

# **ANALISA PERFORMANSI MOTOR BAKAR DIESEL 4 LANGKAH MENGGUNAKAN TURBOCHARGER TERHADAP PENGARUH INTERCOOLER**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Sarjana Untuk  
Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Mesin**

**Oleh :**

**MUHAMMAD HAIRUL AMRI**

**08 813 0025**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
M E D A N  
2012**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



# DAFTAR ISI

Halaman

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I.PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Tujuan penulisan.....	2
1.3 Batasan masalah.....	2
1.4 Metodologi penulisan.....	3
1.5 Sistematika penulisan.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Performansi motor diesel.....	5
2.1.1 Konsumsi bahan bakar spesifik.....	5
2.1.2 Efisiensi thermal brake.....	6
2.2. Teori pembakaran.....	7
2.2.1 Nilai kalor bahan bakar.....	7
2.3. Ratio kompresi.....	9
2.4 Turbocharger.....	10

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/23

2.4.1 Klasifikasi turbocharger.....	11
-------------------------------------	----

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

2.4.1.1 Turbocharger system tekanan konstan .....	11
2.4.1.2 Turbocharger system pulsa.....	12
2.4.1.3 Turbocharger system converter pulsa .....	14
2.5 Bagian – bagian utama turbocharger.....	15
2.6 Turbin turbocharger .....	16
2.7 Kompresor .....	18
2.7.1 Kompresor sentrifugal .....	19
2.8 Intercooler .....	21
2.9 Prinsip kerja intercooler .....	23
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
3.1 Metode pengambilan data .....	24
3.2 Waktu dan tempat.....	24
3.3 Prosedur Penelitian.....	25
3.4 Keterangan diagram alir .....	25
<b>BAB IV. KAJIAN DAN ANALISA TERMODINAMIKA .....</b>	<b>27</b>
4.1 Idealisasi analisa termodinamika.....	27
4.1.1 Mekanisme kerja turbocharger dengan intercooler .....	28
4.1.2 Bahan bakar motor bakar diesel .....	29
4.1.3 Analisa termodinamika turbocharger dan intercooler.....	33
4.1.4 Laju aliran gas buang masuk turbin .....	34
4.1.5 Laju aliran udara melalui kompresor .....	35
4.1.6 Pencetakan Kajian yang akan digunakan.....	37

4.1.7 Analisa termodinamika pada turbin dan kompresor .....	38
4.1.8 Termodinamika pada turbin .....	39
4.1.9 Termodinamika pada kompresor .....	41
4.1.10 Penurunan temperature pada intercooler .....	43
4.1.11 Analisa termodinamika pada ruang bakar .....	46
4.2 Performansi motor bakar diesel .....	53
4.2.1 Performansi motor bakar diesel dengan turbocharger dan intercooler .....	53
4.2.2 Perhitungan performansi pada beberapa putaran .....	61
4.2.3 Pengaruh penggunaan turbocharger dengan intercooler terhadap daya efektif dan tekanan efektif motor bakar diesel .....	63
4.2.4 Pengaruh penggunaan turbocharger dengan intercooler terhadap torsi motor bakar diesel .....	64
4.2.5 Pengaruh penggunaan turbocharger dengan intercooler terhadap daya indikator motor bakar diesel .....	66
4.2.6 Pengaruh penggunaan turbocharger dengan intercooler terhadap konsumsi bahan bakar motor bakar diesel .....	67
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>71</b>
5.1 Kesimpulan .....	71
5.2 Saran .....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>73</b>

## **ABSTRAK**

Motor diesel termasuk jenis kelompok motor pembakaran dalam (internal combustion engines), dimana proses pembakarannya di dalam silinder. Motor diesel ini menggunakan bahan bakar cair yang di masukkan ke dalam ruang pembakaran motor silinder dengan diinjeksikan menggunakan pompa injeksi. Bahan bakar masuk ke dalam silinder atau ruang pembakaran, dalam bentuk yang lebih halus maka dipergunakan pengabut (nozzle). Pemasukan ke dalam silinder pada langkah hisap adalah udara murni. Pada langkah kompresi, udara murni ini dimampatkan, sehingga diperoleh temperatur nyala yang cukup untuk menyalakan bahan bakar yang diinjeksikan kedalam ruang bakar motor. Motor diesel sering disebut juga motor penyalan kompresi (compression ignition engines). Menurut neraca panas tidak semua hasil pembakaran dapat di ubah menjadi energi mekanik. Oleh karena itu, diperlukannya perangkat tambahan agar dapat mengurangi kerugian yang cukup besar dari saluran gas buang, diantaranya dengan memakai turbocharger dan intercooler. Mekanisme turbocharger dan intercooler ini di gerakkan oleh gas buang yang dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin dan selanjutnya menggerakkan kompresor. Kompresor tersebut kemudian memompa udara ke dalam silinder sehingga akan menaikkan tekanan dan temperatur. Hal ini akan menyebabkan berkurangnya kerapatan udara yang masuk ke dalam silinder. Oleh karena itu diperlukannya suatu alat pendingin (intercooler) yang dapat mendinginkan udara sebelum masuk ke dalam silinder. Dengan demikian tekanan efektif rata – rata dapat meningkat, sehingga daya poros juga meningkat.

Kata kunci : Performansi, Motor Bakar, Turbocharger dan Intertcooler.

## **ABSTRACT**

Types included diesel motor burn in (combustion engine is internal), where is its burn process in cylinder. This diesel motor utilize molten fuel that at inserts into motor burn room cylinder with at injeksi utilizes to pump hypodermic. Fuel turns in at cylinder or burn room, in more form ground therefore used by atomizer (nozzle). Entering into cylinder on staged sucks is ozone. On compression stage, this ozone at compacts , so gotten by spark temperature that adequately to turn on fuel that at injeksi into spatial burns motor. So-called frequent diesel motor also motor ankindling compression (compression ignition engines). According to balance heat not all burn result can at changes menajadi mechanical energy. Therefore, its required additional peripheral to be able to reduce sizable loss of throwing away gas ring, between by uses turbocharger and intercooler. Turbocharger's mechanism and intercooler it at moves by exploited throwing away gas to move turbine and further moves kompresor. Compressor that then pumps air into cylinder so will raise pressure and temperature. It will cause its dwindling density airs that turns in at cylinder. Therefore be required an air conditioner (intercooler) one that gets to ice air before turns in at cylinder. Effective pressure thus rolled out – rolled out gets to increase, so axis energy also increases.

Key word : Performansi, Motor Burns, Turbocharger, Intertcooler.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Motor bakar diesel termasuk jenis kelompok motor pembakaran dalam (*internal combustion engines*), dimana proses pembakarannya di dalam silinder. Motor diesel ini menggunakan bahan bakar cair yang dimasukkan ke dalam ruang pembakaran motor silinder dengan diinjeksikan menggunakan pompa injeksi. Bahan bakar masuk ke dalam silinder atau ruang pembakaran, dalam bentuk yang lebih halus maka dipergunakan pengabut (*nozzle*). Pemasukan ke dalam silinder pada langkah hisap adalah udara murni. Pada langkah kompresi, udara murni ini dimampatkan, sehingga diperoleh temperatur nyala yang cukup untuk menyalakan bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar motor. Motor diesel sering disebut juga motor penyalaan kompresi (*compression ignition engines*).

