

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan pustaka

1. Pengertian Umum Turbin Uap

Wiranto Aris Munandar (2004: 44) turbin adalah mesin penggerak, dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar sudu turbin. Jadi, berbeda dengan yang terjadi pada mesin torak, pada turbin tidak terdapat bagian mesin yang bergerak translasi. Bagian turbin yang berputar dinamakan rotor atau sudu turbin, sedangkan bagian yang tidak bergerak dinamakan stator atau rumah turbin. Sudu turbin terletak di dalam rumah turbin dan sudu turbin memutar poros daya yang menggerakkan atau memutar bebannya (baling-baling, generator listrik, pompa, kompresor, atau mesin lainnya).

Turbin uap merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin, langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi, dihubungkan dengan mekanisme yang akan digerakkan. Tergantung pada jenis mekanisme yang digunakan, turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang seperti pada bidang industri, untuk pembangkit tenaga listrik dan transportasi. Pada proses perubahan energi potensial menjadi energi mekanisnya yaitu dalam bentuk putaran poros dilakukan dengan berbagai. Turbin uap modern pertama kali dikembangkan oleh Sir Charles Parsons pada tahun 1884. Pada perkembangannya, turbin uap ini mampu menggantikan peranan dari kerja mesin uap torak. Hal ini disebabkan karena turbin uap memiliki kelebihan berupa efisiensi termal yang besar dan perbandingan berat

dengan daya yang dihasilkan yang cukup tinggi. Pada prosesnya turbin uap menghasilkan gerakan rotasi, sehingga hal ini sangat cocok digunakan untuk menggerakkan generator listrik. Pada saat ini sudah hampir 80% pembangkit listrik diseluruh dunia telah menggunakan turbin uap.

Ferdinand G. Marcos (1933: 38) turbin uap adalah suatu pesawat yang digunakan merubah energi uap menjadi energi mekanis, atau dengan kata lain : “turbin uap adalah sebuah pesawat dimana energi potensial yang diubah menjadi energi kinetis dan selanjutnya energi itu dirubah menjadi usaha mekanik”. Turbin yang mana energi potensial uap dirubah kedalam kerja seluruhnya dalam dua tahap secara jelas :

- Energi yang tersedia dirubah kedalam energi kecepatan (energi kinetik) oleh ekspansi uap di dalam nosel atau jalan yang tepat, yang mana uap timbul pada kecepatan tinggi.
- Energi kinetik ini dirubah kedalam energi mekanik atau kerja keseluruhan, secara langsung semburan uap mendorong sudu-sudu yang terpasang pada rotor yang bisa berputar, atau dengan reaksi dari semburan itu sendiri dalam perjalanan ekspansi jika perjalanan berputar.

Menurut Agus Hendro Waskito MM (2003: 29) turbin uap pada dasarnya dalam proses kerjanya sama halnya dengan kincir angin maupun kincir air. Dimana pada kincir angin sebagai sumber tenaga adalah kecepatan angin, dan untuk kincir air adalah kecepatan air. Sedang kalau kita pelajari turbin uap, sebagai sumber tenaganya adalah panas yang di kandung oleh uap. Dasar bekerjanya turbin adalah merubah tenaga panas yang dikandung oleh uap tadi menjadi tenaga mekanis. Perubahan tenaga tersebut dimungkinkan karena dalam sistem turbin uap, terdapat komponen-komponen sebagai berikut : pipa-pipa pancar atau tabung pancar untuk turbin aksi, sudu-sudu

pancar untuk turbin reaksi yang berfungsi merubah tenaga panas uap menjadi tenaga kecepatan uap. Selanjutnya tenaga kecepatan uap yang telah dihasilkan masuk diantara sela sudu-sudu jalan dan dirubah langsung menjadi tenaga mekanis yang memutar poros turbin. Itu berarti sudu-sudu jalan mempunyai fungsi merubah tenaga kecepatan menjadi tenaga mekanis di poros tersebut digunakan sesuai dengan keperluan.

Jenis-jenis turbin uap menurut cara kerja dan bentuk dari susunan rangkaian sudu jalan turbin dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu turbin aksi dan turbin reaksi. Di kapal taruna praktek berlayar turbin yang ada adalah turbin aksi (Turbin *Curtis*).

Gambar dan rumus dapat dilihat pada lampiran.

