

ANALISA PENGARUH TURBOCHARGER TERHADAP KINERJA MESIN DIESEL MITSUBISHI TYPE MAN-8V 52/55 PADA PLTD SEKTOR TELLO

Syah Risal¹⁾

Abstrak: Tujuan penelitian ini ialah untuk menganalisa sejauh mana pengaruh penggunaan Turbocharger terhadap kinerja mesin diesel. Metode penelitian yang dilakukan adalah memilih salah satu dari beberapa konstruksi mesin diesel yang ada di Pembangkit Listrik Tenaga diesel (PLTD) Sektor Tello Makassar sebagai mesin yang akan dipergunakan dalam penganalisaan. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemakaian turbocharger akan meningkatkan efisiensi dan daya mesin, tetapi pemakaian bahan bakar akan meningkat pula.

Kata kunci: turbocharger, efisiensi, daya, mesin.

I. PENDAHULUAN

Dalam era perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini, motor bakar diesel dengan sistem pembakaran dalam (Internal Combustion Engine) masih memegang peranan penting sebagai sumber penggerak mula.

Dengan perkembangan yang semakin maju dan semakin pesat, maka dituntut bagaimana menghasilkan tenaga motor yang lebih besar dan dapat dimanfaatkan oleh manusia. Untuk itulah para ahli dan perancang berusaha sedemikian rupa baik dengan cara merubah, menambah ataupun melengkapi konstruksi mesin sehingga dapat memperoleh prestasi kerja yang bermutu.

Dengan penelitian ini dapat kita mengetahui kinerja mesin dengan menggunakan turbocharger dengan tidak menimbulkan efek samping yang berarti.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Mesin Diesel dan Prinsip Kerjanya

Motor Diesel adalah motor bakar torak yang berbeda dengan motor bensin. Perbedaan utama motor ini adalah dalam hal pembakarannya, dimana pada motor bensin pembakaran tidak dapat berlangsung bila campuran udara bahan bakar tidak dinyalakan oleh bunga api dari busi, sedangkan pada motor diesel pembakaran terjadi setelah udara berada pada ruang bakar kemudian bahan bakar disemprotkan melalui pompa injeksi (injection pump) berupa kabut.

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Politeknik Ilmu Pelayaran

Mesin Diesel MAN dalam penggunaannya adalah merupakan mesin yang difungsikan sebagai sumber tenaga penggerak mula dengan tujuan untuk menghasilkan energi listrik melalui kerja generator. Mesin Diesel MAN dalam proses kerjanya adalah termasuk mesin pembakaran dalam (internal combustion engine) yang merupakan suatu penggerak mula yang dapat merubah energi kimia menjadi energi mekanis, dari energi mekanis diubah menjadi sumber energi listrik dengan adanya kerja poros yang memutar generator. Energi listrik yang dihasilkan tergantung dari kinerja mesin dan proses dari kemampuan generator yang digunakan.

Pada mesin Diesel umumnya dan khususnya mesin Diesel MAN, proses pembakaran bahan dalam silinder disaat udara mencapai suhu tertinggi yang kemudian disemprotkan bahan bakar injektor. Pertemuan udara dengan bahan bakar di dalam silinder isaat hampir mencapai titik mati atas (TMA) yaitu pada akhir langkah kompressi pada 400 sudut engkol.

Mesin Diesel MAN adalah salah satu jenis konstruksi mesin over head camshaft (OCH), yang mana jenis tersebut terdapat poros bubungan yang bekerja sebagai penggerak rocker arm, pompa bahan bakar, poros penghubung (nocken as) bekerja adanya putaran poros engkol dengan perantaraan driving gear.

Adapun proses kerja dari mesin MAN menurut siklus termodinamika adalah mesin 4 langkah. Mesin 4 langkah artinya empat kali langkah torak atau dua kali putaran poros engkol (7200) menghasilkan satu kali pembakaran atau kerja.