Menurut neraca panas tidak semua hasil pembakaran dapat diubah menjadi energi mekanik. Oleh karena itu, diperlukannya perangkat tambahan agar dapat mengurangi kerugian yang cukup besar dari saluran gas buang, diantaranya dengan memakai *Turbocharger* dan *Intercooler*. Mekanisme *turbocharger* dan *Intercooler* ini digerakkan oleh gas buang yang dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin dan selanjutnya menggerakkan kompresor. Kompresor tersebut kemudian memompa udara ke dalam silinder sehingga akan menaikkan tekanan dan temperatur. Hal ini akan menyebabkan berkurangnya kerapatan udara yang masuk ke dalam silinder. Oleh karena itu, diperlukannya suatu alat pendingin (*intercooler*) yang dapat mendinginkan udara sebelum masuk

ke dalam silinder. Dengan demikian tekanan efektif rata – rata dapat meningkat, sehingga daya poros juga meningkat.

Berdasarkan adanya performansi motor bakar yang meningkat, dan proses pembakaran bahan bakar dapat terjadi dengan sempurna sehingga akan mengurangi terjadinya polusi udara. Sehingga pemanasan global dapat dikurangi dari sektor transportasi. Oleh karena itu, penulis akan mengkaji pengaruh penggunaan *Intercooler* dengan menggunakan *Turbocharger* tersebut.

## 1.2. Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan *Intercooler* pada motor bakar diesel 4 tak, ENTERPRISE DRSV - 12 - 4 dengan menggunakan *turbocharger* dengan daya terpasang 5553,17 Hp, Putaran 429 rpm. Adapun analisa termodinamika pada turbocharger, yaitu : Termodinamika turbin, Termodinamika kompresor, Termodinamika intercooler.

## 1.3. Batasan Masalah

Adapun Batasan Masalah dalam penulisan Tugas Sarjana ini adalah :

- a. Analisa Termodinamika
- b. Perbandingan performansi motor bakar diesel dengan *turbocharger* dan *intercooler*
- c. Analisa grafik performansi motor bakar diesel dengan *turbocharger* dan *intercooler*.



#### 1.4. Metodologi Penulisan

Metode penulisan yang digunakan pada penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Survei lapangan, berupa peninjauan langsung kelokasi tempat *turbocharger* dan *intercooler* tersebut digunakan.
- b. Studi literatur, berupa studi kepustakaan, kajian dari buku-buku dan tulisan-tulisan yang terkait.
- c. *Browsing* internet, berupa studi artikel-artikel, gambar-gambar, dan buku elektronik (*e-book*), serta data-data lain yang berhubungan.
- d. Diskusi, berupa tanya jawab dengan dosen pembimbing.

#### 1.5. Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa bab, dengan garis besar tiap bab adalah sebagai berikut :

Bab I dimulai dengan latar belakang penulisan, tujuan penulisan, batasan masalah, metodologi penulisan, dan sistematika susunan laporan. Dilanjutkan bab II yang berisikan tinjauan pustaka mengenai teori *turbocharger*, pemakaian *turbocharger* dengan *intercooler* dan bagian - bagian *turbocharger* yang meliputi jenis turbin, kompresor dan alat pendingin (*intercooler*) yang dipakai pada motor diesel tersebut. Sedangkan Bab III berisikan tentang metodologi penelitian. Bab IV berisikan mengenai kajian analisa termodinamika, pengaruh penggunaan *turbocharger* dengan *Intercooler* yang diperoleh dari setiap analisa termodinamika dan memaparkannya kedalam bentuk tabel dan grafik. Pada akhir

bab ini. yaitu bab V, bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh untuk pengembangan *turbocharger* dengan *intercooler*.

Pada daftar pustaka berisikan literatur-literatur yang digunakan untuk menyusun tugas akhir ini. 5 tahun terakhir.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Performansi Motor Diesel

Motor diesel adalah jenis khusus dari mesin pembakaran dalam. Karakteristik utama dari mesin diesel yang membedakannya dari motor bakar yang lain terletak pada metode penyalaan bahan bakarnya. Dalam mesin diesel, bahan bakar diinjeksikan ke dalam silinder yang berisi udara bertekanan tinggi. Selama proses pengkompresian udara dalam silinder mesin, suhu udara meningkat, sehingga ketika bahan bakar yang berbentuk kabut halus bersinggungan dengan udara panas, maka bahan bakar akan menyala dengan sendirinya tanpa bantuan alat penyala lain. Sehingga, mesin diesel disebut juga sebagai mesin penyalaan kompresi (*Compression Ignition Engines*).

Menurut Arismunandar, 1983, bahwa konsumsi bahan bakar spesifik motor diesel lebih rendah ( kira-kira 25% ) dibandingkan bahan bakar motor bensin, namun perbandingan kompresinya yang lebih tinggi menjadikan tekanan kerjanya juga tinggi.

##### 2.1.1. Konsumsi bahan bakar spesifik (*specific fuel consumption*)

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah parameter unjuk kerja mesin yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah mesin, karena dengan mengetahui hal ini dapat dihitung jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam selang waktu tertentu. Bila daya rem dalam

satuan kW dan laju aliran massa bahan bakar dalam satuan kg/jam, menurut ( lit.5 hal.2-16 )

$$\text{Maka : } \quad \text{Sfc} = \frac{m_f \times 10^3}{P_B} \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

Sfc = konsumsi bahan bakar spesifik (g/kW.h).

$m_f$  = laju aliran bahan bakar (kg/jam).

Besarnya laju aliran massa bahan bakar ( $m_f$ ) dihitung dengan persamaan berikut :

Menurut (lit.5 hal.3-9 )

$$m_f = \frac{sg_f \cdot v_f \cdot 10^{-3}}{t_f} \times 3600 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$sg_f$  = specific gravity

$V_f$  = volume bahan bakar yang diuji.

$t_f$  = waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak volume uji (detik).

### 2.1.2. Efisiensi Thermal Brake

Kerja yang dihasilkan selalu lebih kecil dari pada energi yang dibangkitkan piston, karena sejumlah energi hilang akibat adanya rugi-rugi mekanis (*mechanical losses*). Dengan alasan ekonomis perlu dicari kerja maksimum yang dapat dihasilkan dari pembakaran sejumlah bahan bakar. Efisiensi ini sering disebut sebagai efisiensi termal brake (*brake thermal efficiency*) menurut ( lit.5 hal.2-15 )

$$\eta_b = \frac{\text{Daya keluaran aktual}}{\text{laju panas yang masuk}} \dots\dots\dots (2.3)$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Laju panas yang masuk Q, dapat dihitung dengan rumus berikut :

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

$$Q = m_f \cdot LHV \dots\dots\dots(2.4)$$

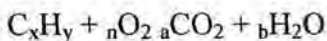
dimana, LHV = nilai kalor bawah bahan bakar (kJ/kg)

Jika daya keluaran ( $P_B$ ) dalam satuan kW, laju aliran bahan bakar  $m_f$  dalam satuan kg/jam, menurut ( lit.5 hal.2-15 )

$$\text{maka : } \eta_b = \frac{P_B}{m_f \cdot LHV} \times 3600 \dots\dots\dots(2.5)$$