Yang dimaksud dengan turbin *curtis* yang ada di kapal adalah turbin *curtis* dengan 1 (satu) tingkat tekanan dan 2 (dua) tingkat kecepatan, berarti jumlah pipa pancar 1 (satu) buah dan 2 (dua) rangkaian sudu jalan, serta 1 (satu) rangkaian sudu balik.

Bagian-bagian utama dari turbin *curtis*:

- a. Pipa pancar (*Nozzle*) sebagai pengarah aliran uap ke sudu jalan.
- b. Sudu jalan (*Moving blade*).
- c. Sudu balik (*Fix blade*).
- d. Poros turbin (*Rotor*).
- e. Rumah turbin (*Turbin casing*).

Rumus daya turbin *curtis* 2 tingkat kecepatan:

$$\text{Daya Theorititis,} \quad P_{o.tot} = G_u \times H_o$$

Perbandingan tenaga, $3 : 1$

Jumlah perbandingan daya = $3 + 1 = 4$

$$P_{o.I} = \frac{3}{4} P_{o.tot} \dots \text{dan} \dots P_{o.II} = \frac{1}{4} P_{o.tot}$$

2. Instalasi Turbin Uap

Agus Hendro Waskito (2003: 53) instalasi turbin uap sederhana terdiri dari beberapa komponen pokok yaitu ketel uap yang menggerakkan poros (pembangkit tenaga mekanik), kondensor dan pompa pengisian ketel untuk memasukkan air kondensat ke dalam ketel. Maka jelas bahwa turbin hanyalah merupakan salah satu bagian dari suatu sistem pesawat tenaga.

Ferdinand G. Marcos (1933: 58) didalam ketel uap itu dibentuk uap dari tekanan tertentu. Uap ini berjalan ke mesin, tapi dalam perjalanannya kesana, pada instalasi turbin kebanyakan masih melalui sebuah pemanas lanjut. Alat ini, yang langsung dipasang dalam ketel uap dan tidak tersusun terpisah (tersendiri) seperti tertulis dalam skema diatas. Gunanya ialah untuk memberikan kepada uap ketel suhu yang lebih tinggi daripada suhu di dalam ketel. Oleh karena pemanas lanjut berhubungan secara terbuka dengan ruang uap ketel, maka tegangan uap di dalam pemanas lanjut tidak berubah, sesudah itu uap menuju ke mesin yang sebenarnya dan melaksanakan kerja disitu, pada saat mana tegangan dan suhu menurun secara hebat / kuat. Uap yang telah dipergunakan (uap bekas) mesin itu kemudian menuju ke kondensor dan disini di kondensasikan menjadi air, dan air ini akhirnya dengan sebuah pompa dialirkan ke dalam ketel dan dengan itu telah dilaksanakan satu peredaran yang lengkap.

3. Kondensor (*Condenser*)

Kondensor dipasang pada turbin uap dengan maksud untuk mengurangi *back pressure* (tekanan balik) terhadap mesin yang bekerja, sehingga memberikan efisiensi yang lebih besar. Pembangkit uap selalu dilengkapi dengan kondensor dimana uap gas buang dan air pendingin cukup disimpan terpisah. Ketika uap terkondensasi membentuk partikel air murni digunakan sebagai air pengisi *boiler* (W.J Fox and S.C Mc Brine, 1970).

Kondensor adalah sebuah pesawat yang berfungsi untuk merubah uap bekas menjadi air kondensat dengan cara kondensasi melalui

proses pendinginan, untuk dijadikan air pengisi ketel kembali. Pada sistem tenaga uap, fungsi utama kondensor adalah untuk mengembalikan uap bekas dari turbin ke fase cairnya agar dapat di pompakan kembali dan di gunakan oleh *boiler*. Selain itu, kondensor juga berfungsi untuk menciptakan *back pressure* yang rendah (*vacuum*) pada *exhaust* turbin. Dengan *back pressure* yang rendah, maka efisiensi dan kerja turbin akan meningkat. Apabila terjadi tekanan balik yang tinggi pada turbin uap akan menyebabkan masalah pada turbin uap tersebut. Putaran turbin akan *slowdown*.

