

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan teori

Pada bab ini diuraikan landasan teori yang berkaitan dengan judul “pengaruh perawatan *turbocharger* terhadap pembakaran sempurna dengan metode *fault tree analysis* di MV. Kartini Baruna”, maka penulis akan menjelaskan terlebih dahulu tentang pengertian dan definisi-definisi agar terjalin pemahaman yang jelas.

1. *Fault Tree Analysis*

Teknik untuk mengidentifikasi kegagalan (*failure*) dari suatu sistem dengan memakai FT (*Fault Tree*) yang diperkenalkan pertama kali pada tahun 1962 oleh H. S. Watson di *Bell Telephone Laboratories* dalam kaitannya dengan studi tentang evaluasi keselamatan sistem peluncuran *minuteman misile* antar benua. (Priyanta 2000 : 17)

Mungkin sebagian besar *Engineer* maupun calon *Engineer* tidak asing dengan istilah *fault tree analysis*. Apalagi bagi seseorang yang berpengalaman menyelesaikan kasus berupa *trouble shooting*. Metode ini cukup efektif untuk mengetahui akar permasalahan yang akan diselesaikan. Secara teori, metode *fault tree analysis* dapat dijelaskan sebagai berikut.

Fault tree analysis (FTA) adalah metode analisa, dimana terdapat suatu kejadian yang tidak diinginkan disebut *undesired event* terjadi pada sistem, dan sistem tersebut kemudian dianalisa dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya *undesired event* tersebut. (Kristiansen, 2005 : 225)

FTA adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu resiko yang berperan langsung terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*top*

event) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*).

FTA merupakan metode yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada satu titik kegagalan. *Fault tree analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana. Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi.

Konstruksi dari FTA meliputi gerbang logika yaitu gerbang *AND* dan gerbang *OR*. Setiap kegagalan yang terjadi dapat digambarkan ke dalam suatu bentuk pohon analisa kegagalan dengan memindahkan komponen kegagalan ke dalam bentuk simbol (*logic transfer components*) dan FTA. (Cheng Kuo, 2007 : 103)

Kegagalan yang ada pada sistem bisa disebabkan kegagalan pada komponennya, kegagalan pada manusia yang mengoperasikannya atau disebut juga *human error*, dan kejadian di luar sistem yang dapat mengarah pada terjadinya *undesired event*. *Fault tree* dibangun berdasarkan pada salah satu *undesired event* yang dapat terjadi pada sistem. Hanya bagian-bagian tertentu dari sistem yang berhubungan beserta kegagalan-kegagalan yang ada, yang digunakan untuk membangun *fault tree*. Pada satu sistem bisa terdapat lebih dari satu *undesired event* dan masing-masing *undesired event* mempunyai representasi *fault tree* yang berbeda-beda yang disebabkan faktor-faktor atau bagian-bagian sistem dan kegagalan yang mengarah pada satu kejadian berbeda dengan lainnya. Pada *fault tree*, *undesired event* yang akan dianalisa disebut juga *top event*.

a. Kelebihan dan kekurangan metode *fault tree analysis*

Menurut Cheng Kuo (2007: 227), *fault tree analysis* mempunyai kelebihan dan kekurangan, yaitu:

1). Kelebihan

- a). Dalam kasus sebuah sistem yang kompleks pohon kesalahan memberikan cara yang baik dan logis untuk mengintegrasikan berbagai penyebab. Konstruksi diagram pohon dapat menentukan probabilitas nilai-nilai dan membantu memberikan pemahaman yang lebih baik dari suatu system.
- b). Pohon kesalahan dapat digunakan untuk melakukan analisis sensitivitas sehingga perbedaan dari berbagai penyebab

dapat dibandingkan, dampak terhadap keseluruhan sistem dengan menganalisa perubahan tersebut dengan kemungkinan nilai. (Cheng Kuo, 2007: 227)

2). Kekurangan

- a). Pengalaman dan pengetahuan yang banyak diperlukan untuk membuat bangunan pohon yang tepat. Kesalahan memasukkan sebuah masukan dapat menyebabkan memberikan hasil yang tidak benar
- b). Sulit untuk memilih gerbang logika yang paling tepat di saluran penghubung dan hal ini dapat menimbulkan secara luas variasi-variasi nilai yang dihasilkan. (Cheng Kuo, 2007: 227)

b. Prinsip kerja metode *fault tree analysis*

Prinsip kerja metode *fault tree analysis* menurut Kristiansen (2005: 227), adalah :