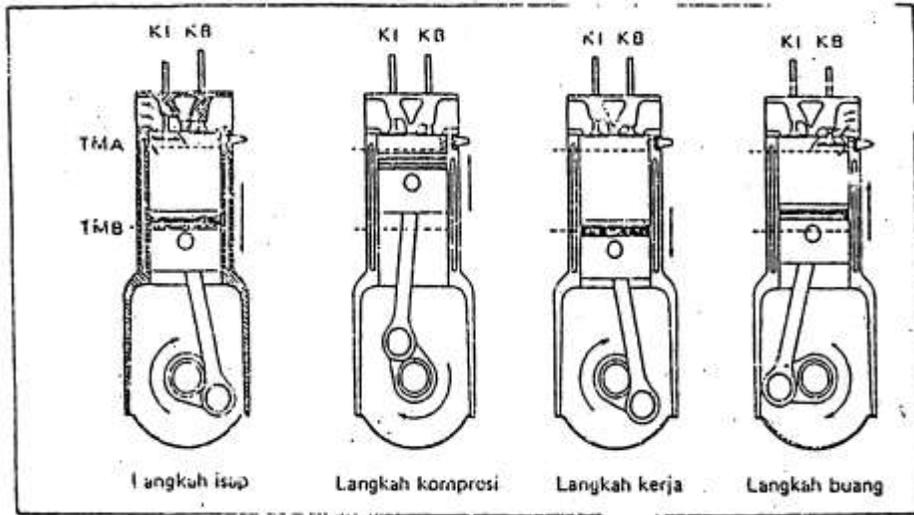
Mesin diesel MAN dilengkapi berbagai pendingin mesin yaitu seperangkat alat air dingin dan pompa pelumas (oil pump), yang bertujuan untuk menghindari terjadinya panas yang berlebihan bila mesin tersebut bekerja terlalu lama.

Pada mesin Diesel MAN, penyemprotan bahan bakar menggunakan pompa bahan bakar bertekanan tinggi yang bekerja sesuai dengan putaran poros bubungan, pompa tersebut digunakan pada mesin yang luaran selindernya besar dan sempurna dalam silinder lewat sebuah penyemprotan (injector). Jenis injector yang digunakan adalah injector dengan pengabutan tekanan.

Dalam proses pengisapan udara luar, mesin diesel MAN menggunakan turbocharger untuk memperoleh pusaran udara (aliran turbulen udara), mempertinggi tekanan udara masuk ke ruang bakar. Tujuan Turbocharger adalah untuk menambah daya mesin melalui kenaikan tekanan udara serasi kebutuhan udara yang cukup (keserasian udara dan bahan bakar)

Pada motor diesel yang dikompresikan hanya udara saja, tekanan dan suhunya dapat tinggi, tekanan dapat mencapai 35 atm dan suhu mencapai 5000 C, bila perbandingan kompressi 20 : 1. Bila suatu bahan bakar cair diinjeksikan dengan tekanan 150 sampai 300 atm akan terjadi kabut atau partikel kecil dengan ukuran di bawah 100 micron, dan menguap dengan cepat sewaktu berbenturan dengan panas dan terjadi suatu campuran udara bahan bakar. Perbandingan campuran 13 : 1 adalah sangat baik untuk penyalan.

Untuk memberikan keterangan gambar yang lebih jelas, maka prinsip kerja dari diesel 4 langkah adalah :



Gambar 1. Langkah kerja motor diesel 4 langkah (Wiranto Arismunandar,1990)

a. *Langkah Isap*

Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB). Katup isap terbuka dan katup buang tertutup, udara murni masuk ke dalam silinder melalui katup isap.

b. *Langkah Kompresi*

Udara yang berada di dalam silinder di mampatkan oleh piston yang bergerak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA), diman kedua katup tertutup. Selama langkah ini tekanan naik 30 sampai 50 Kg/Cm² dan temperatur naik pula dari 400 sampai 500⁰ C.

c. *Langkah Kerja*

Pada langkah kerja, katup isap dan katup buang masih dalam keadaan tertutup. Partikel-partikel bahan yang disemprotkan oleh nozzle akan tercampur dengan udara yang mempunyai tekanan naik dari 80 sampai 110 kg/cm² dan temperatur naik menjadi 600⁰ sampai 900⁰ C.

d. *Langkah Buang*

Pada langkah buang, katup isap tertutup dan katup buang terbuka sesaat sebelum piston mencapai titik mati atas (TMA) sehingga gas pembakaran mulai keluar, piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) mendorong gas buang ke luar.