Hal utama yang penting adalah uap mengkondensasi pada suhu saturasinya dan untuk melengkapi kondensasinya ini hanya diperlukan pada energi panas untuk diambil oleh air sirkulasi. Jika ada panas yang diambil, suhu kondensat jatuh ke bawah bersama uap bekas, dan panas yang diambil merupakan sebuah kerugian. Kedua, kondensor tidak hanya mengkondensasi uap bekas, tetapi juga menjaga vakum di dalam sistem pembuangan, antara lain udara dan gas yang tidak dapat dikondensasikan harus secara terus-menerus diambil oleh kondensor dan kemudian diteruskan oleh pompa udara. Cara pentingnya pengambilan udara dari dalam kondensor adalah tanggung jawab untuk proses pendinginan kondensat.

Prinsip kerja kondensor:

Jika dua ruangan dengan suhu yang berlainan, seperti turbin dan kondensor dihubungkan bersama dan didalamnya terdapat uap dalam keadaan jenuh, maka keadaan di dalam ruangan ini akan saling

menyesuaikan dengan tekanan, sesuai dengan suhu terendah.

Di dalam kondensor berlaku hukum Dalton (karena di dalam kondensor ada uap dan udara).

- a. Tekanan dari campuran gas dan uap adalah dengan cara jumlah masing-masing tekanan jika menempati ruangan tersebut secara sendirian.
- b. Tekanan dari uap jenuh untuk menempati ruangan tersebut tergantung pada suhu di dalam ruangan itu dan tidak ada pengaruhnya, apakah di dalam ruangan itu ada gas-gas lain.

Tujuan kondensasi yaitu pengurangan *enthalpy* sewaktu uap memuai diantara tekanan rendah jauh lebih besar daripada sewaktu uap memuai diantara tekanan-tekanan tinggi. Dengan jalan pelaksanaan kondensasi, maka pemakaian uap di dalam turbin dapat dilanjutkan sampai kering, lebih $0,05 \text{ kg/cm}^2$.

Keuntungan lain dari kondensasi adalah:

- a. Proses kondensasi uap membuat partikel air murni.
- b. Air kondensasi dapat dipergunakan untuk air pengisian ketel.

Secara umum terdapat 2 jenis kondensor, yaitu:

a. *Surface Condenser*

Prinsip kerja *surface condenser* uap masuk ke dalam *shell condenser* melalui *steam inlet connection* pada bagian atas kondensor. Uap kemudian bersinggungan dengan pipa kondensor yang bersuhu rendah sehingga suhu uap turun dan

terkondensasi, menghasilkan kondensat yang terkumpul pada *hotwell*. Suhu rendah pada pipa dijaga dengan cara mensirkulasikan air yang menyerap kalor dari uap pada proses kondensasi. Kalor yang dimaksud disini disebut kalor laten penguapan dan terkadang disebut juga kalor kondensasi (*heat of condensation*) dalam lingkup bahasan kondensor. Dan pendinginan yang di gunakan adalah pendinginan langsung yang menggunakan air laut.

Air kondensat yang terkumpul kemudian dipompa dengan pompa kondensat untuk pengisi ketel. Ketika meninggalkan kondensor hampir keseluruhan uap telah terkondensasi kecuali bagian yang jenuh dari udara yang ada di dalam sistem. Udara yang ada di dalam sistem secara umum timbul akibat adanya kebocoran pada pipa-pipa dan *Labyrinth packing*. Untuk menghilangkan udara yang teralarut dalam kondensat akibat adanya udara di kondensor dilakukan dengan *de-aeration*. *De-aeration* dilakukan dengan cara memanaskan air kondensat dengan uap agar udara yang terlarut tersebut menguap.

1) *Surface Horizontal Condenser*

Air pendingin masuk kondensor melalui bagian bawah kondensor (*inlet condenser*), kemudian masuk ke dalam pipa-pipa pendingin dan keluar pada bagian atas kondensor (*outlet condenser*). Sedangkan arus panas masuk lewat

bagian tengah kondensor dan keluar sebagai air kondensat pada bagian bawah kondensor.

2) *Surface Vertical Condenser*

Air pendingin masuk kondensor melalui bagian bawah kondensor, kemudian masuk ke dalam pipa-pipa pendingin dan keluar pada bagian atas. Sedangkan arus panas masuk lewat bagian atas kondensor dan keluar sebagai air kondensat pada bagian bawah kondensor. Karena posisinya yang vertikal maka jenis ini lebih mudah dalam pemasangannya.

b. *Direct Contact Condenser*

Direct contact condenser mengkondensasikan uap dengan mempertemukannya langsung dengan air pendingin. Gambar *direct contact condenser* dapat dilihat pada gambar II.5 (lampiran 3). Didalam gambar dijelaskan sistem pendinginan pada *condenser* dilakukan secara langsung menggunakan media pendingin (air laut) sehingga diperoleh konstruksi yang sederhana dan ekonomis, dan hal tersebut yang menjadi kelebihan dari jenis *direct contact condenser*.

