

## PENGARUH KONDISI UDARA BILAS TERHADAP KINERJA MESIN DIESEL

Didit Sumardiyanto, Sri Endah Susilowati  
Prodi Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta  
[didit.sumardiyanto@yahoo.co.id](mailto:didit.sumardiyanto@yahoo.co.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di atas MT. Seraya Baru untuk mengetahui pengaruh kondisi/kualitas udara bilas yang dihasilkan oleh turbocharger, terhadap kinerja mesin pada mesin diesel penggerak kapal, HORTEN – SULZER Model 6RND76.

Metode penelitian yang dipergunakan adalah membandingkan kinerja mesin pada saat turbocharger sebelum dilakukan perbaikan dengan kondisi setelah dilakukan perbaikan, yaitu pada sistem pendinginan udara pada intercooler dan membersihkan filter udara sebelum masuk pada sisi turbin.

Hasil yang diperoleh menunjukkan akibat temperatur udara bilas tinggi, maka berakibat pada massa udara yang rendah, sehingga jumlah udara untuk pembakaran menjadi tidak mencukupi. Akibatnya proses pembakaran tidak sempurna dan kinerja mesin menjadi tidak optimal. Untuk perbandingan udara terhadap bahan bakar sebesar 13.3, daya keluaran mesin 10726 hp, efisiensi termal efektif 36.36% dan konsumsi bahan bakar spesifik 173.8 g/hp.h. Sedangkan pada perbandingan udara dengan bahan bakar sebesar 18.23, maka daya keluaran mesin 11.981 hp, efisiensi termal efektif 40.62%, konsumsi bahan bakar spesifik turun menjadi 155.5 g/hp.h.

### I. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Pada umumnya kapal laut digerakkan oleh mesin diesel, baik sebagai penggerak utama maupun untuk mesin bantu yang dipergunakan sebagai sumber energi listrik di kapal.

Pada mesin diesel berdaya besar pada bagian masuk udara pembakaran dilengkapi dengan turbocharger. Hal tersebut dimaksudkan untuk menaikkan tekanannya dengan cara mengkompresi sehingga massa aliran udara masuk menjadi lebih tinggi dibandingkan udara atmosfer.

Udara bilas adalah udara pada proses pembilasan atau pembersihan udara sisa pembakaran di dalam silinder pembakaran. Kualitas udara bilas sangat dipengaruhi oleh kinerja turbocharger. Jika massa aliran udara pembakaran menurun yang disebabkan oleh berbagai kondisi, maka pengaruhnya proses pembakaran tidak sempurna, yang secara visual bisa ditandai dengan asap yang berwarna lebih hitam, akibatnya

tidak cukupnya udara untuk proses pembakaran..

#### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kondisi udara bilas terhadap kinerja mesin penggerak utama kapal MT. Seraya Baru