## 2.2. Teori Pembakaran

Suatu reaksi kimia dimana suatu bahan bakar dioksidasikan dan sejumlah energi dilepaskan disebut pembakaran. Hal tersebut terjadi di dalam ruang bakar atau *combustion chamber*. Pengoksidasi yang paling sering digunakan di dalam proses pembakaran adalah udara, karena pertimbangan udara dapat diperoleh bebas dan siap tersedia. Kalor spesifik yang masuk ( $q_{in}$ ) pada ruang bakar adalah gas hasil pembakaran. Pembakaran ini menaikkan temperatur gas sekaligus menaikkan enthalpi secara teoritis, terjadi pada tekanan konstan. Seperti yang telah disebutkan di atas, udara dibutuhkan untuk reaksi stoikiometri pembakaran yang dapat diperoleh dari persamaan umum :



dimana :

$$a = x, b = (y / 2) \text{ dan } n = x + (y / 4)$$

### 2.2.1. Nilai Kalor Bahan Bakar

Reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen dari udara menghasilkan

panas. Besarnya panas yang ditimbulkan jika satu satuan bahan bakar dibakar

sempurna disebut nilai kalor bahan bakar (*Calorific Value, CV*). Berdasarkan asumsi, ikut tidaknya panas laten pengembunan uap air dihitung sebagai bagian dari nilai kalor suatu bahan bakar, maka nilai kalor bahan bakar dapat dibedakan menjadi nilai kalor atas dan nilai kalor bawah.

Nilai kalor atas (*High Heating Value, HHV*), merupakan nilai kalor yang diperoleh secara eksperimen dengan menggunakan kalorimeter dimana hasil pembakaran bahan bakar didinginkan sampai suhu kamar, sehingga sebagian besar uap air yang terbentuk dari pembakaran hidrogen mengembun dan melepaskan panas latennya. Secara teoritis, besarnya nilai kalor atas (HHV) dapat dihitung bila diketahui komposisi bahan bakarnya dengan menggunakan persamaan *Dulong* :

$$\text{HHV} = 33950 C + 144200 \left( H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 9400 S \dots\dots\dots (2.5)$$

HHV = Nilai kalor atas (kJ/kg)

C = Karbon dalam bahan bakar

H<sub>2</sub> = Hidrogen dalam bahan bakar

O<sub>2</sub> = Oksigen dalam bahan bakar

S = Sulfur dalam bahan bakar

Nilai kalor bawah (*low Heating Value, LHV*), merupakan nilai kalor bahan bakar tanpa panas laten yang berasal dari pengembunan uap air. Umumnya kandungan hidrogen dalam bahan bakar cair berkisar 15 % yang berarti setiap satu satuan bahan bakar, 0,15 merupakan bagian hidrogen. Pada proses pembakaran sempurna, air yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar adalah setengah dari jumlah mol hidrogennya. Selain berasal dari pembakaran hidrogen, uap air yang

UNIVERSITAS MEDAN AREA

terbentuk pada proses pembakaran dapat pula berasal dari kandungan air yang

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

memang sudah ada di dalam bahan bakar (*moisture*). Panas laten pengkondensasian uap air pada tekanan parsial  $20 \text{ kN/m}^2$  (tekanan yang umum timbul pada gas buang) adalah sebesar  $2400 \text{ kJ/kg}$ , sehingga besarnya nilai kalor bawah (LHV) dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut : ( lit.3 hal.44 )

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 2400 (M + 9 \text{ H}_2) \dots\dots\dots (2.6)$$

LHV = Nilai Kalor Bawah (kJ/kg)

M = Persentase kandungan air dalam bahan bakar (*moisture*)

Dalam perhitungan efisiensi temperatur dari motor bakar, dapat menggunakan nilai kalor bawah (LHV) dengan asumsi pada suhu tinggi saat gas buang meninggalkan mesin tidak terjadi pengembunan uap air. Namun dapat juga menggunakan nilai kalor atas (HHV) karena nilai tersebut umumnya lebih cepat tersedia. Peraturan pengujian berdasarkan ASME (*American of Mechanical Engineers*) menentukan penggunaan nilai kalor atas (HHV), sedangkan peraturan SAE (*Society of Automotive Engineers*) menentukan penggunaan nilai kalor bawah (LHV).

### 2.3. Ratio Kompresi

Pada kajian studi ini sesuai hasil survey yang dilakukan perbandingan kompresi motor bakar diesel ini adalah  $(cr) = 18$ . Adapun batasan perbandingan kompresi yang umum digunakan menurut (Lit.3 hal.89 ) yaitu berkisaran antara 12 -25.

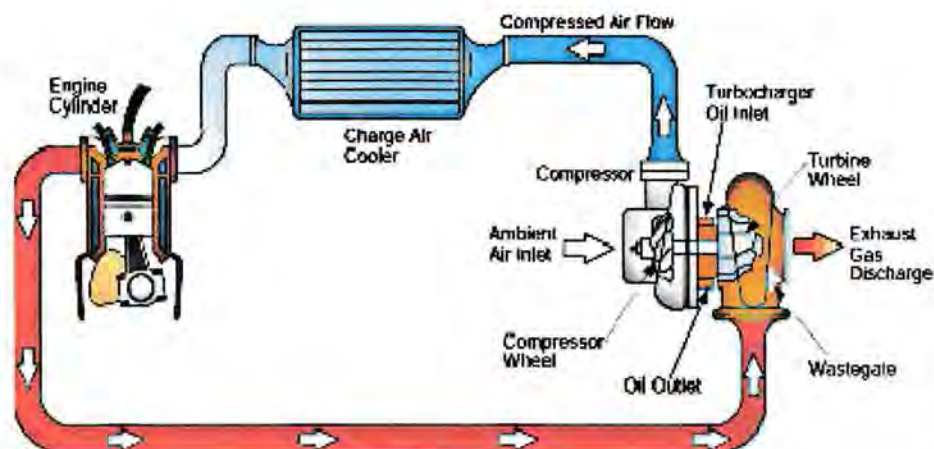
## 2.4. Turbocharger

Pada prinsipnya *Turbocharger* mempunyai tujuan, yaitu memperbesar jumlah udara yang masuk ke dalam silinder. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan daya motor tanpa memperbesar kapasitas motor tersebut. *Turbocharger* memanfaatkan gas buang sebagai penggerak impeller turbin yang dikopel langsung dengan kompressor.

Sebuah motor diesel empat langkah yang bekerja dengan turbocharger tekanan isapnya lebih tinggi dari pada tekanan atmosfer sekitarnya. Hal ini diperoleh dengan jalan memaksa udara atmosfer masuk ke dalam silinder selama langkah isap. Dengan cara mendinginkan udara bertekanan sebelum masuk ke dalam silinder turbocharger dengan intercooler, diharapkan bisa memperoleh tekanan efektif rata-rata yang lebih besar dengan mengurangi turunnyanya kerapatan udara akibat temperatur yang tinggi. Sehingga akan dihasilkan daya yang lebih besar dengan ukuran mesin yang sama.

Tujuan utama penggunaan *Turbocharger* dengan *Intercooler* adalah untuk memperbesar daya motor (30 – 80 %) boleh dikatakan bahwa mesin diesel dengan *turbocharger* dengan *intercooler* dapat bekerja lebih efisien, apabila mesin harus bekerja pada ketinggian lebih dari 1500 meter di atas permukaan laut, *turbocharger* mempunyai arti penting dalam usaha mengatasi kerugian daya yang disebabkan oleh berkurangnya kepadatan udara atmosfer di tempat tersebut.