Pada *spray condenser*, pencampuran uap dengan air pendingin dilakukan dengan jalan menyemprotkan air ke uap. Sehingga *steam* yang keluar dari *exhaust turbine* pada bagian bawah bercampur dengan air pendingin, pada bagian tengah menghasilkan air kondensat yang mendekati fase saturasi.

Sebagian dari air kondensat dikembalikan ke *boiler* sebagai *feedwater*.

Apabila penentuan vakum dilakukan setiap hari pada waktu vakum di perlukan, maka dipergunakan grafik-grafik atau alat bantu yang lain untuk menentukan tekanan atau vakum tersebut. Adanya faktor-faktor yang mempengaruhi vakum antara lain:

- 1) Jumlah air pendingin
- 2) Temperatur air pendingin
- 3) Luas bidang pendingin
- 4) Kebocoran udara

4. **Komponen Turbin Uap**

1. Sudu Jalan

Sudu jalan adalah bagian-bagian utama turbin yang bergerak, sudu jalan berhubungan dengan roda jalan untuk memutar poros turbin.

2. Governor

Governor adalah suatu alat untuk mengatur atau menjaga kestabilan banyak sedikitnya *steam* yang masuk kedalam turbin, agar putaran yang dihasilkan tidak *hunting* dan tetap stabil.

3. *Overspeed Protection Control*

Overspeed protection control adalah suatu alat pengaman turbin saat putarannya melebihi batas putaran yang telah ditentukan, sistem pengaman ini turbin akan trip bila putaran turbin naik

melebihi batas normal putaran turbin yang telah ditetapkan.

4. *Cassing*

Cassing adalah penutup semua bagian-bagian utama turbin uap.

5. Rotor

Rotor adalah bagian turbin yang berputar terdiri dari poros dan sudu-sudu turbin.

6. *Journal Bearing*

Journal bearing adalah *turbine part* yang berfungsi untuk menahan gaya radial atau gaya tegak lurus rotor

7. *Thrust Bearing*

Thrust bearing adalah *turbine part* yang berfungsi untuk menahan atau untuk menerima gaya aksial atau gaya sejajar terhadap poros yang merupakan gerakan maju mundurnya poros rotor.

8. *Main Oil Pump*

Main oil pump adalah suatu alat yang berfungsi untuk memompakan oli dari tangki dan disalurkan pada bagian-bagian yang berputar pada turbin.

Dimana fungsi dari *Lube Oil* adalah:

- a. Sebagai pelumas pada bagian-bagian yang berputar, agar tidak aus. Hal ini juga berpengaruh pada keawetan konstruksi turbin uap yang secara langsung bergesekan
- b. Sebagai pendingin (*Oil Cooler*) yang telah panas dan masuk ke bagian turbin dan akan menekan atau

mendorong keluar secara *sirkuler*.

- c. Sebagai pelapis (*Oil Film*) pada bagian turbin yang bergerak secara rotasi.
- d. Sebagai pembersih (*Oil Cleaner*) dimana oli yang telah kotor sebagai akibat dari benda-benda yang berputar dari turbin akan terdorong keluar secara *sirkuler* oleh oli yang masuk.

9. *Labyrinth Packing*

Labyrinth packing adalah sebagai penyekat untuk menahan kebocoran, baik kebocoran uap maupun kebocoran oli yang berbentuk sirip atau berkelak-kelok pada turbin.

Gambar *Labyrinth packing* dapat dilihat dilampiran.

10. *Control Valve*

Control Valve adalah merupakan katup yang berfungsi untuk mengatur *steam* yang masuk kedalam turbin sesuai dengan jumlah *steam* yang diperlukan.

11. *Stop Valve*

Stop valve adalah merupakan katup yang berfungsi untuk menyalurkan atau menghentikan aliran *steam* yang menuju turbin.

12. *Balance Piston*

Balance piston pada turbin uap berfungsi untuk mengkompensasikan timbulnya gaya aksial akibat aliran dari uap air dengan jumlah gaya 50%.