### II. TINJAUAN PUSTAKA

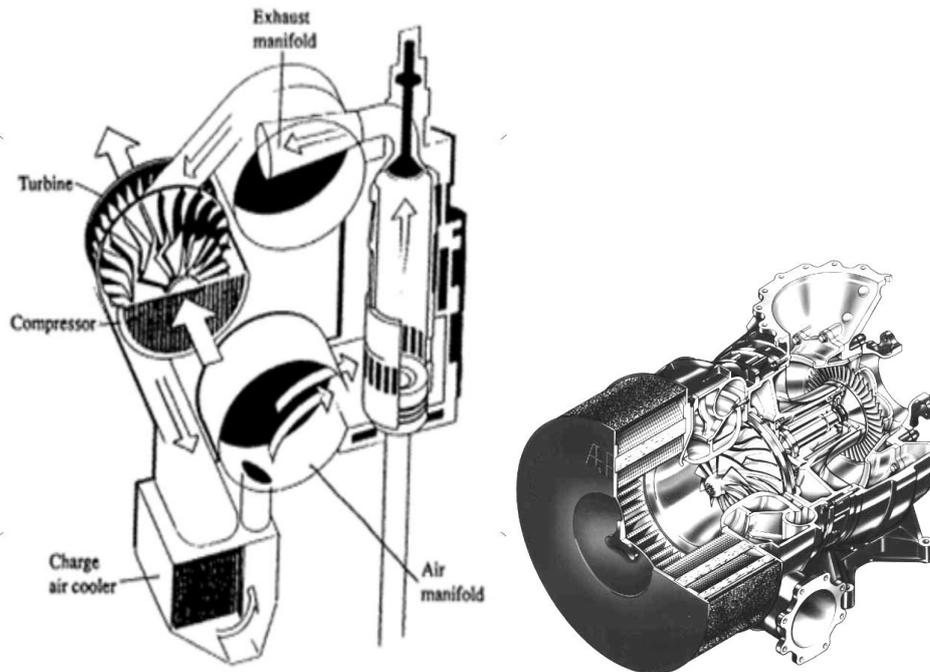
#### 2.1 Mesin Diesel 2 Tak

Mesin diesel 2 Tak adalah mesin konversi energi jenis piston yang dalam satu siklus pembakaran terjadi dua langkah torak atau satu putaran poros engkol. Pembakaran terjadi akibat tingginya tekanan dan temperature udara pembakaran di dalam ruang bakar akibat kompresi hingga melampaui titik nyala bahan bakar diesel. Oleh karenanya mesin diesel disebut juga *compression ignition engine* (CIE).

Pada mesin-mesin diesel bertenaga besar, misalnya untuk mesin penggerak kapal, sistem pemasukan udara pembakaran dilengkapi dengan

turbocharger. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kinerja mesin dengan cara menaikkan massa udara pembakaran, agar pembakaran bahan bakar dapat berjalan dengan sempurna.

Secara skematis sistem kerja turbocharger untuk mesin diesel seperti terlihat pada Gambar 1



Gambar 1. Sistem pemasukan udara pembakaran pada mesin diesel 2 tak  
 Sumber : Dunia Maritim

Elemen utama turbocharger terdiri dari :

1. Turbin, fungsinya sebagai sumber tenaga untuk penggerak poros kompresor. Sumber energi turbin dari berasal dari gas buang.
2. Kompresor, dipergunakan untuk mengkompresi udara pembakaran sehingga tekanannya naik.
3. Intercooler, untuk mendinginkan udara yang dikompresi agar massanya naik.

Jika kualitas udara pembakaran mengalami penurunan, misalnya temperatur terlalu tinggi akibat terganggunya pendinginan di dalam intercooler atau aliran udara terganggu akibat pengotoran pada filter, maka akan berpengaruh pada proses pembakaran. Penurunan kualitas udara pembakaran dipengaruhi oleh beberapa hal, yang

diantaranya adalah : pendinginan udara pada intercooler tidak optimal, dan terganggunya saluran masuk udara dikarenakan adanya kotoran pada filter.

## 2.2 Dasar Perhitungan Kinerja Mesin

### Daya Efektif ( $N_e$ )

Adalah daya keluaran mesin, yang nilainya dihitung berdasarkan besarnya torsi dan kecepatan putar poros engkol (*crankshaft*)<sup>[1.hal.99]</sup>

$$N_e = \frac{T.n}{716.2} \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan :

$N_e$  : Daya efektif, hp

$T$  : Torsi, N.m

$n$  : kecepatan putar poros engkol, rpm

**Efisiensi Termal Efektif ( $\eta_{te}$ )**

Yaitu kemampuan mesin untuk mengubah kalor yang dihasilkan di dalam ruang bakar menjadi daya efektif, yang nilainya dapat diperoleh dari<sup>[2.hal.27]</sup> :

$$\eta_{te} = \frac{N_e \times 632}{G_{bb} \times H_b} \times 100\%$$

..... 2.2

Keterangan :

$\eta_{te}$  : Efisiensi termal efektif, %

$G_{bb}$  : Jumlah bahan bakar yang dikonsumsi, kg/h

$H_b$  : Nilai kalor bawah bahan bakar, untuk bahan bakar diesel rata-rata sekitar : 10.000 kcal/kg.