**Gambar 2.1.** Skema instalasi sederhana *turbocharger* dengan *intercooler*

### 2.4.1. Klasifikasi *Turbocharger*

Dalam prakteknya ada tiga metode pengoperasian *turbocharger* yang dipergunakan untuk memanfaatkan energi yang berguna pada gas buang, yaitu:

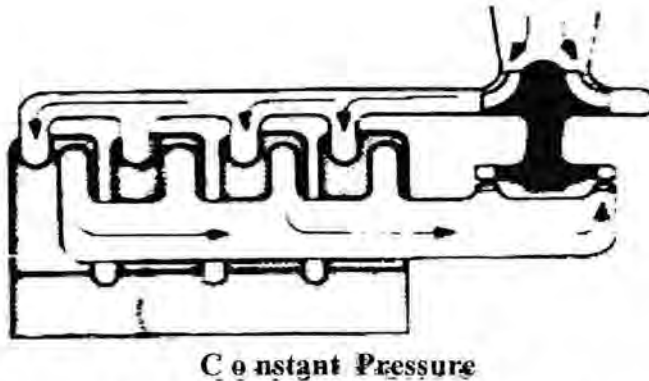
- 1). *Turbocharger* sistem tekanan konstan ( *constant pressure system* )
- 2). *Turbocharger* sistem pulsa ( *pulse system* )
- 3). *Turbocharger* sistem converter- pulsa ( *pulse-converter system* )

#### 2.4.1.1. *Turbocharger* sistem tekanan konstan ( *constant pressure system* )

Pada sistem *Turbocharger* tekanan konstan ini adalah bertujuan untuk menjaga atau memelihara agar tekanan buang pada motor bakar dalam keadaan konstan dan tekanan yang dihasilkan lebih tinggi dari pada tekanan atmosfer sehingga turbin *Turbocharger* dapat beroperasi secara maksimum.

Tujuan pembuatan saluran gas buang yang besar dan lebar adalah untuk meyerap tekanan yang tidak konstan. Oleh karena itu, energi kinetik di dalam saluran gas buang harus dihilangkan. Berikut ini merupakan gambar

*Turbocharger* sistem tekanan konstan.



Gambar 2.2. Turbocharger system tekanan konstan

Keuntungan memakai *turbocharger* pada metode tekanan konstan ialah :

- a) Fluktuasi pada turbin tidak ada.
- b) Sangat efisien, dan konsumsi bahan bakar yang ekonomis pada perbandingan tekanan kompresor dan turbin yang tinggi.
- c) Kecepatan mesin tidak terbatas oleh gelombang tekanan pada saluran gas buang .
- d) Penentuan titik operasional dari turbin dapat lebih mudah.

Kerugian memakai *turbocharger* pada metode tekanan konstan adalah :

- a) Tidak seluruh energi gas buang dapat digunakan untuk menggerakkan turbin.
- b) Ada sebagian energi yang hilang pada *common large chamber*
- c) Membutuhkan saluran gas yang besar.
- d) Kurang responsip pada beban.

#### 2.4.1.2. Turbocharger sistem pulsa ( *pulse system* )

UNIVERSITAS MEDAN AREA *Turbocharger* sistem pulsa bertujuan untuk menggunakan energi kinetik di

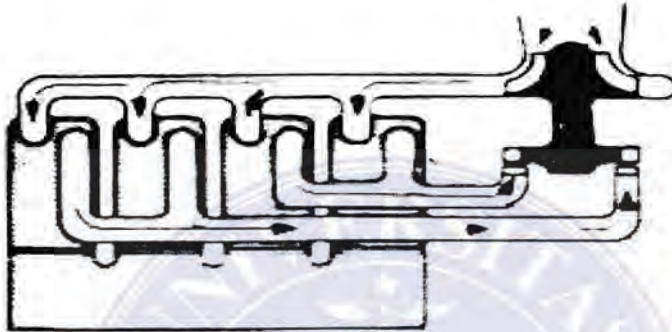
--- dalam proses pembuangan untuk menggerakkan turbin *turbocharger*, yang secara

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

idealnya tidak ada terjadi peningkatan tekanan gas buang. Untuk mencapai tujuan tersebut, saluran buang yang segaris haruslah lebih kecil dan dikelompokkan untuk menerima gas buang dari silinder yang mana mengalir pada waktu yang berbeda. Berikut ini merupakan gambar *Turbocharger* dengan sistem pulsa. Dengan sistem ini, gas buang langsung dialirkan ke dalam turbin.



**Pulsa System -**

**Gambar 2.3. turbocharger dengan sistem pulsa**

Keuntungan memakai *turbocharger* dengan system pulsa ini adalah :

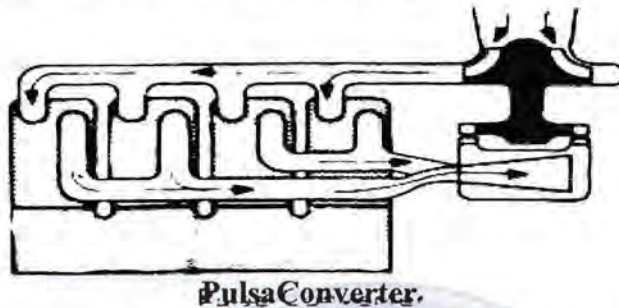
- a) Sebagian besar energi kimia gas buang dapat digunakan langsung.
- b) Menghasilkan percepatan putaran mesin yang responsive terhadap pembebanan tiba-tiba.
- c) Dapat memakai saluran gas buang yang lebih pendek dan diameter yang lebih kecil.

Kerugiannya adalah :

- a) Pemanfaatan energi gas buang tidak efektif untuk turbin dengan perbandingan tekanan yang lebih tinggi.
- b) Fluktuasi tekanan yang lebih besar untuk jumlah silinder yang lebih

### 2.4.1.3. Turbocharger sistem converter - pulsa (*pulsa converter system*)

Pada *Turbocharger* sistem *converter* pulsa ini bertujuan untuk mengubah energi kinetik di dalam proses pembuangan menjadi peningkatan tekanan pada turbin dengan membuat satu atau lebih diffuser.