- 1) Kegagalan sistem / kecelakaan
- 2). *Fault tree analysis* terdiri dari urutan peristiwa yang mengarah kepada kegagalan system / kecelakaan
- 3) Membuat urutan peristiwa dengan menggunakan gerbang logika “AND” atau “OR” atau gerbang logika lainnya.
- 4) Kejadian di atas dan semua peristiwa terdapat beberapa penyebab dan ditandakan dengan persegi panjang dan kejadian yang dijelaskan di persegi panjang.

c. Simbol dan istilah dalam metode *fault tree analysis*

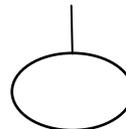
Simbol-simbol yang digunakan adalah simbol kejadian, simbol gerbang dan simbol transfer, berikut adalah bentuk simbol dan pengertian dari tiap-tiap simbol, baik simbol kejadian, simbol *transfer* dan simbol gerbang yang digunakan pada metode *fault tree analysis* menurut Kristiansen (2005: 227), adalah :

1). Simbol kejadian

Simbol kejadian adalah simbol-simbol yang berisi keterangan kejadian pada sistem yang ada pada suatu proses terjadinya *top event*.

Terdapat 5 simbol yaitu :

a) *Basic event/primary event*

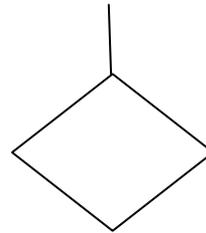


Gambar 2.5 *Basic event*

Simbol lingkaran ini digunakan untuk menyatakan *basic event* atau *primary event* atau kegagalan mendasar yang tidak perlu dicari penyebabnya. Artinya, simbol

lingkaran ini merupakan batas akhir penyebab suatu kejadian.

b). *Undeveloped event*



Gambar 2.6 *Undeveloped event*

Simbol *diamond* ini digunakan untuk menyatakan *undeveloped event* atau kejadian tidak yang tidak dapat lagi berkembang, yaitu suatu kejadian kegagalan tertentu yang tidak dicari penyebabnya lagi baik karena kejadiannya tidak cukup berhubungan atau karena tidak tersedia informasi yang terkait dengannya sehingga menjadi suatu kejadian akhir dari suatu masalah yang terjadi pada suatu penelitian.

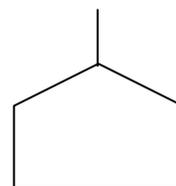
c). *Conditioning event*



Gambar 2.7 *Conditioning event*

Simbol oval ini untuk menyatakan *conditioning event*, yaitu suatu kondisi atau batasan khusus yang diterapkan pada suatu gerbang (biasanya pada gerbang *INHIBIT* dan *PRIORITY AND*). Jadi kejadian *output* terjadi jika kejadian *input* terjadi dan memenuhi suatu kondisi tertentu.

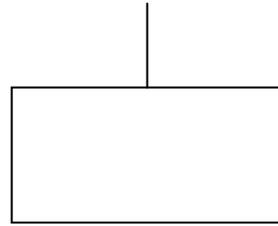
d). *External event*



Gambar 2.8 *External event*

Simbol rumah digunakan untuk menyatakan *external event* yaitu kejadian yang diharapkan muncul secara normal dan tidak termasuk dalam kejadian gagal.

e). *Intermediate event*



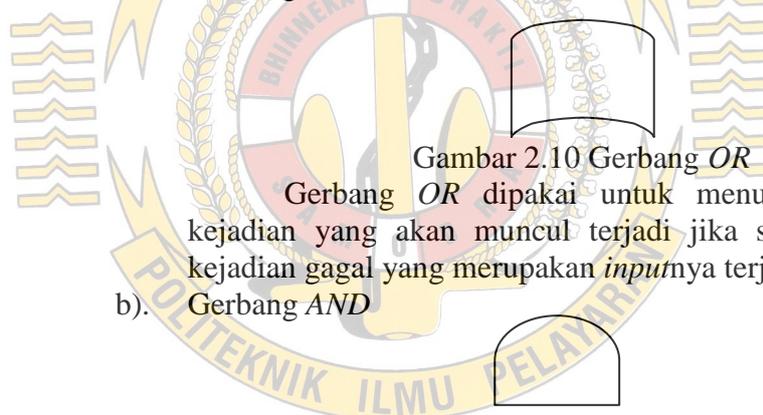
Gambar 2.9 *Intermediate event*

Simbol persegi panjang ini berisi kejadian yang muncul dari kombinasi kejadian-kejadian *input* gagal yang masuk ke gerbang.