**Konsumsi Bahan Bakar Spesifik**

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah kebutuhan bahan bakar untuk menghasilkan daya persatuan waktu<sup>[2.hal.27]</sup>

$$b_e = \frac{632}{H_b \times \eta_{te}}$$

..... 2.3

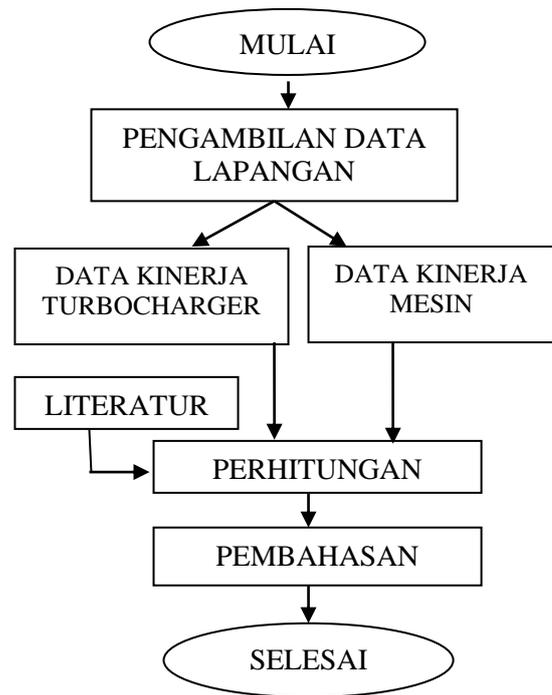
Keterangan :

$b_e$  : Konsumsi bahan bakar spesifik, kg/hp.h

$H_b$  : Nilai kalor bawah bahan bakar, kcal/kg

**III. METODE PENELITIAN**

**3.1 Alur Proses Penelitian**



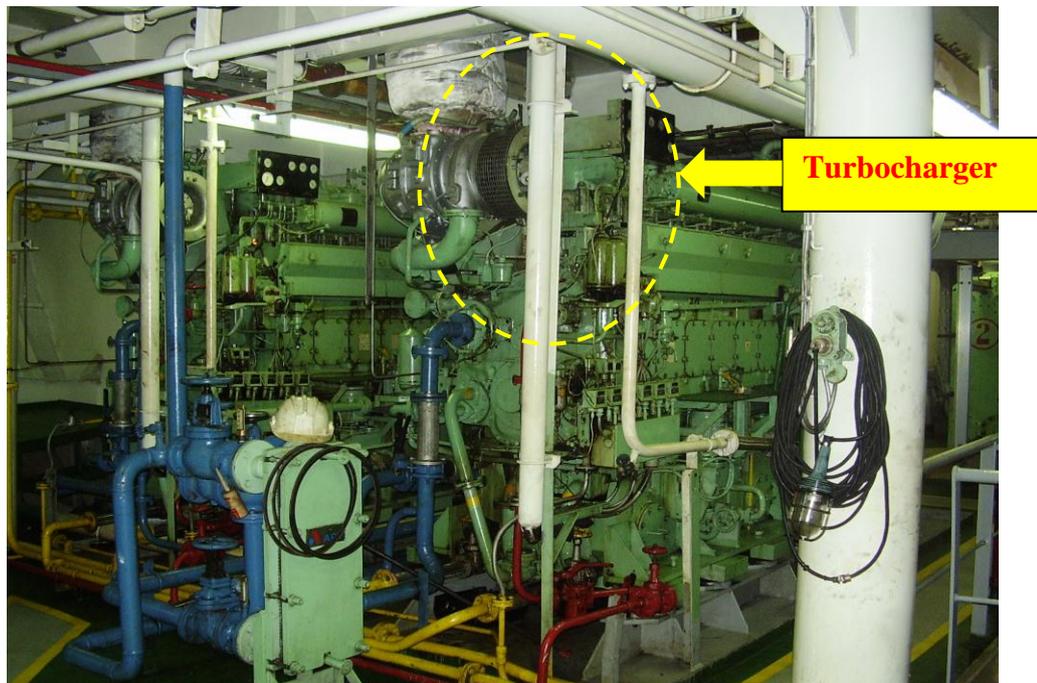
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