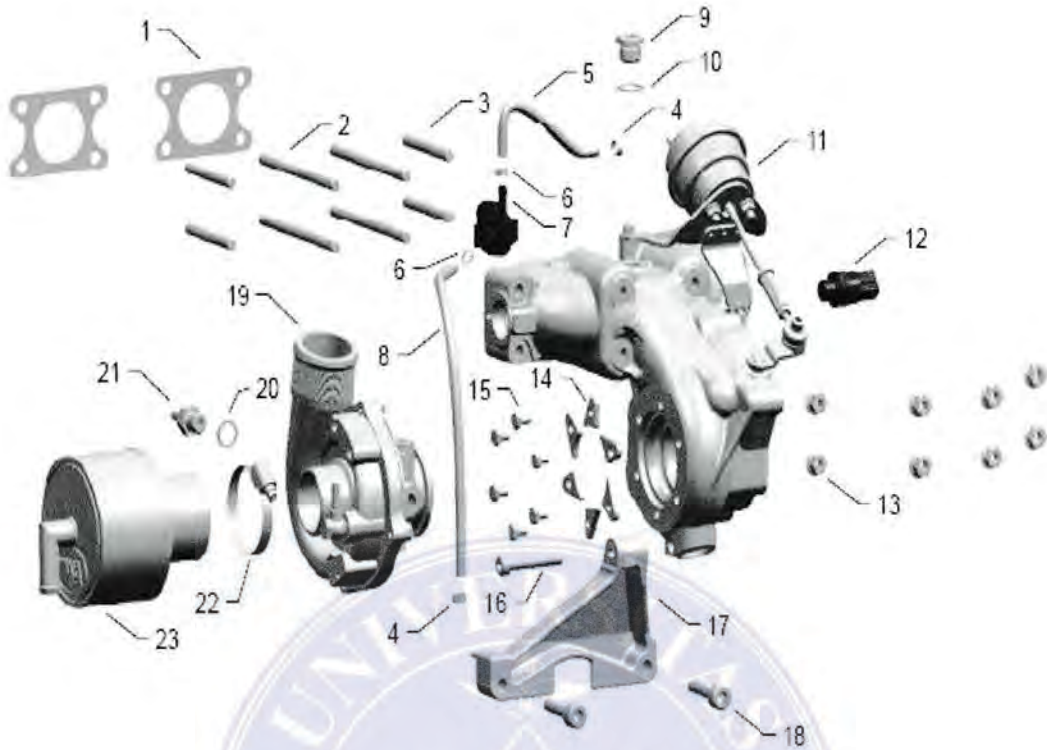


Gambar 2.4. *turbocharger* system *converter* pulsa

Secara umum, mesin-mesin diesel berukuran besar biasanya menggunakan *turbocharger* sistem pulsa, sedangkan untuk mesin-mesin otomotif menggunakan *turbocharger* tekanan konstan. Oleh karena itu, pada kajian studi ini digunakan *Turbocharger* sistem tekanan konstan.

### 2.4.1.4. Bagian-Bagian Turbocharger

Bagian utama *turbocharger* terdiri dari sebuah turbin gas dan sebuah kompresor. Gambar 2.1 ini merupakan gambar dari assembling *Turbocharger* yang telah dilepas bagian-bagiannya :



**Gambar 2.5. Bagian-bagian turbocharger**

**Keterangan gambar**

- |                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| 1. Packing           | 13. Nut                |
| 2. Rod (waste gate ) | 14. Packing            |
| 3. Bolt              | 15. Bol                |
| 4. Ring              | 16. Bolt               |
| 5. Heat Shield       | 17. Bracket            |
| 6. Ring              | 18. Bolt               |
| 7. Thurst Collar     | 19. Ekshaust           |
| 8. Locking Plate     | 20. Ring               |
| 9. Bolt              | 21. Bolt               |
| 10. Ring             | 22. O-ring             |
|                      | 23. Compressor Housing |

## 2.5. Turbin Turbocharger

Turbin turbocharger digerakkan oleh energi yang dikandung oleh gas buang. Aliran gas buang dari hasil pembakaran bahan bakar dari dalam ruang bakar menggerakkan sudu-sudu turbin / rotor turbin, diserap energinya dan diubah menjadi bentuk energi mekanis. Ini merupakan daya poros pada turbin yang dipergunakan untuk menggunakan kompresor.

Persamaan laju aliran masuk turbin. ( lit.3 hal.238 )

$$m_{eg} = (\mu + \Delta_{sc}) \frac{F_i N_i L m_a}{3600} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

$m_{eg}$  = Laju aliran massa gas buang masuk turbin turbocharger ( kg/det)

$\mu$  = Koefisien molar gas perubahan molar gas  $\mu$

$\Delta_{sc}$  = Koefisien udara pembilasan untuk mesin dengan turbocharger.

Koefisien udara pembilas, nilainya 0,06 – 0,02 dalam hal ini diambil sebesar 0,15.

$F$  = Konsumsi bahan bakar indikator ( g/hp-hr)

Untuk mekanisme *turbocharger*  $F_i = 125 - 150$  g/bhp – hr. Dalam hal ini dipilih 133 g/bhp-hr.

$N_i$  = Daya indikator

$L'$  = Jumlah udara aktual yang dibutuhkan

$m_a$  = berat molekul udara sebesar 28,95 kg / mole

Berdasarkan arah aliran fluida, ada dua tipe turbin yang digunakan pada *turbocharger*, yaitu turbin aliran radial dan turbin aliran aksial. Turbin aliran

radial mempunyai tampak yang sama dengan kompresor sentrifugal, kecuali gas

UNIVERSITAS MEDAN AREA

yang mengalir secara

Document Accepted 15/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

banyak dipakai dalam ukuran kecil. Turbin ini membentuk rotor yang kompak dan tegar bila digabungkan dengan kompresor sentrifugal.

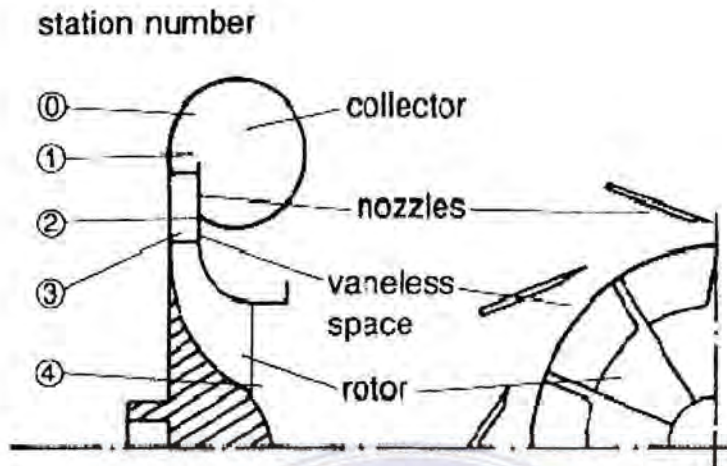
Gabungan ini lazim digunakan untuk mengisi *turbocharger* pada mesin diesel stasioner dan mesin kapal. Turbin gas aliran radial, di lain pihak tidak cocok untuk gas suhu tinggi yang diperlukan untuk menghasilkan efisiensi termal yang baik. Kecuali ukurannya yang kecil. Turbin ini kalah efisien dari turbin aliran aksial.

Ada berbagai macam turbin radial yang biasanya digunakan pada otomotif, mulai dari bentuk sudu turbin, rancangan rumah turbin dan rancangan sudu turbin. Semua hal tersebut sangat berpengaruh pada prestasi yang dihasilkan motor yang menggunakannya. Oleh sebab itu banyak faktor yang diperhitungkan untuk mendapatkan suatu turbin sesuai dengan operasi yang diinginkan.



**Gambar 2.6. Turbin Radial Type Kantilever**

Bagian – bagian utama turbin turbocharger.



**Gambar 2.7 komponen turbin aliran radial**

Pada motor diesel ini, sesuai dengan hasil survey, turbin yang digunakan pada turbocharger dan intercooler adalah turbin dengan aliran radial.

## 2.6. Kompresor

Kompresor adalah suatu alat pemampat atau menaikkan tekanan udara di atas tekanan atmosfer. Pada keadaan ini kompresor di dalam *Turbocharger* berfungsi memampatkan udara atau menaikkan tekanan udara yang dihisap dari udara sekitar. Kompresor disini digerakkan oleh turbin *turbocharger*, dimana turbin ini digerakkan oleh gas buang dari motor bakar. Fungsi dari kompresor itu untuk menaikkan tekanan efektif rata – rata yang berpengaruh terhadap performansi motor bakar tersebut.



