mendapatkan nilai $13.0 \pm 0.2^\circ$ pada indikator pembacaan *ignition delay*.
6. Pastikan indikator untuk pembacaan *injection advance* dan *ignition delay* telah mencapai keadaan stabil (biasanya membutuhkan waktu 5-10 menit).
7. Catat hasil yang ditunjukkan pada pembacaan *handywheel* sebagai representatif hasil pembakaran bahan bakar sampel.
8. Pilih bahan bakar referensi 1 (*T Fuel* dan *U Fuel*) yang mempunyai Cetane Number kira-kira mendekati bahan bakar sampel.
9. Siapkan kira-kira 400 atau 500 ml dari campuran bahan bakar referensi 1 yang telah dipilih pada poin 8.
10. Masukkan bahan bakar referensi 1 ke dalam tangki 2, dan bersihkan juga sisa-sisa udara seperti pada poin 2.
11. Lakukan hal yang sama pada poin 3-6 dan catat hasil dari pembacaan *handywheel* untuk bahan bakar referensi 1.
12. Pilih bahan bakar referensi 2, yang memungkinkan hasil dari pembacaan *handywheel* bahan bakar sampel berada diantara hasil dari pembacaan bahan bakar referensi 1 dan 2. Perbedaan Cetane Number antara kedua bahan bakar referensi tidak boleh melebihi dari 5.5.
13. Siapkan juga kira-kira 400-50 ml dari campuran bahan bakar referensi 2 yang telah dipilih pada poin 12.
14. Masukkan bahan bakar referensi 2 ke dalam tangki 3, dan bersihkan juga sisa-sisa udara seperti pada poin 2
15. Lakukan hal yang sama pada poin 3-6 dan catat hasil dari pembacaan *handywheel* untuk bahan bakar referensi 2.
16. Jika hasil dari pembacaan *handywheel* bahan sampel telah berada diantara hasil pembacaan *handywheel* bahan bakar referensi 1 dan 2 maka lanjutkan percobaan. Jika tidak, ganti bahan bakar referensi 1 atau 2 sampai hasil dari pembacaan *handywheel* seperti yang diharapkan.

3.4.2. Kalkulasi Cetane Number

Cetane Number dari bahan bakar sampel dapat diperoleh dengan cara interpolasi dari hasil pembacaan handywheel terhadap nilai Cetane Number dari bahan bakar referensi. Secara singkat dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$CN_S = CN_{LRF} + \left(\frac{HW_S - HW_{LRF}}{HW_{HRF} - HW_{LRF}} \right) (CN_{HRF} - CN_{LRF})$$

CN_S = Cetane number dari sample

CN_{LRF} = Cetane number bahan bakar referensi yang lebih rendah

CN_{HRF} = Cetane number bahan bakar referensi yang lebih tinggi

HW_S = Pembacaan hasil handywheel bahan bakar sampel

HW_{LRF} = Pembacaan hasil handywheel bahan bakar referensi yang lebih rendah

HW_{HRF} = Pembacaan hasil handywheel bahan bakar referensi yang lebih tinggi

Tabel 3.2. Nilai cetane number terhadap konsentrasi CPO

| Konsentrasi CPO (%) | Cetane Number |
|---------------------|---------------|
| Solar | 52.2 |
| 10 | 52.523 |
| 20 | 52.863 |
| 25 | 53.033 |
| 30 | 53.203 |
| 40 | 53.543 |
| 50 | 53.883 |
| 75 | 54.733 |
| 100 | 55.583 |

3.5. VARIASI PENGAMBILAN DATA PENGUJIAN

Pengambilan data dilakukan untuk mengetahui kelayakan dari bahan bakar CPO sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar. Data yang didapat merupakan hasil dari pengujian bahan bakar CPO dan solar muni yang divariasikan terhadap dua variable, yaitu konsentrasi CPO dan beban (Watt). Adapun variasi pengambilan data tersebut yaitu :

1. Variasi Konsentrasi CPO

Bahan bakar yang digunakan divariasikan dengan konsentrasi CPO, yaitu

- a. Campuran 10% CPO (10% CPO + 90% solar murni)
- b. Campuran 20% CPO (20% CPO + 80% solar murni)
- c. Campuran 25% CPO (25% CPO + 75% solar murni)
- d. Campuran 30% CPO (30% CPO + 70% solar murni)
- e. Campuran 40% CPO (40% CPO + 60% solar murni)
- f. Campuran 50% CPO (50% CPO + 50% solar murni)

2. Campuran Bahan bakar tersebut diaplikasikan dalam mesin jenset Dong Feng dengan dilakukan variasi pembebanan, yaitu :

- a. Pembebanan 500 W
- b. Pembebanan 1000 W
- c. Pembebanan 1500 W
- d. Pembebanan 2000 W