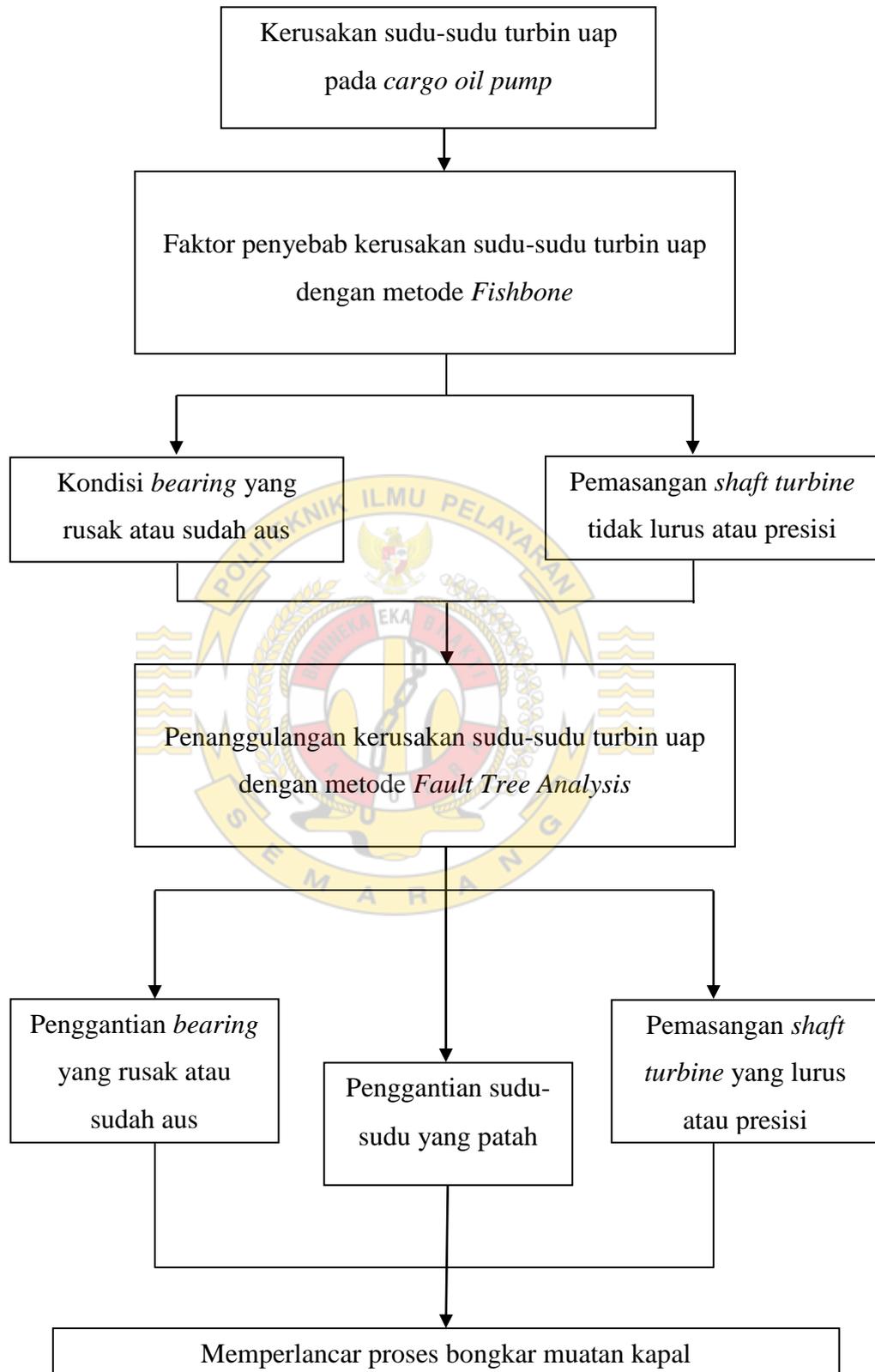
Balance piston ini banyak meringankan kerja dari thrust bearing.

13. *Turning Device*

Turning device adalah *mekanisme* yang berfungsi untuk memutar rotor dari turbin pada saat *start* awal atau setelah *shut down*, guna mencegah terjadinya *distorcing* atau *bending* akibat proses pemanasan atau pendinginan yang tidak seragam pada rotor.