### 2.6.1. Kompresor Sentrifugal

Di dalam permesinan, yang mana juga disebut sebagai turbo-blowers atau turbo-compressors, satu atau lebih impeller dirotasikan pada kecepatan yang tinggi di dalam sebuah rumah kompresor. Udara yang masuk ke dalam center dari impeller, akan ditingkatkan kecepatannya, lalu udara akan masuk ke ujung luar kompresor, karena adanya gaya sentrifugal yang terjadi pada impeller. Udara yang melewati impeller dengan tekanan yang tinggi dan kecepatan yang tinggi, udara akan memasuki diffuser, maka diffuser akan mengubah energi kinetik menjadi energi tekanan, setelah udara melewati impeller.

Persamaan laju aliran udara melalui kompresor : ( lit.3 hal.238 )

$$m_k = (1 + \Delta_{sc}) \frac{F_i N_i L' m_a}{3600} \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana:

$m_k$  = laju aliran massa melalui kompresor (kg/det)

$\Delta_{sc}$  = Koefisien udara pembilasan

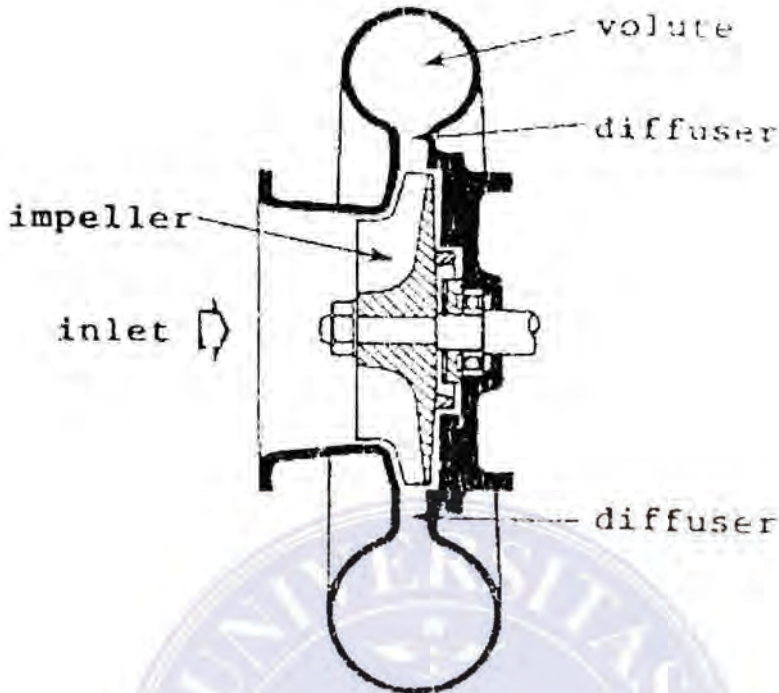
Untuk mesin dengan *turbocharger*, koefisien udara pembilasan, nilainya 0,06 ~ 0,2. Dalam kajian studi ini dipilih koefisien udara pembilasan senilai 0,15.

$F_i$  = Konsumsi bahan bakar indikator ( g/hp-hr)

$N_i$  = Daya indikator (hp)

$L'$  = Jumlah udara aktual yang dibutuhkan (mole/kg)

$m_a$  = berat molekul udara sebesar 28,95 kg /mole .



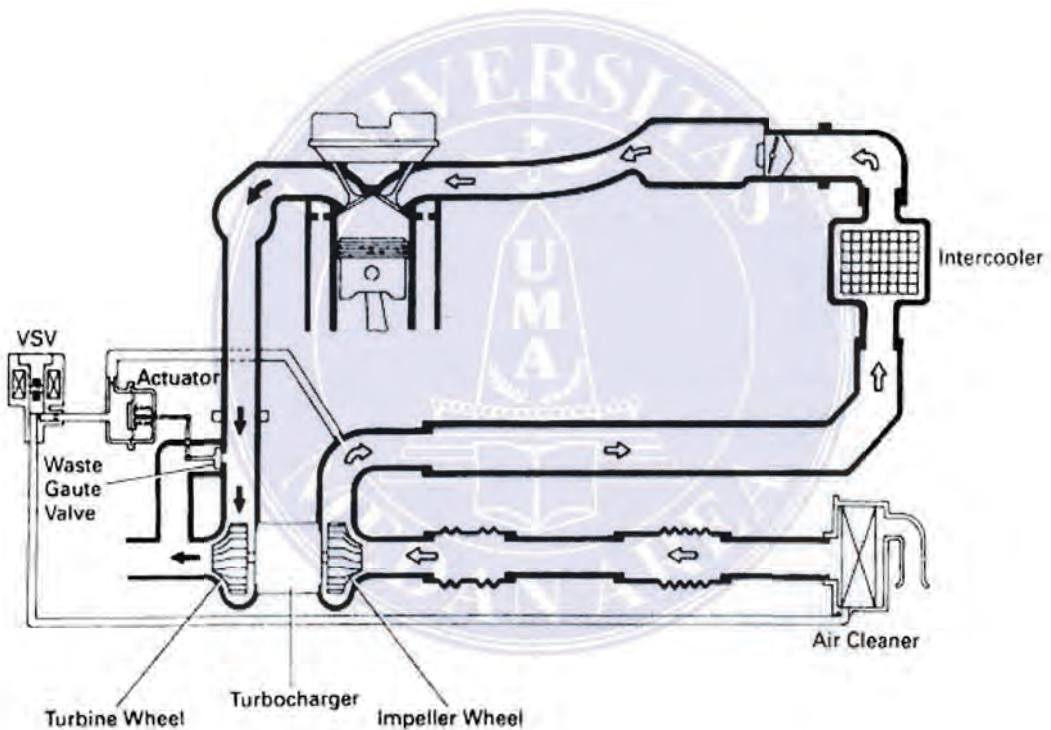
**Gambar 2.8. bagian-bagian utama kompresor sentrifugal**

Keterangan :