B. Pengertian Turbocharger

Turbocharger adalah pompa udara yang digerakkan oleh gas buang dan dipergunakan untuk menambah tekanan udara atau campuran bahan bakar masuk ke

ruang bakar. Alat ini terpasang pada ujung depan mesin. Prinsip kerjanya adalah gas buang dari silinder menutar turbin dan kemudian memutar kompresor untuk menghisap udara. Udara didorong oleh sudu-sudu blower dan ditekan dari belakang discharger melewati pendingin udara, masuk ke pipa isap selinder. Karena adanya selisih waktu pembakaran maka pada katup isap dan katup buang, tekanan udara digunakan untuk mendorong keluar gas buang dan mendinginkan ruang pembakaran. Karena katup isap terbuka beberapa saat sesudah katup buang tertutup maka ruang pembakaran terisi lebih banyak udara untuk mendapatkan jumlah bahan bakar yang lebih banyak. Oleh karena itu mesin dapat menerima beban lebih tinggi dengan jumlah bahan bakar yang ekonomis dari pada mesin yang bekerja dengan tekanan atmosfer saja. Turbocharger dilumasi dengan sistim pelumasan mesin dan didinginkan oleh sistim pendingin mesin.

Hubungan Antara Udara yang Dihasilkan dan Daya Poros

Daya poros diperoleh melalui pengetahuan energi kimia atau nilai kalor bahan bakar. Makin banyak bahan bakar yang dapat dibakar semakin besar daya yang dihasilkan. Hal ini dapat terjadi jika tersedia udara secukupnya, biasanya dengan faktor kelebihan udara lebih besar dari batas asap. Maka hal itupun berarti bahwa daya mesin dibatasi oleh kemampuan mesin tersebut menghisap udara yang diperlukan untuk pembakaran.

Namun demikian pada mesin 4 langkah terdapat himpitan katup sehingga sebagian dari udara segar juga keluar dari dalam silinder. Hal itu merupakan kerugian yang tidak dapat dihindari. Jadi udara yang dimasukkan ke dalam silinder tidak semuanya digunakan untuk pembakaran. Hal ini juga terjadi pada mesin 2 langkah.

Jika jumlah bahan bakar terpakai adalah G_{bb} kg/hr dan nilai kalor bawah bahan bakar H_B kcal/kg, maka efisiensi thermal efektif :

$$\eta_{th} = \frac{Ne.632}{G_{bb} \cdot H_b}$$

Pertama-tama akan ditinjau tentang daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh mesin 4 langkah tanpa supercharger. Misalnya udara yang terhisap ke dalam selinder adalah G_u kg/dtk, jumlah bahan bakar yang disemprotkan G_{bb} kg/dtk, dan factor kelebihan udara sama dengan batas minimal, maka :

$$G_{bb} = \frac{G_u}{R_{st}} \quad \text{dimana : } R_{st} = \frac{G_u}{G_{bb}}$$

Jika nilai kalor bawah dari bahan bakar $H_b = 10.000$ kcal/kg dan $1 \text{ cal} = 4,186$ Joule, $1 \text{ PS} = 735,5$ Watt, η_{th} = efisiensi thermal efektif, Na = daya poros dalam PS, maka :

$$Ne = G_{bb} \times 10.000 \times \frac{4,186.10^3}{735,5} \times \eta_{th} \text{ (PS)}$$

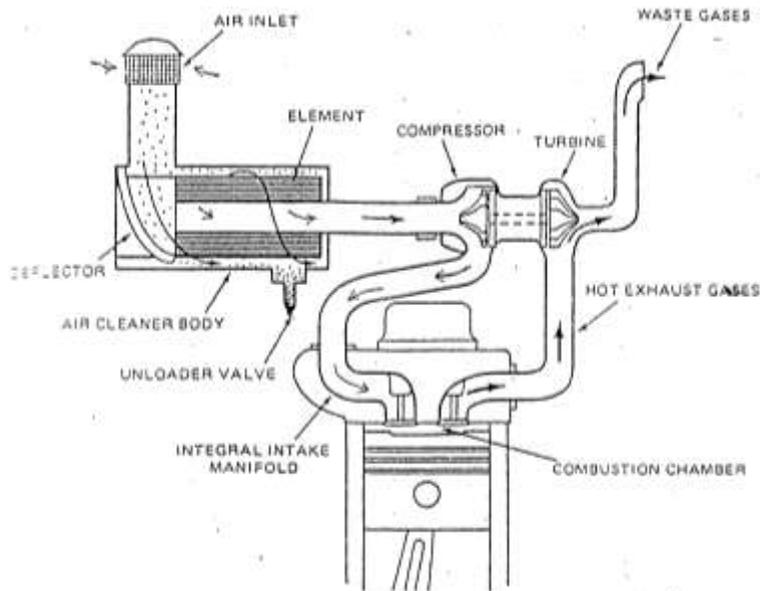
Sehingga :

$$\frac{Ne}{G_u} = \frac{\eta_{th}}{R_{st} \lambda_{min}} \times 5,691 \times 10^4 \frac{PS}{kg \text{ dtk}}$$