2). Simbol gerbang

Simbol gerbang dipakai untuk menunjukkan hubungan diantara kejadian *input* yang mengarah pada kejadian *output* dengan kata lain, kejadian *output* disebabkan oleh kejadian *input* yang saling berhubungan dengan cara-cara tertentu pada sebuah proses suatu sistem.

a). Gerbang *OR*



Gambar 2.10 Gerbang *OR*

Gerbang *OR* dipakai untuk menunjukkan bahwa kejadian yang akan muncul terjadi jika satu atau lebih kejadian gagal yang merupakan *input*nya terjadi.

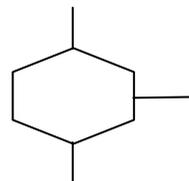
b). Gerbang *AND*



Gambar 2.11 Gerbang *AND*

Gerbang *AND* digunakan untuk menunjukkan kejadian *output* muncul hanya jika semua *input* terjadi.

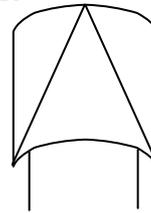
c). Gerbang *INHIBIT*



Gambar 2.12 *INHIBIT*

Gerbang *INHIBIT*, dilambangkan dengan segi enam, merupakan kasus khusus dari gerbang *AND*. *Output* disebabkan oleh satu *input*, tetapi juga harus memenuhi kondisi tertentu sebelum *input* dapat menghasilkan *output*.

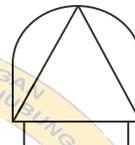
- d). Gerbang *EXCLUSIVE OR*



Gambar 2.13 *EXCLUSIVE OR*

Gerbang *EXCLUSIVE OR* adalah gerbang *OR* dengan kasus tertentu, yaitu kejadian *output* muncul jika satu kejadian ikut muncul.

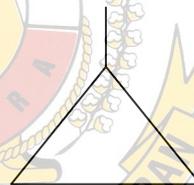
- e). Gerbang *PRIORITY AND*



Gambar 2.14 *Priority-And*

Gerbang *PRIORITY AND* adalah gerbang *AND* dengan syarat dimana kejadian *output* muncul hanya jika semua kejadian *input* muncul dengan urutan tertentu.

- 3). Simbol *transfer*
a). *Triangle-in*



Gambar 2.15 *Triangle-in*

Triangle-in atau *transfers-in*, titik dimana *sub-fault tree* bisa dimulai sebagai kelanjutan pada *transfers out*.

2. Pembakaran

Menurut P.Van Maanen (2001 : 2.10-2.11) Pembakaran bahan bakar diesel merupakan proses kimia zat C-H yang berada dalam bahan bakar mengikat diri dengan zat asam dengan membentuk produk pembakaran. Pada proses ini sejumlah energi akan bebas dalam bentuk panas (proses eksoterm) yang disebut nilai opak atau energi spesifik netto. Seperti ketergantungannya pada susunan bahan bakar, maka jumlah udara yang diperlukan untuk pembakaran sempurna 1 kg udara (zat asam diambil dari udara) untuk pembakaran 1 kg bahan bakar diperlukan teoritis 14,5 kg udara.

Ditinjau dari segi praktis maka jumlah udara teoritis yang tersedia dalam silinder terlalu kecil untuk menghasilkan pembakaran sempurna dalam waktu singkat. Oleh sebab itu diberikan udara lebih, besar kelebihan tersebut tergantung dari tipe motor dan sistem pembakaran. Rata-rata jumlah udara praktis, yang tersedia untuk pembakaran dua kali jumlah udara teoritis. Selain udara lebih untuk pembakaran, masih diperlukan sejumlah udara yang dialirkan kedalam silinder dengan tujuan pembilasan pembakaran bersih dari silinder atau ruang pembakaran silinder. Jumlah udara ini tidak tersedia untuk pembakaran dari bahan bakar. Udara lebih bilas tersebut juga tergantung dari proses kerja (2-tak atau 4- tak) dan untuk motor 2-tak juga dari sistem pembilasan. Dengan membagi jumlah udara pembakaran per kg bahan bakar (untuk pembakaran dan pembilasan) dengan jumlah udara teoritis untuk pembakaran 1 kg bahan bakar, akan diperoleh faktor udara total. Harga ini berkisar 1,4 untuk motor 2- tak beban penuh, untuk motor 4-tak sekitar 1,2 (kedua harga –harga tersebut harus dipandang sebagai perkiraan, karena penyimpangan besar dapat terjadi).