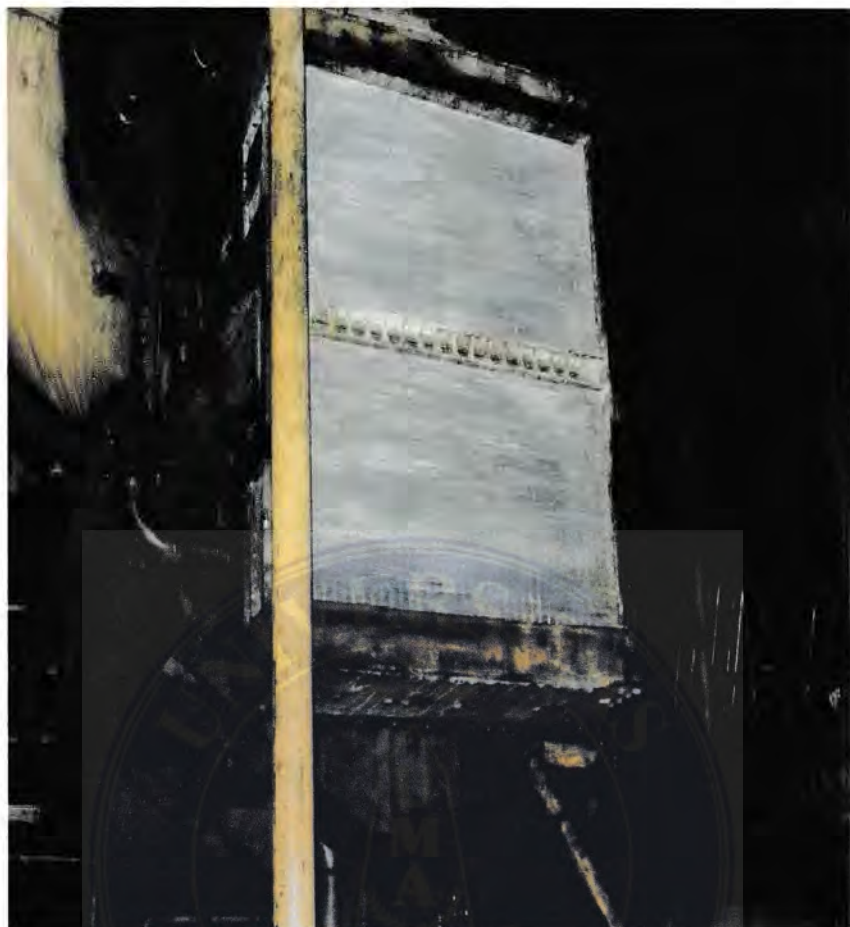
- a. Impeller adalah gaya yang bekerja pada impeller disebabkan adanya laju perubahan momentum udara yang melewati permukaan sudu-sudu.
- b. Difuser adalah sebuah cincin yang mengelilingi dan mempunyai luas penampang laluan yang secara kontinu memperbesar untuk mengubah energi kinetik udara yang melewati impeller menjadi tekanan. Difuser yang paling efisien mempunyai sudu-sudu radial yang tetap untuk memaksa udara mengalir secara radial.
- c. Rumah kompresor fungsinya untuk mengarahkan aliran tekanan tinggi kearah yang dituju pada beberapa sisi rumah kompresor.

## 2.7. Intercooler

Pada saat sekarang ini teknologi otomotif yang sedang berkembang itu adalah *intercooler*. Alat ini adalah peralatan sederhana, tetapi memiliki fungsi yang luar biasa. *Intercooler* memiliki beberapa nama sebutan antara lain *air cooler*, *after cooler* dan *charger cooler*. Tetapi apapun namanya alat ini memiliki fungsi yang sama yaitu mendinginkan udara yang masuk keruang mesin. Berikut ini merupakan instalasi sederhana turbocharger dengan intercooler.



**Gambar 2.9.** Skema instalasi sederhana *turbocharger* dengan *intercooler*.



**Gambar 2.10. Intercooler yang digunakan pada PLTD Paya Pasir-Medan.**

Berdasarkan prinsip kerjanya, ada dua macam *intercooler*, yaitu:

1. air to air adalah *intercooler* yang bekerja mendinginkan udara berdasarkan udara yang melewati kisi – kisinya.
2. air to water adalah *intercooler* yang bekerja mendinginkan udara berdasarkan udara yang melewati kisi – kisinya dan juga di bantu dengan air yang melewatinya.

Pada perencanaan *turbocharger* ini, dipilih jenis intercooler air to water,

karena memiliki efisiensi yang tinggi dan bentuknya dapat lebih mudah

UNIVERSITAS MEDAN AREA

disesuaikan.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

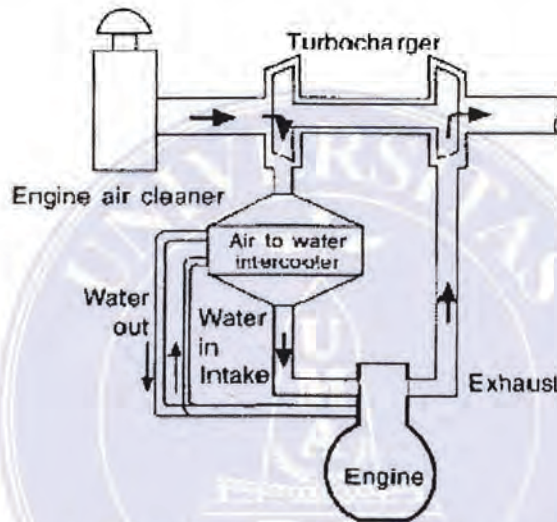
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

### 2.7.1. Prinsip Kerja Intercooler:

Udara panas yang mengalir masuk ke pipa – pipa intercooler sebelum masuk ke dalam silinder, udara didinginkan oleh radiator yang fluida pendinginya adalah air dengan cara mengalirkan udara melalui kisi – kisi atau sirip *Intercooler*, sehingga udara panas terserap didalam intercooler, dengan demikian udara yang masuk kadalam silinder tetap dingin tetapi tekananya konstan.



**Gambar 2.11. Sistem kerja intercooler Tipe air to water**

Udara di hisap oleh kompresor dengan tekanan dan temperatur yang tinggi, kemudian didinginkan di dalam *intercooler* dengan prinsip kerja *air to water*, dimana di depan intercooler dipasang *fan blower* agar udara yang panas disuplai oleh kompresor dapat didinginkan dengan cepat, selanjutnya udara disalurkan ke dalam ruang bakar dengan kerapatan udara yang baik karena temperatur udara tersebut telah didinginkan.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Metode Pengambilan Data

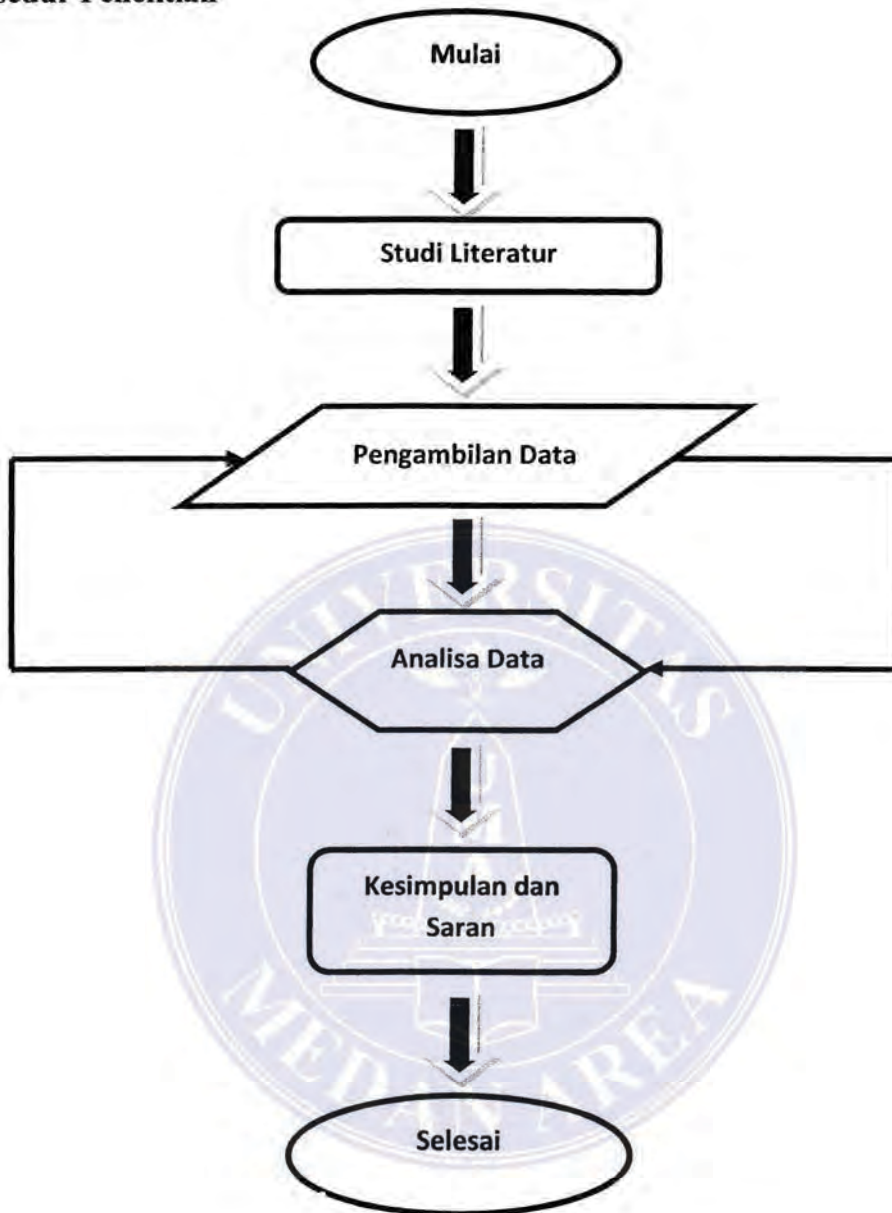
Adapun metode pengumpulan data yang digunakan adalah melakukan pengumpulan data-data dari observasi lapangan, buku-buku perpustakaan dan dari internet sebagai bahan untuk menyusun skripsi ini, baik berupa data spesifikasi motor diesel, analisa termodinamika, dan sebagainya yang sebagai faktor pendukung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.