**3.2 Data-data yang diperlukan**

1. Kondisi udara pembakaran yang dihasilkan oleh turbocharger sebelum dan sesudah dilakukan overhaule
2. Data yang diambil dari pengoperasian mesin, sebelum dan sesudah dilakukan overhaule

**3.3 Tempat pengambilan data**

Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data-data di kapal MT. Seraya Baru



**IV. DATA HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Data-data Hasil Pengukuran Spesifikasi Mesin Penggerak Utama**

1. Merek : HORTEN - SULZER
2. Type : 6RND76 two stroke enginee
3. Jumlah silinder : 6
4. Dia, silinder : 760 mm
5. Panjang langkah : 1550 mm

6. Daya keluaran : 12.000 BHP
7. Kecepatan putar : 122 rpm

**Turbocharger**

1. Spesifikasi : B-BC Type : VTR631N
2. Putaran normal : 9500 – 10000 rpm

Dari penelitian diperoleh data-data yang berkaitan dengan kinerja mesin sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data-data Udara Bilas didalam intercooler

Data yang Diambil		Kondisi Turbocharger	
		Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
Kecepatan aliran udara, m/s		4.97	5.63
Tekanan Udara Bilas di TC, atm	Masuk	1.04	1.067
	Keluar	1.32	1.75
Temp. Udara Bilas di IC, °C	Masuk	130	136
	Keluar	41	39

Keterangan :  
 TC : Turbocharger  
 IC : Intercooler

Diameter saluran udara pembakaran : 0.825 m

Luas saluran udara pembakaran :  $(3.14) \times (0.825/2)^2 \approx 0.534 \text{ m}^2$

Tabel 4.2 : Data-data Indikasi kinerja mesin

No	Indikator Kinerja Mesin	Kondisi Turbocharger	
		Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
1	Putaran poros mesin rata-2, $n$ , rpm	117	122.2
2	Torsi, $T$ , Nm	65.658	70.220
3	Konsumsi Bahan Bakar, $G_{bb}$ , kg/h	1872	1864

#### 4.2 Perhitungan

Dari data-data yang dicatat di kapal pada kondisi tekanan udara pembakaran normal (setelah turbocharger dilakukan perbaikan) dan pada saat kondisi tekanan udara pembakaran mengalami penurunan (dibawah standar, sebelum turbocharger diperbaiki), maka dari hasil perhitungan diperoleh sebagai berikut.

##### 4.2.1 Kinerja Mesin sebelum turbocharger diperbaiki

###### Daya Keluaran Mesin (Daya Efektif)

$$N_e = \frac{T.n}{716.2} \text{ hp}$$

Keterangan :

- $T$  (Torsi) : 65.658 N.m
- $n$  (putaran poros engkol) : 117 rpm

Sehingga diperoleh :

$$N_e = \frac{65.658 \times 117}{716.2} = 10.726 \text{ hp}$$

###### Efisiensi Thermal Efektif

$$\eta_{te} = \frac{N_e \times 632}{G_{bb} \times H_b} \times 100\%$$

Keterangan :

- $G_{bb}$  (Jumlah bahan bakar yang dikonsumsi) : 1872 kg/h
- $N_e$  (Daya Efektif) : 10.726 hp
- $H_b$  (Nilai kalor bahan bakar) : 10.000 kcal/kg

Maka diperoleh :

$$\eta_{te} = \frac{10.726 \times 632}{1872 \times 10000} \times 100\% = 36.21\%$$

###### Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

$$b_e = \frac{632}{H_b \times \eta_{te}} \text{ kg/hp.h}$$

Keterangan :

$\eta_{te}$  (Efisiensi thermal efektif) : 36.21%

Maka diperoleh :

$$b_e = \frac{632}{10000 \times 36.21\%} = 0.1745$$

kg/hp.h

$$b_e = 174.5 \text{ g/hp.h}$$

##### 4.2.2. Kinerja Mesin Setelah Turbocharger Dilakukan Perbaikan

###### Daya Keluaran Mesin (Daya Efektif):

$$N_e = \frac{T.n}{716.2} \text{ hp}$$

Keterangan :

- $N_e$  : Daya Efektif, hp
- $T$  : 70.220 N.m
- $n$  : 122.2 rpm

Sehingga Daya Efektif mesin adalah:

$$N_e = \frac{70220 \times 122.2}{716.2} = 11.981 \text{ hp}$$

###### Efisiensi Thermal Efektif

Efisiensi thermal efektif dapat diperoleh dari :

$$\eta_{te} = \frac{N_e \times 632}{G_{bb} \times H_b} \times 100\%$$

Keterangan :

- $G_{bb}$  : 1.864 kg/h
- $N_e$  : 11.981 hp
- $H_b$  : 10.000 kcal/kg.