Menurut V.L.Maalev (hal.156) Untuk menjamin pembakaran yang sempurna dari bahan bakar dan menghindarkan rugi panas karena pembentukan karbon monoksida dan karbon yang tidak terbakar, harus terdapat kelebihan udara dalam silinder.

3. Turbocharger

Menurut Wiranto Arismunandar (2004 : 79) Kerugian pembuangan cukup besar, oleh karena itu perlu ada usaha untuk menguranginya. Salah satu

cara untuk mengurangi kerugian buangan adalah dengan memasang *turbocharger* pada saluran buang. Dalam hal ini gas buang dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin gas yang menggerakkan kompresor.

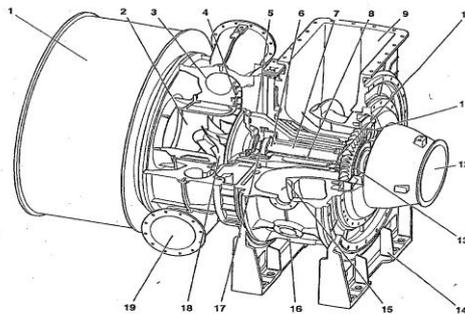
Kompresor tersebut memompa udara masuk kedalam silinder sehingga menaikkan tekanan dan jumlah udara yang dimasukkan kedalam silinder. Dengan demikian maka jumlah bahan bakar yang dimasukkan kedalam silinder dapat diperbanyak sehingga daya mesin dapat diperbesar. Dengan *turbocharger* tersebut, kira-kira 8 sampai 10% dari jumlah kalor pembakaran bahan bakar dapat diselamatkan.

Hukum Bernoulli menyatakan bahwa tekanan dari fluida yang bergerak seperti udara berkurang ketika fluida tersebut bergerak lebih cepat. Dalam hal ini hukum Bernoulli tersebut ada keterkaitannya dengan system kerja *turbocharger*, dimana ada sebuah turbin yang berputar semakin cepat maka udara masuk ke dalam ruang pembakaran akan berkurang.

4. Bagian-Bagian dari *Turbocharger*

1. Rumah kompresor (*Blower*)

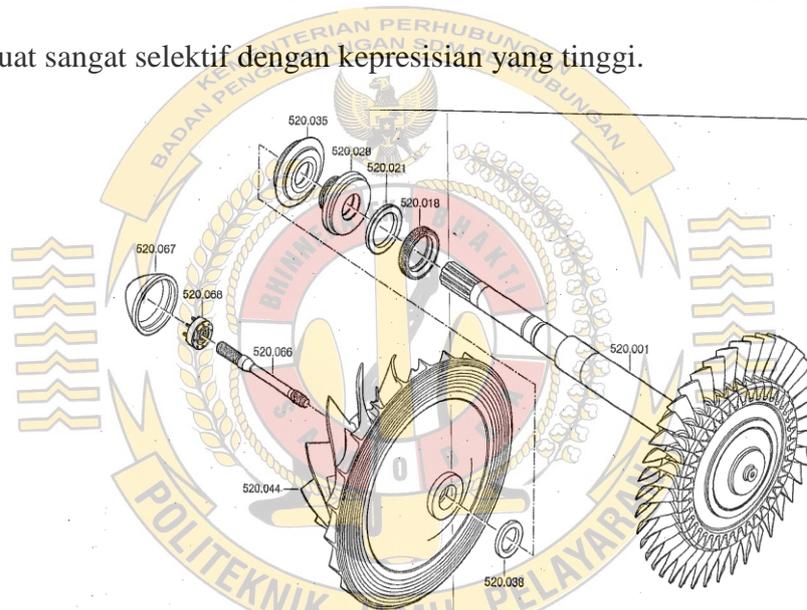
Rumah kompresor terbuat dari bahan aluminium bersambungan dengan bagian pusat inti (*centre core*) ditopang oleh jaminan baut dan cincin pelat.