Jika $R_{st} \lambda_{min} = 1,45$ dan $\eta_{th} = 0,38$ pada keadaan operasi diman mencapai tekanan efisiensi rata-rata, maka :

$$\frac{N}{G_u} = 1,00 \times 10^3 \frac{gr}{dtk}$$

Jadi hal itu berarti bahwa pada tekanan efisiensi rata-rata, maka untuk menghasilkan 1 PS diperlukan 1 gr/dtk udara. Dalam system yang mempergunakan supercharger atau juga mesin 2 langkah, hal tersebut di atas dapat dianggap berlaku untuk udara yang tertinggal dalam silinder.



Gambar 2. Diagram aliran udara dan gas buang dengan turbocharger

C. Komponen-Komponen Utama Turbocharger

Turbocharger pada satuan pembangkit diesel merupakan perlengkapan tambahan yang mempunyai tujuan tertentu sesuai rancang bangun (disain) dari pabriknya, sebenarnya terdiri dari dua komponen utama, yaitu ;

- Turbin adalah satu sisi yang digerakkan/diputar oleh tekanan atau aliran gas buang.
- Blower/compressor pada sisi lain dipasang satu poros dengan turbin, jadi blower/compressor diputar oleh turbin.

Tugas turbin adalah memutar blower, sedangkan blower untuk mengisap udara luar atau udara murni dan memasukkan udara murni sebanyak-banyaknya ke dalam silinder.

Dalam prinsip kerja Turbocharger, gas buang yang keluar dari silinder setelah melakukan langkah kerja dan masih mempunyai tekanan dimanfaatkan untuk memutar turbin.

Jadi putaran turbin tergantung tekanan gas buang, jumlah gas buang tergantung dari beban mesin, bila beban mesin rendah putaran turbocharger rendah, bila beban mesin tinggi maka putaran turbocharger akan semakin tinggi.

Tetapi putaran turbo tidak berbanding lurus dengan kenaikan beban, hal ini disebabkan karena adanya hambatan saluran udara masuk.

a. Turbin

Turbin pada turbocharger adalah mesin penggerak, dimana energy fluida kerja dipergunakan untuk memutar sudut turbin. Bagian-bagian turbin yang berputar dinamai rotor atau roda turbin sedangkan bagian yang tidak berputar dinamai stator atau rumah turbin terletak di dalam rumah turbin dan roda turbin memutar poros daya yang menggerakkan atau memutar compressor. Di dalam turbocharger turbin memiliki fluida kerja yang mengalami proses ekspansi, yaitu proses penurunan tekanan dan mengalir secara kontinu, adapun fluida kerjanya berupa gas. Pada roda turbin terdapat sudut dan fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudut tersebut. Apabila kemudian ternyata roda turbin dapat berputar, maka tentu ada gaya yang bekerja pada sudut, gaya tersebut timbul karena terjadi perubahan momentum dari fluida kerja yang mengalir diantara sudut.

b. Kompresor

Kompresor menghisap udara luar masuk ke dalam ruang bakar, di dalam ruang bakar dimasukkan bahan bakar yang berbentuk gas atau bentuk cairan ke dalam arus udara tersebut, sehingga terjadi proses pembakaran. Gas panas hasil pembakaran yang terjadi dialirkan ke turbin. Turbin akan menggerakkan kompresor dan generator listrik sebagai daya yang berguna, gas bekasnya dibuang ke udara melalui cerobong.

D. Motor Bakar Torak dengan Turbocharger Diesel

Pada motor yang bekerja dengan turbocharger tekanan hisap lebih tinggi dari tekanan udara atmosfer sekitarnya. Hal ini diperoleh dengan jalan memaksa udara atmosfer ke dalam silinder selama langkah isap dengan pompa udara atau kompresor.

Turbocharger digerakkan dengan daya yang dihasilkan oleh mesin itu sendiri atau dengan kata lain memanfaatkan energi gas buang untuk menggerakkan turbin. Dengan turbocharger ini jumlah udara yang bisa dimasukkan lebih besar dari pada dengan poros pengisapan oleh torak pada waktu langkah isap.