Sehingga efisiensi termal efektif

$$\eta_{te} = \frac{11.981 \times 632}{1.864 \times 10.000} \times 100\% = 40.62\%$$

### Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Besarnya konsumsi bahan bakar spesifik diperoleh:

$$b_e = \frac{632}{H_b \times \eta_{te}}$$

Dimana :

- $H_b$ : 10.000 kcal/kg
- $\eta_{te}$ : 40.62%

Maka diperoleh :

$$b_e = \frac{632}{10000 \times 40.62\%} = 0.1555$$

kg/hp.h

$$b_e = 155.5 \text{ g/hp.h}$$

## 4.3 Udara Bilas

### 4.3.1 Sebelum Perbaikan Turbocharger

Dimana dari data diperoleh :

Kecepatan aliran udara,  $V$  : 4.97 m/s

Luas saluran udara,  $A$  : 0.534 m<sup>2</sup>

Maka kapasitas aliran udara :

$$Q = V \times A$$

Maka :

$$Q = 4.97 \times 0.534 = 2,655 \text{ m}^3/\text{s}$$

Massa jenis udara

$$\gamma = \frac{P}{R \cdot T}$$

Tekanan ( $P$ ) =  $(1 + 1.32)$  Atm Abs = 23970 kg/m<sup>2</sup>

Konstanta udara ( $R$ ) = 29.46 m/K

Temperatur ( $T$ ) = 41 °C = 314 K

Maka massa jenis udara :

$$\gamma = \frac{23970}{29.46 \times 314} = 2.6 \text{ kg/m}^3$$

Massa aliran udara :

$$Gu = Q \cdot \gamma$$

Atau  $Gu = 2.655 \times 2.6 = 6.9 \text{ (kg/s)}$

$Gu = 24.840 \text{ kg/h}$

Perbandingan antara udara pembakaran dengan bahan bakar :

$$Rst = \frac{G_{ud}}{G_{bb}}$$

Dimana :

Konsumsi bahan bakar ( $G_{bb}$ ) : 1.864 kg/h

Massa aliran udara ( $G_{ud}$ ) : 24.840 kg/h

Maka :

$$Rst = \frac{24.840}{1.864} = 13.3$$

Faktor kelebihan udara

Dimana

$Rst = 14,68$  stokiometrik

$$\lambda = \frac{13.33}{14.68} = 0.91$$

### 4.3.2 Setelah Perbaikan Turbocharger

Kecepatan aliran ( $V$ ) : 5.63 m/s

Luas saluran udara ( $A$ ) : 0.534 m<sup>2</sup>

Maka kapasitas aliran udara :

$$Q = V \times A$$

Maka :

$$Q = 5.63 \times 0.534 = 3.0 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Massa jenis udara

$$\gamma = \frac{P}{R \cdot T}$$

Tekanan ( $P$ )<sub>abs</sub> =  $(1 + 1.75)$  Atm Abs = 28413 kg/m<sup>2</sup>

Konstanta udara ( $R$ ) = 29.46 m/K

Temperatur ( $T$ ) = 39 °C = 312 K

Maka massa jenis udara :

$$\gamma = \frac{28413}{29.46 \times 312} = 3.14 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Massa aliran udara :

$$Gu = Q \cdot \gamma$$

Atau  $Gu = 3.0 \times 3.14 = 9.44 \text{ (kg/s)}$

$Gu = 33.984,57 \text{ (kg/h)}$

Perbandingan antara udara pembakaran dengan bahan bakar :

$$Rst = \frac{G_{ud}}{G_{bb}}$$

Dimana :