Gambar 2.1 Rumah Kompresor
Sumber : *Instruction Manual Book Mitsui man B&W*

2. Pusat Inti (*Centre core*)

Pada bagian rumah pusat inti terdapat poros turbin dan turbin serta roda kompresor (*blower*), bantalan, ring, cincin pelat, *oil deflector*. Bagian-bagian yang berputar termasuk *turbin shaft*, *Compressor wheel*, *shaft bearing*, *thrust washer* dan *oil seal ring*. Komponen-komponen ini ditunjang oleh bagian *center housing*. Bagian-bagian yang berputar pada *turbocharger* dioperasikan pada kecepatan 12500 rpm dan temperature 550°C, sehingga materialnya dibuat sangat selektif dengan kepresisian yang tinggi.

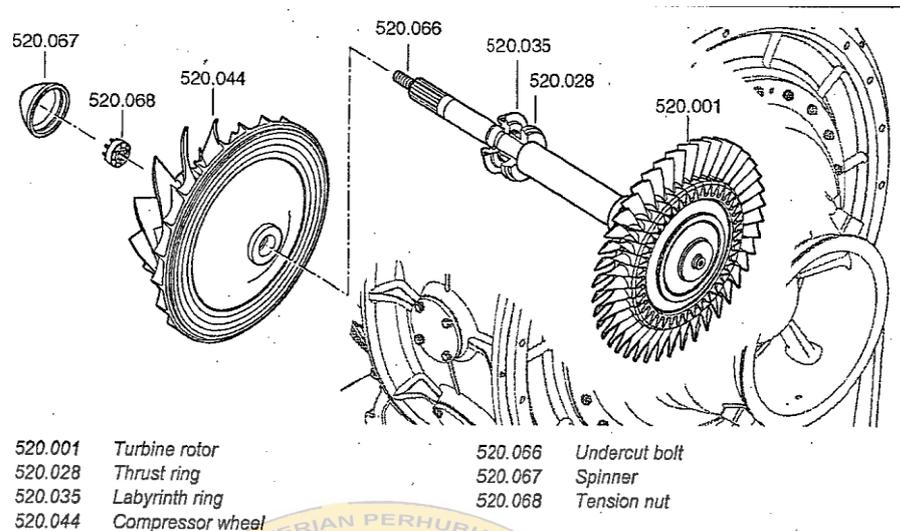


Gambar 2.2 Pusat Inti

Sumber : *Instruction Manual Book Mitsui man B&W*

3. Rumah Turbin

Terbuat dari bahan *cast steel* dan bersambungan dengan bagian rumah pusat inti atau *center core* dengan memakai cincin baja penjamin. Diantaranya sambungan rumah turbin dan manifold buang dipasang gasket yang terbuat dari bahan *stainless steel* untuk menjamin sambungan tersebut.



Gambar 2.3. Konstruksi bagian dari Turbocharger
Sumber : *Instruction Manual Book Misui man B&W*

5. Prinsip Kerja Turbocharger

Prinsip kerja turbocharger adalah : Proses langkah pembuangan didalam silinder mesin dilakukan oleh piston menyebabkan gas asap hasil pembakaran terdorong keluar, dari katup buang melalui manifold buang menekan ke suatu roda turbin sehingga menghasilkan tekanan hembusan, yang menyebabkan terjadinya pemadatan udara masuk dan tekanan diatas 1atm. Selanjutnya udara yang bertekanan disalurkan kemanifold masuk, kemudian masuk ke dalam silinder melalui katup masuk. Untuk itu mesin diesel dilengkapi dengan turbocharger, dengan tujuan untuk memperbesar tenaga mesin tanpa menambah terlalu banyak berat dan ukuran mesin.

6. Pembilasan

Menurut Endrodi (2004 : 5-6) Bahwa pada motor 2 tak pembilasan gas buang oleh udara tidak menghasilkan pembilasan yang maksimum dimana masih terdapatnya sisa-sisa gas pembakaran didalam ruang silinder akan

mengakibatkan tidak/kurang sempurnanya pembakaran bahan bakar sehingga pemakaian bahan bakar yang boros tiap Hp jam. Diantara beberapa sistem pembilasan dapat disimpulkan bahwa pembilasan memanjang / *uniflow scavenging* dapat dianggap yang terbaik dengan alasan :

1. Udara pembilasan bergerak 1x langkah torak sedangkan tipe yang lain 2x langkah torak
2. Udara pembilasan bergerak/mengalir dari bawah keatas sehingga pembilasan mencapai lebih dari 90% karena tidak adanya sudut-sudut mati.
3. Dengan diameter yang sama dan daya yang sama maka langkah torak dapat diperbesar sehingga rpm lebih kecil berarti slip baling-baling juga kecil, pemakaian bahan bakar lebih hemat.
4. Jarak lubang udara bilas terhadap lubang gas buang cukup jauh sehingga tidak terjadi ketegangan bahan pada silinder liner. Dengan kata lain silinder liner lebih awet.

