

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. SPESIFIKASI BAHAN BAKAR YANG DIGUNAKAN

Bahan bakar yang digunakan adalah minyak kelapa sawit murni jenis CPO (Crude Palm Oil) serta campuran minyak kelapa sawit dengan bahan bakar solar dengan komposisi 25%, 50% dan 75% serta minyak solar murni.

Bahan bakar CPO didapatkan dari produksi pabrikan PT Fety Mina Jaya yang ada didaerah 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

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.

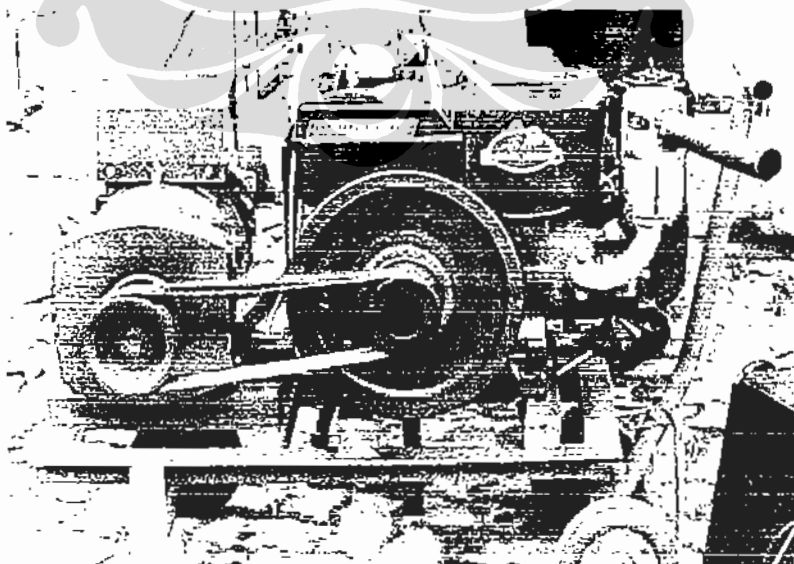
3.2.2. Peralatan Pengujian

3.2.2.1. Mesin Diesel Genset

Penelitian ini menggunakan dua buah mesin diesel genset sejenis merk Dong Feng dengan spesifikasi sesuai tabel 3.1 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 rpm
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	280,2 g/kWh (206 g/psh)
Specific Lubricating Oil Consumption	4,76 g/kWh (3,5 g/psh)
Cooling water Consumption	1360 g/kWh (1 kg/ps.h)
Injection Pressure	13.734 ± 490 kPa (140 ± 5 kgf/cm ²)
Valve Clearance : (at Cold Condition)	Intake valve 0,15÷0,25 mm Exhaust valve 0,25 ÷ 0,35 mm
Generator	ST Series, Single Phase AC Synchronous Generator, Type ST-3 Output 3 kW, cos phi = 1, 1500 rpm



Gambar 3.1. Mesin diesel genset Dong Feng

3.2.2.2. *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 bahan bakar. 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.