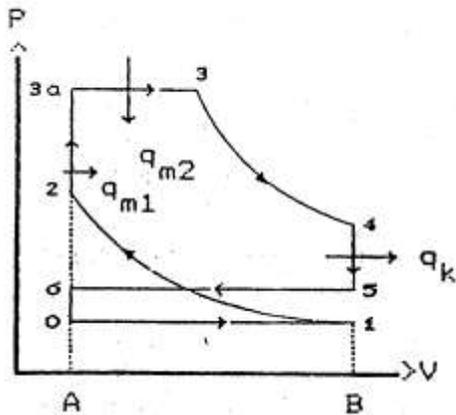
Pada motor diesel turbocharger dapat mempersingkat periode persiapan pembakaran sehingga karakteristik pembakaran lebih baik. Hendaknya perlu

diperhatikan tekanan dan temperatur gas pembakaran, karena hal tersebut akan menyangkut persoalan pendinginan, konstruksi, kekuatan material serta umurnya.

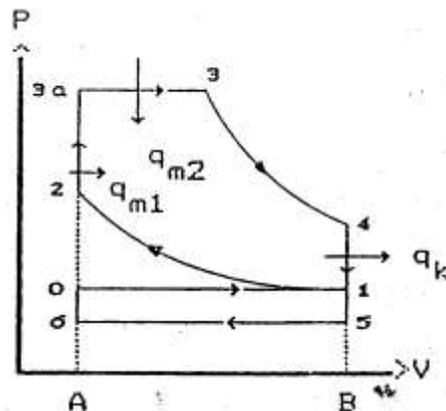
Karena turbocharger dapat memasukkan udara lebih banyak, dapat diharapkan pembakaran lebih baik dan gas buangnya lebih bersih. Dan perlu pula diperhatikan campuran bahan bakar udara yang lebih miskin akan memperkecil pemakaian abhan bakar spesifik.

Prinsip kerja dari turbocharger adalah uadara atmosfer masuk ke dalam atmosfer masuk ke dalam kompressor, mengalami proses kompresi sehingga tekanannya naik. Kompressor digerakkan oleh turbin yang terletak pada satu poros yang menghubungkan motor kompressor dengan motor turbin dan digerakkan oleh gas buang. Udara yang mengalir masuk ke saluran isap melalui penyemprotan bahan bakar, selanjutnya udara mengalir ke dalam silinder.

Apabila motor dirancang untk mencapai efesiensi maksimum pada daerah pembebanan tinggi, maka pembebanan rendah daya dan efesiensinya turun karena pembakaran kurang sempurna. Pada beban rendah, gas buang yang terjadi tidak cukup kuat menggerakkan turbocharger atau pada kondisi beban tidak diperlukan turbocharger, maka gas buang dapat dibuat tidak (semuanya) mengalir melalui turbin, dengan mengatur pembukaan katup simpang, sehingga turbocharger tidak bekerja. Pembukaan katup simpang tersebut dapat disesuaikan dengan pembukaan katup gas, dimana apabila katup gas terbuka penuh, katup simpang tertutup. Dengan demikian turbocharger haruslah cocok dan terpadu dengan motor yang digunakan, sesuai dengan tujuan penggunaannya untuk memenuhi kebutuhan daya, daerah pusran, karakteristik momen putar, tingkat emisi gas buang, pemakaian bahan bakar spesifik, ketahanan, berat, ukuran, suara, dan beberapa parameter yang didinginkan.



Siklus tekanan terbatas tanpa supercharger



Siklus tekanan terbatas dengan supercharger

Gambar 3. Siklus tekanan yang memakai dan tidak memakai turbocharger (Wiranto Arismunandar, 1990)

Proses (0 – 1) : langkah isap

- Proses (1 – 2) : langkah kompresi
- Proses (2 – 3a) : pemasukan kalor pada volume konstan
- Proses (3a – 3) : pemasukan kalor pada tekanan konstan
- Proses (3 – 4) : langkah ekspansi atau langkah kerja
- Proses (4 – 5) : pengeluaran kalor pada volume konstan
- Proses (5 – 6) : langkah buang