B. Kerangka pikir penelitian

Agar penelitian dapat terarah dengan baik, maka daripada itu di bawah ini penulis gambarkan diagram alur pengaruh perawatan pada *turbocharger* yang menyebabkan pembakaran kurang sempurna, serta upaya-upaya yang dilakukan untuk mencegah maupun mengatasi faktor-faktor tersebut berikut ini adalah kerangka pemikiran yang diambil peneliti:



Gambar 2.17 kerangka pikir
Sumber : penulis, 2017

C. Definisi penelitian

1. Rumah kompresor (*Blower*)

Rumah kompresor terbuat dari bahan alumunium bersambungan dengan bagian pusat inti (*centre core*) ditopang oleh jaminan baut dan cincin pelat.

2. Pusat Inti (*Centre core*)

Pada bagian rumah pusat inti terdapat poros turbin dan turbin serta roda kompresor (*blower*), bantalan, ring, cincin pelat, *oil deflector*. Bagian-

bagian yang berputar termasuk *turbin shaft*, *Compressor wheel*, *shaft bearing*, *thrust*, *washer* dan *oil seal ring*. Komponen-komponen ini ditunjang oleh bagian *center housing*. Bagian-bagian yang berputar pada *turbocharger* dioperasikan pada kecepatan 12500 rpm dan *temperaur* 550°C, sehingga materialnya dibuat sangat selektif dengan kepresisian yang tinggi.

3. Rumah turbin

Terbuat dari bahan *cast steel* dan bersambungan dengan bagian rumah pusat inti atau *center core* dengan memakai cincin baja penjamin. Diantaranya sambungan rumah turbin dan manifold buang dipasang gasket yang terbuat dari bahan *stainless steel* untuk menjamin sambungan tersebut.

Bagian-bagian *turbo charger* yang di *check list* Adapun bagian-bagian *turbo charge* yang di *check list* yaitu dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.5 bagian *turbocharger* yang di checklist

| No. | Bagian-Bagian yang harus di <i>check- list</i> |
|-----|--|
| 1 | <i>Output</i> dan kecepatan mesin diesel |
| 2 | Suhu air pendingin yang masuk |
| 3 | Kecepatan <i>turbo charge</i> |
| 4 | Emisi gas buang temperature sebelum turbin |
| 5 | Emisi gas buang temperature setelah turbin |
| 6 | Tekanan setelah dan sebelum turbin |
| 7 | Kondisi saringan udara |
| 8 | Kondisi minyak lumas |
| 9 | Suhu udara setelah kompresor |
| 10 | Suhu air <i>cooling</i> memasuki turbin casing |
| 11 | Suhu air <i>cooling</i> meninggalkan turbin casing |

| | |
|----|--|
| 12 | Kuantitas, merek dan kualitas minyak pelumas |
| 13 | Level dari minyak lumas sesuai dengan maximal dan minimum yang telah ditentukan. |

Perawatan *turbocharger*

Hal yang penting setelah pengoperasian adalah perawatan. *Turbocharger* memiliki perawatan sendiri yaitu perawatan periodik antara lain :

- a. Pengecekan minyak lumas yang dipergunakan harus sesuai untuk bantalan dan harus diganti selama waktu tertentu yaitu 120 jam.
- b. Setelah 100 jam operasi *check* baut dan mur yang kendur
- c. Setelah 250 jam pembersihan *filter*
- d. Setelah 500 jam operasi bersihkan kompresor *turbocharger*, atau setiap terjadi penurunan tekanan 10 % pada beban yang sama, contoh tekanan yang dihasilkan *turbocharger* $0,80 \text{ kg/cm}^2$ pada beban yang sama terjadi penurunan menjadi $0,72 \text{ kg/cm}^2$ maka waktunya untuk pembersihan kompresor.