3.2.2.3. *Lamp Board*

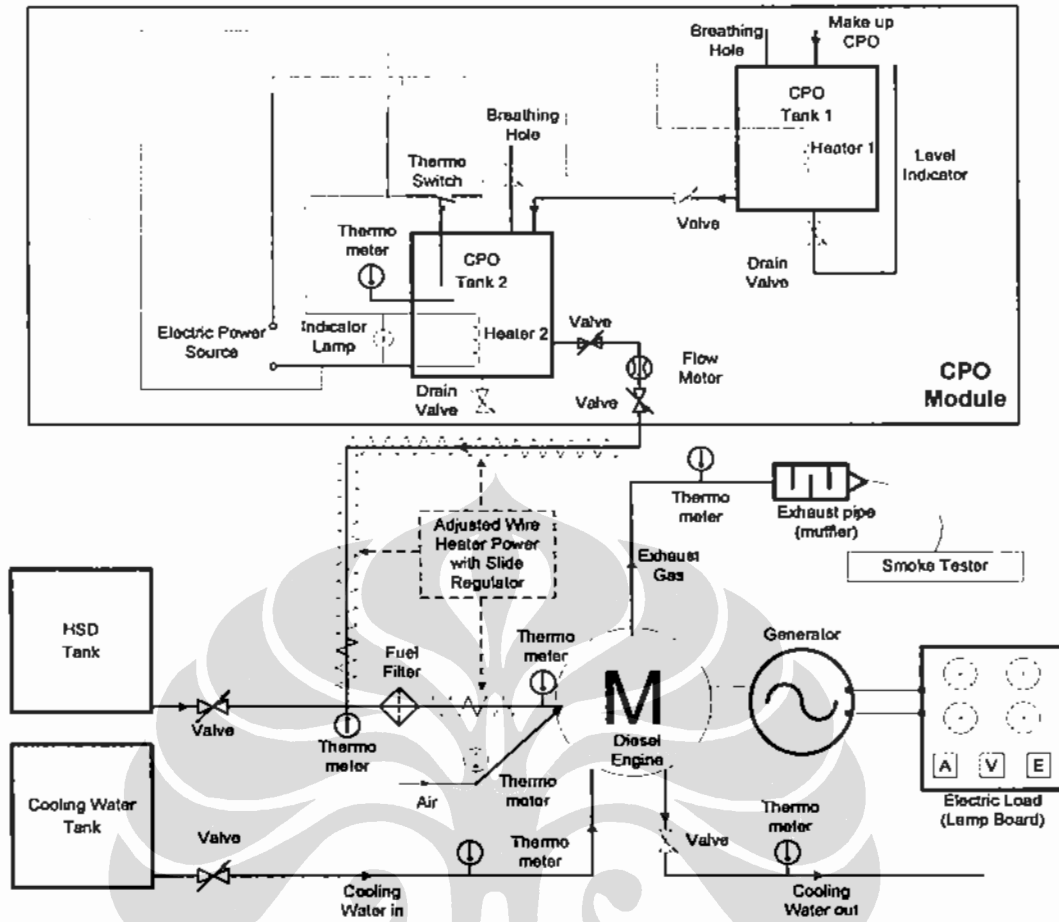
Lamp Board terdiri dari beberapa buah bola lampu yang berfungsi sebagai peralatan pembebanan mesin yang disesuaikan terhadap beban ujinya. Peralatan ini dilengkapi alat uji *ampere meter*, *volt meter* serta *kWh meter*.

3.2.2.4. *Cooling Water Tank*

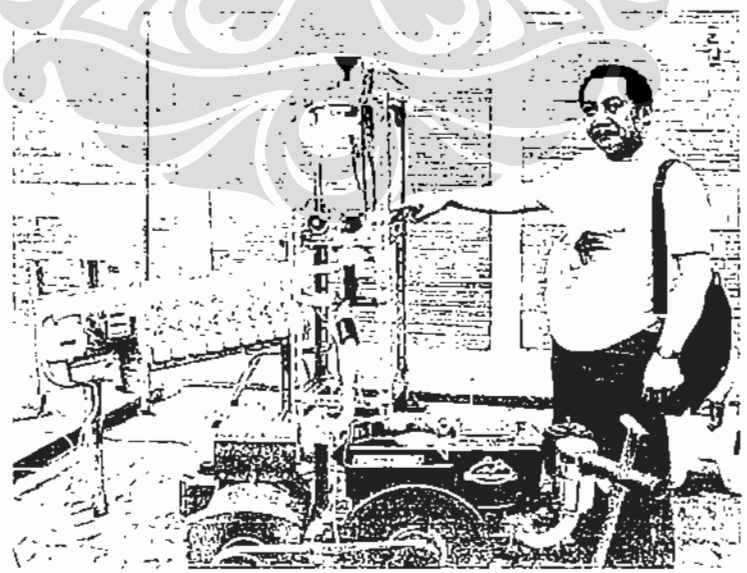
Cooling water tank berfungsi untuk peralatan tambahan air pendingin mesin sehingga air pendingin mesin bertipe sistem sirkulasi terbuka.