Dengan adanya energi thermal dari bahan bakar yang terbakar di dalam silinder maka menghasilkan kerja untuk memutar poros transmisi roda, sehingga menimbulkan momen torsi. Kemudian dilakukan beban pengereman untuk mengetahui daya efektif yang terjadi, yang dapat dihitung parameternya dengan menggunakan persamaan :

- a. Tekanan Indikator rata-rata sebenarnya (P_i) ref. 7

$$P_i = P_{it} \cdot \psi \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$
 Dimana : ψ = faktor koreksi (0,95-0,97)
- b. Tekanan gesek efektif rata-rata (P_f) ref. 7

$$P_f = P_i - P_e \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$
 Dimana : P_e = Tekanan efektif rata-rata data operasi mesin
- c. Efisiensi mekanis (η_m) ref.7

$$\eta_m = P_e/P_i \times 100\%$$
- d. Daya indikator (N_i) ref. 7

$$N_i = \frac{P_i \cdot V_i \cdot n \cdot z \cdot a}{1000} \text{ (kW)}$$
 Dimana : V_i = Volume langkah

$$= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L \cdot (m^3)$$

 n = mesin (rpm)
 z = jumlah silinder
 a = jumlah siklus tiap putaran
 $= (0,5 \text{ untuk motor 4 langkah})$
- e. Daya efektif (N_e) ref. 7

$$N_e = N_i \cdot \eta_m \text{ (kW)}$$
- f. Daya gesek dan aksesoris (N_{fa}) ref. 7

$$N_{fa} = N_i \cdot N_e \text{ (kW)}$$
 Efisiensi pengisian (η_{ch})

$$\eta_{ch} = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \times \frac{P_a \cdot T_o}{P_o \cdot T_a} \times \frac{1}{1 + \gamma r}$$
 ref. 7

$$\eta_{ch} = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon - 1} \times \frac{P_o \cdot T_a}{P_o \cdot T_a} \times \frac{1}{1 + \gamma r}$$
 ref.7
 Dimana : ϵ = Perbandingan Kompresi
 P_a = Tekanan pada awal kompresi
 P_o = Tekanan Udara luar

To = Temperatur udara masuk

Ta = Temperatur pada awal kompresi

Yr = Koefisien gas sisa = (0 untuk mesin dengan Supercharging)

g. *Pemakaian bahan bakar*

- *Pemakaian bahan bakar spesifik indikator*

$$F_i = \frac{318,4 \cdot \eta_{ch} \cdot P_o}{\alpha \cdot L_o \cdot T_o \cdot P_i} \frac{kg}{kWh} \dots \dots \dots \text{ref.7}$$

Dimana : α = koefisien kelebihan udara
 = (1,3 - 1,7)

L_o = Pemakaian uadara teoritis unutk pembkaran 1 kg bahan bakar

- Pemakaian bahan bakar efektif (Fe)

$$F_e = \frac{F_i}{\eta_m} \frac{kg}{kWh} \dots \dots \dots \text{ref.7}$$

- Pemakaian bahan bakar perjam (Fh)

$$F_h = F \cdot N_e \text{ (kg / hr)}$$

h. *Efisiensi thermal* (η_{th})

$$\eta_{th} = \frac{3600 \cdot N_e}{F_h \cdot Q_1} \times 100\%$$

Dimana : Q1 = Nilai kalor bahan bakar unutk solar (10100 k.cal / kg)

III. METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini akan dilaksanakan selama 4 bulan pada Pembangkit Listrik Tenaga diesel (PLTD) Sektor Tello Makassar. Penelitian dilakukan dengan menguji penggunaan turbocharger terhadap kinerja mesin diesel.

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif yaitu mengamati secara langsung penyebab kerusakan main seal ring kemudian dicarikan penyebabnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas sesuai dengan masalah yang diangkat dalam penulisan tugas akhir ini yaitu sebau mana prestasi motor diesel yang menggunakan Turbocharger dengan yang tidak menggunakan Turbocharger.

Dalam pengambilan data operasi dan spesifikasi mesin yang diasumsikan pada mesin yang memakai Turbocharger. Berdasarkan dari data tersebut, kemudian dianalisa untuk memperoleh prestasi mesinnya. Dengan menggunakan perhitungan yang sama, mesin tersebut diasumsikan beroperasi tanpa Turbocharger. Dimana

temperature dan tekanan udara yang masuk ke dalam silinder adalah temperature dan tekanan udara luar (atmosfir), sehingga diperoleh prestasi mesin tanpa memakai Turbocharger.