B. Kerangka pikir penelitian

Pada kerangka pikir penelitian ini akan dijelaskan hasil penahapan pemikiran secara kronologis dalam data nilai pokok permasalahan penelitian yang penulis buat berdasarkan teori-teori dari buku referensi dan pengalaman saat praktek di MT. Galunggung tempat taruna melaksanakan praktek. Di kapal tersebut terdapat instalasi turbin uap, dimana disana terdapat *turbine* yang fungsinya sebagai mesin penggerak *cargo oil pump*. *Turbine* uap tersebut ada kalanya mengalami gangguan dalam pengoperasiannya. Dari berbagai macam gangguan pada *turbine*, maka penulis akan memaparkan apa penyebab kerusakan sudu-sudu turbin uap pada *cargo oil pump* yang akan dibahas oleh penulis. Kerangka pemikiran disusun dalam upaya memudahkan pembahasan penelitian tentang terjadinya penyebab Kerusakan Sudu-sudu Turbin Uap pada *Cargo Oil Pump* Di Kapal MT. Galunggung. Untuk keperluan penelitian, dibawah ini digambarkan kerangka pikir tentang penyebab kerusakan sudu-sudu turbin uap pada *cargo oil pump* sebagai berikut :



Gambar 2.1 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan kerangka pikir di atas, dapat dijelaskan bermula dari topik yang akan dibahas yaitu identifikasi penyebab Kerusakan Sudu-sudu Turbin Uap pada *Cargo Oil Pump* Di Kapal MT. Galunggung. Yang akan menghasilkan faktor-faktor penyebab dari kejadian tersebut. Dari faktor-faktor tersebut yaitu yang menyebabkan terjadi kerusakan sudu-sudu turbin uap pada *cargo oil pump* adalah kondisi *bearing* yang rusak atau sudah aus dan pada saat pemasangan *shaft turbine* tidak lurus atau tidak presisi, setelah mengetahui faktor-faktor tersebut peneliti menentukan bagaimana upaya penanggulangan yang dilakukan agar sudu-sudu turbin uap selalu dalam keadaan yang baik. Dari upaya penanggulangan tersebut, maka turbin uap akan memperlancar proses bongkar muatan kapal.

C. Definisi Operasional

Definisi operasional merupakan definisi praktis tentang variabel atau istilah lain yang dianggap penting dan sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari di kapal dalam penelitian ini. Definisi operasional yang sering dijumpai pada *turbine* uap saat penulis melakukan penelitian pada saat di kapal antara lain:

1. Turbin Uap

Turbin uap merupakan suatu penggerak awal yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin.

2. Sudu Jalan

Sudu jalan adalah bagian-bagian utama turbin yang bergerak, sudu jalan berhubungan dengan roda jalan untuk memutar poros turbin.

3. Kondensor

Kondensor adalah sebuah pesawat yang berfungsi untuk merubah uap bekas menjadi air kondensat dengan cara kondensasi melalui proses pendinginan, untuk dijadikan air pengisi ketel uap kembali dan untuk menciptakan *back pressure* yang rendah (*vacuum*) pada *exhaust* turbin.

4. *Overspeed Protection Control*

Overspeed protection control adalah suatu alat pengaman turbin saat putarannya melebihi batas putaran yang telah ditentukan, sistem pengaman ini turbin akan trip bila putaran turbin naik melebihi batas normal putaran turbin yang telah ditetapkan.

5. *Overhaul*

Overhaul adalah sebuah kegiatan yang dilakukan untuk membongkar, membersihkan, memperbaiki, dan mengganti bagian yang rusak.

6. *Steam*

Steam adalah bahasa teknis dari uap air, yaitu *fase* gas dari air yang terbentuk ketika air dipanaskan sampai melebihi titik didihnya air tersebut.

7. Governor

Governor adalah suatu alat untuk mengatur atau menjaga kestabilan banyak sedikitnya *steam* yang masuk kedalam turbin, agar putaran yang dihasilkan tidak *hunting* dan tetap stabil.

8. *Ball bearing*

Ball bearing adalah suatu bantalan yang menopang sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan atau mengurangi dari gesekan secara langsung, *bearing* ini berbentuk bulat seperti bola.

9. *Preventive Maintenance*

Preventive maintenance yaitu sebuah upaya pelaksanaan perawatan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya masalah atau kerusakan yang lebih parah. Atau ini biasa disebut perawatan rutin, karena lebih baik merawat dari pada harus menunggu rusak.