3.2.3. **Skematik Diagram Peralatan Pengujian**

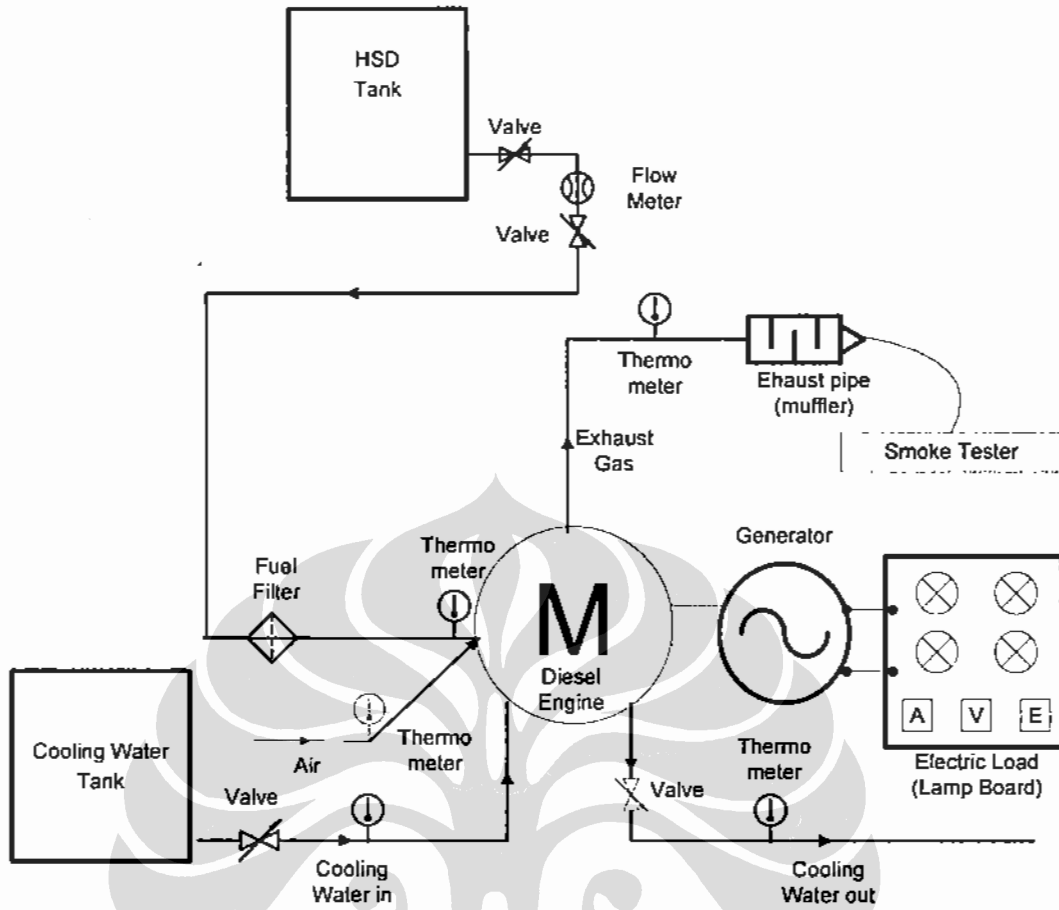
Pengujian pengoperasian mesin dengan bahan bakar CPO dan campuran bahan bakar CPO dilakukan pada mesin diesel genset No. 1 dengan skema peralatan pengujian sesuai gambar 3.2 dan foto peralatan uji sesuai gambar 3.3. Pengujian menggunakan bahan bakar solar dilakukan pada mesin diesel genset No. 2 tanpa modul CPO dengan spesifikasi mesin yang sama dengan mesin No. 1 dengan skema peralatan pengujian sesuai gambar 3.4 dan foto peralatan uji sesuai gambar 3.5.