Selain dilakukan analisa perhitungan, maka diperoleh hasil-hasil sebagaimana yang akan dibahas di bawah ini. Perlu diketahui bahwa nilai-nilai yang diperoleh dari prestasi mesin ini, hanya berlaku untuk mesin yang dianalisis. Oleh karena itu untuk type mesin yang berbeda akan memberikan prestasi mesin yang berbeda pula.

4.1 Temperatur dan Tekanan

Pada umumnya temperature yang terjadi selama siklus berlangsung antara mesin dengan dan tanpa Turbocharger tidak menunjukkan perbedaan yang sangat jauh. Akan tetapi tekanan yang terjadi selama siklus untuk mesin dengan dan tanpa Turbocharger memperhatikan perbedaan yang sangat jelas. Hal ini mudah dimengerti, bahwa dengan Turbocharger tekanan pemasukannya lebih besar jika dibandingkan dengan tanpa Turbocharger.

Dengan hal tekanan diperoleh hasil yang berbeda pula pada mesin yang menggunakan Turbocharger diperoleh tekanan awal kompresi (P_a) = 1,791 kg/cm² tekanan akhir kompresi (P_C) = 52,103 kg/cm² , tekanan akhir ekspansi (P_b) = 7,085 kg/cm². Sedangkan untuk mesin yang beroperasi tanpa Turbocharger P_a = 0,950 kg/cm², P_c = 39,88 kg/cm² P_z = 87,74 kg/cm² dan P_b = 3,45 kg/cm².

Terlihat pula bahwa tekanan indikasi (P_i), tekanan efektif rata-rata (P_e) dan tekanan gesek efektif rata-rata (P_f) yang terjadi selama siklus berlangsung pada mesin yang menggunakan Turbocharger lebih besar jika dibandingkan dengan tekanan pada mesin yang diasumsi beroperasi tanpa Turbocharger. Perbedaan tersebut diakibatkan oleh perbedaan tekanan pada awal kompresi. Harga dari tekanan tersebut dapat dilihat dari tebal hasil perhitungan.

Disamping itu terjadinya perbedaan tekanan disebabkan karena mesin dengan Turbocharger membutuhkan udara sebanyak-banyaknya atau volume udara yang dibutuhkan sangat banyak disbanding tanpa Turbocharger, dengan masuknya udara banyak ke dalam silinder, maka tekanan kompresi akan naik, temperature kompresi pun akan lebih tinggi. Hal ini memudahkan terbakarnya bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam silinder, sehingga proses pembakaran akan lebih sempurna.

4.2. Daya

Dari hasil perhitungan menunjukkan dengan pemakaian Turbocharger terjadi kenaikan daya indicator 13680,07 kW dan daya efektif sebesar 12127,41 kW. Sedangkan apabila mesin beroperasi tanpa Turbocharger maka terjadi penurunan untuk kedua harga tersebut yaitu daya indicator sebesar 7344,15 dan daya efektif sebesar 5791,43 kW.

Berdasarkan teori terjadinya penurunan untuk kedua daya tersebut yaitu den daya indicator dan daya efektif disebabkan karenan dengan pemakaian Turbocharger maka daya dari suatu mesin akan bertambah, dimana besarnya pertambahan tesebut

tergantung dari tekanan Turbochargernya. Disamping itu pengisian udara tanpa Turbocharger adalah dengan pengisian hisap silinder dapat diisi dengan 1,07 kg udara, sedang pengisian tekanan dapat diisi dengan 1,55 kg udara. Jadi dengan pengisian tekanan silinder tadi dapat diisi udara $\pm 45\%$ lebih berat dari pada pengisian hisap, hingga pada pengisian tekanan pun bahan bakar dapat terbakar 45% lebih banyak. Dan dengan sendirinya daya motor juga naik 45 %.

Dalam prinsip kerja Turbocharger, gas buang yang keluar dari silinder setelah melakukan langkah kerja dan masih mempunyai tenaga dimanfaatkan untuk memutar turbin. Jadi putaran turbin tergantung tekanan gas buang, tekanan gas buang tergantung dari jumlah banyaknya gas buang, jumlah gas buang tergantung dari pada mesin yang dihasilkan.