#### 3.2. Waktu dan Tempat

Tempat yang digunakan untuk melakukan penelitian ini ialah di PT. PLN (Persero) PEMBANGKITAN SUMATERA BAGIAN UTARA SEKTOR PEMBANGKITAN MEDAN ( Paya Pasir ) yang dilaksanakan pada bulan Mei 2012.

Dalam pengerjaan skripsi ini, penulis membuat diagram alir untuk dapat mempermudah pengerjaan secara sistematis. Berikut pada Gambar 3.1.

### 3.3. Prosedur Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir

### 3.4. Keterangan Diagram Alir

Penelitian dimulai pada tahap proses pengerjaan akan dilaksanakan, dan bahan

- bahan yang dibutuhkan untuk pengerjaan skripsi ini akan dikumpulkan untuk

UNIVERSITAS MEDAN AREA

dikerjakan. Disarankan dengan studi literatur, studi literatur dilakukan dengan

Document Accepted 15/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

pengumpulan referensi - referensi mengenai materi yang berhubungan dengan proses pembakaran motor bakar diesel. Literatur - literatur tersebut didapatkan dari buku referensi, internet, artikel dan paper-paper. Kemudian dilakukan riset dan pengumpulan data spesifikasi mesin motor diesel yang digunakan sebagai data awal dalam melakukan proses perhitungan. Dan kemudian dilanjutkan dengan analisis data meliputi perhitungan dengan menggunakan data – data, lalu di masukkan ke dalam rumus kemudian dihitung sehingga akan mendapatkan hasil yang kita inginkan. Pada akhir penelitian ini, akan dibuat kesimpulan dari proses perhitungan serta hasil yang telah dilakukan. Kesimpulan berisi jawaban dari hasil perhitungan dan tujuan analisa seperti yang tertulis pada Bab I. Pada akhir bagian ini juga terdapat saran penulis tentang analisa hasil perhitungan ini, sehingga tulisan ini dapat lebih bermanfaat bagi setiap kalangan.

Tahap pengerjaan skripsi selesai dilaksanakan dengan hasil-hasil yang didapatkan sesuai dengan analisa dan tujuan pengerjaan skripsi, dan kiranya hasil skripsi ini bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

1. Motor Bakar Diesel dengan daya 5553,17 hp. Laju aliran gas buang sebesar  $m_{eg} = 6,426$  kg/det. Dan laju aliran udara yang melalui kompresor sebesar  $m_k = 6,292$  kg/det.
2. Pada Turbocharger, putaran daya turbin dan kompresor adalah sama. Hal ini dikarenakan turbin dan kompresor pada turbocharger seporos atau di kopel langsung.
3. Performansi Motor Bakar Diesel dengan Turbocharger dan Intercooler :
  - a) Daya efektif meningkat sebesar 21,67 % dengan memakai turbocharger dan intercooler pada putaran 429 rpm dengan jumlah silinder dan ukuran atau dimensi mesin yang sama.
  - b) Tekanan efektif rata – rata meningkat sebesar 10,859 %
  - c) Torsi untuk motor bakar diesel meningkat sebesar 11,64 %
  - d) Konsumsi bahan bakar spesifik meningkat sebesar 3,99 %
  - e) Daya indikator meningkat sebesar 25,58 %
  - f) Konsumsi bahan bakar tiap jam meningkat sebesar 18,82 %

Dengan hasil ini boleh dikatakan bahwa penggunaan turbocharger dan intercooler sangat efisien dan sangat berpengaruh terhadap performansi motor bakar diesel tersebut.

## 5.2. SARAN

Untuk meningkatkan performansi motor bakar diesel, sebaiknya menggunakan turbocharger dan intercooler.



## DAFTAR PUSTAKA

- 1) Arismunandar, W, "*Motor Bakar Torak*", Cetakan ketiga, Penerbit ITB Bandung, 1988. hal 14-89
- 2) Arismunandar, W, "*Motor Diesel Putaran Tinggi*", Cetakan kelima, PY Pradnya Paramita, Jakarta, 1983. hal 4-34
- 3) <http://www.howstuffworks.com/> how turbocharging works
- 4) Obert, F.Edward, "*Internal Combustion Engine and Air Pollution*", Harper and Row Publisher, Newyork, 1973. hal 694-703
- 5) <http://www.google.com/> Turbocharger
- 6) Boyce, Maherwan P, "*Gas Turbine Engineering Handbook*", Gulf Publisher Company, Houston, Texas 2002. hal 319-323
- 7) Hatto, D.R, "*Compressor Type*", McGraw-Hill Book Company, New York, 1984. hal 2-17
- 8) <http://www.google.com/> Kompresor dan Sistem Udara Tekan
- 9) Sudarman, MT , "*Siklus Daya Thermal*", Cetakan Pertama, Universitas Muhammadiyah, Malang. 2004. hal 91-116
- 10) Sitompul, Darwin, "*Prinsip Prinsip Konversi Energi*", Cetakan Pertama , PT. Gelora Aksara Pratama, Medan, 1989. hal 36
- 11) Petrovsky, N, "*Marine Internal Combustion Engine*", Mir Publisher, Moskow, 1988. hal 27-240
- 12) Heywood, John B, "*Internal Combustion Engines Fundamentals*", McGraw-Hill Book Company, New York, 1989. hal 248-275

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

- 13) [http// www.google.com](http://www.google.com) / Induction,Exhaust, and Turbocharger System principles
- 14) Bernard Challen dan Rodica Baranescu, “*Diesel Engine Reference Book*”,2nd edition, Jordan Hill, Oxford, 1999. hal 29-51
- 15) Holman. J. P dan E. Jasjfi “ *Perpindahan Kalor*” Edisi keenam, Erlangga, 1991