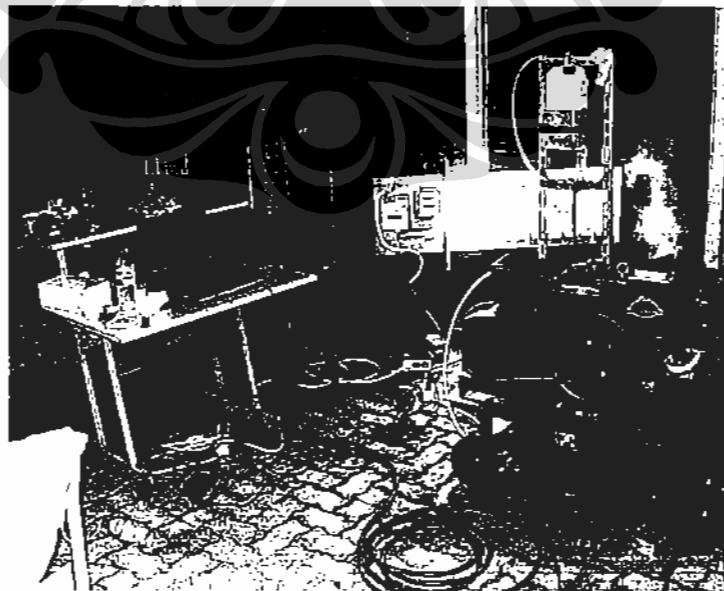
Gambar 3.2. Diagram skematik peralatan pengujian bahan bakar CPO



Gambar 3.3. Gambar peralatan pengujian dengan CPO dan campurannya



Gambar 3.4. Diagram skematik peralatan pengujian bahan bakar solar



Gambar 3.5. Gambar peralatan pengujian dengan bahan bakar solar

3.2.4. Prosedur Pengujian

3.2.4.1. *Persiapan Bahan Bakar*

Bahan bakar yang akan diuji terlebih dahulu dipersiapkan dengan cara menempatkannya pada jerigen yang terpisah yang diberikan label untuk menghindarkan faktor kesalahan pemakaian bahan bakar. Pencampuran bahan bakar solar dengan CPO pada komposisi CPO 10%, 20%, 25%, 30%, 40%, 50 % dan 75% dilakukan berdasarkan komposisi berat mengingat bahwa densitas yang berbeda antara bahan bakar CPO dengan bahan bakar solar.

3.2.4.2. *Penggunaan Generator yang Sama*

Generator yang digunakan untuk pengujian menggunakan 1 buah generator yang sama yang digunakan secara bergantian. Hal ini bertujuan untuk menghindarkan efek kesalahan pengukuran unjuk kerja mesin akibat efisiensi generator yang berbeda walaupun type dan jenisnya sama.

3.2.4.3. *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 kedua 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 penyalaan mesin.

3.2.4.3.1. *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 110 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 110 pengoperasian mesin.
13. Mesin dijalankan setiap harinya selama lebih kurang 6 s/d 8 jam
14. Pada saat mesin akan dimatikan terlebih dahulu dilakukan proses pendinginan yaitu dengan membiarkan mesin beroperasi tanpa beban selama lebih kurang 10 menit.

3.2.4.3.2. 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 menhidupkan 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 110 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.

3.2.4.3.3. *Prosedur Pengujian dengan Bahan Bakar CPO dengan Pemanasan*

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 110 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 110 pengoperasian mesin.
16. Mesin dijalankan setiap harinya selama lebih kurang 6 s/d 8 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.

3.2.4.4. *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 10%, 20% 25%, 30%, 40%, 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 dengan pemanasan bahan bakar campuran solar dengan CPO 25%, 50%, 75% dan dengan bahan bakar CPO 100% pada masing-masing beban 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 sempurna). 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 (Wh).
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 3.6. Pengambilan data Temperatur Udara Masuk Mesin

3.2.4.5. *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.