Konsumsi bahan bakar ( $G_{bb}$ ) : 1864 kg/h

Massa aliran udara ( $G_{ud}$ ) : 33.984,57 kg/h

Maka :

$$Rst = \frac{33.984,57}{1.864} = 18.23$$

Faktor kelebihan udara

Dimana

$R_{st} = 14,68$  stokiometrik

$$\lambda = \frac{18.23}{14.68} = 1.24$$

Dari keseluruhan perhitungan kinerja mesin untuk kondisi udara bilas dibawah standar (sebelum turbocharger dilakukan perbaikan) dan udara bilas pada kondisi standar (setelah turbocharger diperbaiki), maka diperoleh hasil seperti terlihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Tabel Hasil Perhitungan

Kinerja Mesin	Turbo charger setelah dan sebelum perbaikan		Perbedaan	
	Sebelum	Setelah	Nilai	( % )
Daya Efektif, $N_e$ , hp	10.726	11.981	1255	11.70
Eff. Termal Efektif, $\eta_{te}$ , %	36.36	40.62	4.26	11.71
Konsumsi BB Spesifik, $b_e$ , g/h.hp	173.8	155.5	18.3	10.53
Perbandingan udara-B.Bakar, $R_{st}$	13.3	18.23	4.93	37.07
Faktor kelebihan udara, $\lambda$	0.91	1.24	0.33	36.26

#### 4.4 Pembahasan

Masalah yang terjadi pada turbocharger adalah terganggunya proses pendinginan pada *intercooler* dan pengotoran pada filter. Kondisi tersebut sangat berpengaruh terhadap kualitas udara pembakaran yang pada akhirnya berpengaruh pada kinerja mesin.

Dari hasil perhitungan kinerja mesin pada kondisi turbocharger sebelum perbaikan dan setelah perbaikan, diperoleh bahwa : Setelah dilakukan perbaikan, faktor kelebihan udara naik dari 0.91 menjadi 1.24 sehingga proses pembakaran menjadi lebih baik, yang menyebabkan daya efektif mesin naik, dan efisiensi termal efektif juga mengalami kenaikan dari 36.36% menjadi 40.62%,

Dampak dari kenaikan faktor kelebihan udara yaitu :

- 1 Kenaikan daya, dari 10.726 hp menjadi 11.981 hp, atau naik 11.7%
- 2 Kenaikan efisiensi thermal dari 36.36% menjadi 40.62%
- 3 Penurunan Konsumsi bahan bakar spesifik, dari 173.8 g/h.hp menjadi 155.5 g/h.hp

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian di kapal MT. Seraya Baru bahwa kondisi turbocharger mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kinerja mesin penggerak kapal. Dengan naiknya Faktor Kelebihan Udara,  $\lambda$ , dari 0.91 menjadi 1,24 maka kebutuhan udara untuk proses pembakaran dapat tercukupi.

### 5.2 Saran

Turbocharger merupakan alat bantu mesin penggerak kapal yang sangat penting. Hal tersebut dikarenakan kalau terjadi masalah pada alat bantu sistem pemasukan udara pembakaran tersebut, maka berakibat pada menurunnya daya mesin serta boros bahan bakar, sehingga berakibat pada naiknya cost pengoperasian kapal. Untuk itu perlu dilakukan perawatan yang rutin agar kualitas udara pembakaran dapat terjaga dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N Petrovsky, "Marine Internal Combustion Engines", MIR Publisher, Moscow

- [2] Wiranto Arismunandar, Koichi Tsuda, "Motor Diesel Putaran Tinggi", Pradnya Paramita, Jakarta, 1975
- [3] Maleev, Bambang Priambodo, "Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel", Erlangga, Jakarta, 1995
- [4] Astu Pujanarsa, Djati Nursuhus, "Mesin Konversi Energi", Andi, Yogyakarta, 2006
- [5] Karl W Stinson, "Diesel Engineering Handbook", Diesel Publication, Inc, USA, 1959
- [6] Michael J Moran, Howard N Shapiro, "Termodinamika Teknik", Erlangga, Jakarta, 2004