4.3. Efisiensi Pengisian

Efisiensi pengisian untuk mesin dengan Turbocharger adalah lebih besar dari pada tanpa Turbocharger, hasil perhitungan menunjukkan bahwa dengan Turbocharger efisiensi pengisiannya sebesar 94,17 % , dan apabila mesin beroperasi pada Turbocharger efisiensi pengisiannya sebesar 84,5 %.

Hal ini disebabkan dengan pemakaian Turbocharger udara dipaksakan masuk ke dalam silinder selama langkah isap dengan tekanan yang lebih besar dari pada tekanan udara atmosfer.

4.4. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik

Pemakaian bahan bakar spesifik indikasi dan spesifik untuk mesin dengan Turbocharger, masing-masing sebesar 0,151 kg/kWh dan 0,171 kg/kWh. Sedangkan apabila mesin beroperasi tanpa Turbocharger maka pemakaian bahan bakar spesifik indikasi dan spesifik efektifnya berturut-turut 0,714 kg/kWh dan 0,22 kg/kWh. Walaupun pemakaian bahan bakar spesifik untuk mesin dengan dan tanpa Turbocharger tidak memperhatikan perbedaan yang besar.

Hal yang menyebabkan terjadinya perbedaan adalah dengan menggunakan Turbocharger, volume udara yang berada dalam silinder dimanfaatkan seefektif mungkin untuk proses pembakaran tanpa ada udara yang tersisa yang bias menyebabkan terjadinya pemborosan atau kehilangan udara seperti yang terjadi pada mesin tanpa menggunakan Turbocharger. Disamping itu gas buang yang keluar dari silinder setelah melakukan langkah kerja dan masih mempunyai tenaga dimanfaatkan untuk memutar turbin.

4.5. Efisiensi Thermal

Efisiensi thermal lebih baik pada mesin dengan Turbocharger hasil perhirungan menunjukkan bahwa apabila mesin beroperasi dengan Turbocharger, maka efisiensi thermalnya sebesar 38,7 % dan apabila mesin beroperasi dengan Turbocharger mencapai 49,78 %. Hal ini disebabkan karena efisiensi thermal berbanding terbalik dengan pemakaian bahan bakar. Jadi untuk pemakaian bahan

bakar yang besar, jika diimbangkan dengan kenaikan daya yang besar akan menyebabkan turunnya harga efisiensi thermal dari mesin tersebut.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil analisa seperti yang dibahas sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Tekanan awal kompresi pada mesin yang menggunakan Turbocharger lebih besar yaitu $1,99 \text{ kg/cm}^2$, disbanding mesin yang beroperasi tanpa Turbocharger yaitu sebesar $0,95 \text{ kg/cm}$.
- b. Daya efektif yang dihasilkan oleh mesin yang beroperasi dengan Turbocharger (N_e) = 12127,41 kW lebih besar dari mesin yang diasumsikan beroperasi tanpa Turbocharger (N_e) = 7344,15 kW.
- c. Pemakaian bahan bakar perjam (untuk perbandingan udara bahan bakar yang sama) dari mesin dengan Turbocharger adalah lebih besar (F_h) = 2073,79 kg/hr, jika dibandingkan dengan mesin yang beroperasi tanpa Turbocharger (F_n) = 1274,11 kg/hr.
- d. Efisiensi pengisian untuk mesin yang beroperasi dengan Turbocharger sebesar 94,74%, sedangkan apabila beroperasi tanpa Turbocharger sebesar 84,5 %
- e. Efisiensi Thermal sedikit lebih baik pada mesin dengan Turbocharger yaitu 49,78%, dibandingkan dengan mesin tanpa Turbocharger 38,7 %.

VI. DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar Wiranto: Penggerak Mula Motor Bakar Torak, Penerbit ITB. 1990

Arismunandar Wiranto dan Koichi Tshuda: Motor Bakar Diesel Putaran Tinggi, Penerbit Padnya Paramita, Jakarta 1983

Instruction Book for Exhaust Gas Turbocharger, Type Mitsubishi MAN TV 57 H-D

M. Kovack : MVE

Manual Mitsubhisi – MAN 18 V 52/55 A, 1984

Motor Diesel, NISSAN, Pusat Penerbit PT. United Tractor, Jakarta

Nissan Diesel Text Books, RD. ENGINE, Nissan Diesel, CO. LTD Service Training

Petrovsky. N. Prof. D. Sc (Mech. E): Marine Internal Combustion Engine, Mir Publisher, Moscow.