

Victor Wiku W.B M.Mar.E.,S.Pd.



PERAWATAN PERMESINAN KAPAL

EDISI 1



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena anugerahNya, penulis diberikan kesehatan dan kekuatan untuk menulis dan menyusun buku perdana ini. Dunia pendidikan saat ini berkembang pesat, hal ini terbukti dengan banyaknya informasi media sosial dan media cetak mengenai kepesatan dan kemajuan yang luar biasa dibidang permesinan kapal, saat ini beberapa perusahaan di Indonesia, sudah memproduksi kapal ciptaan anak bangsa, bahkan sudah dibeli oleh Negara lain, contoh seperti Negara Senegal memesan 10 kapal perang yang diproduksi oleh PT.PAL Surabaya.

Saat ini perusahaan pelayaran juga masih mempersiapkan kapal – kapal baru yang nantinya akan menggunakan mesin penggerak gas maupun mesin penggerak listrik, untuk persiapan kedepan sehingga lebih ramah lingkungan dan mengurangi pencemaran udara, hal ini masuk dalam ketentuan aturan INTERNASIONAL MARPOL (Marine Pollution) di dalam ANNEX VI : tentang pencegahan polusi udara akibat gas buang mesin kapal.

Penulis sangat antusias ketika mendapatkan informasi mengenai kemajuan dunia permesinan kapal, hal ini juga terbukti dengan adanya informasi dari anak didik yang telah menyelesaikan masa praktek laut di kapal selama satu tahun, contohnya praktek laut di kapal buatan Vard Langsten (Norway) yang berpenggerak diesel electric, ditemukan bahwa kapal tersebut menggunakan energi mekanik dari putaran mesin diesel diubah menjadi energi listrik sehingga kapal tersebut lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan kapal yang menggunakan tenaga penggerak mesin diesel.

Penulis juga ingin mendukung dunia pendidikan, diawali dengan membuat sebuah buku dengan judul “ Perawatan Permesinan Kapal Edisi 1”, dan diharapkan kedepan buku ini akan dapat membantu anak didik dalam mendalami perawatan permesinan kapal. Terima kasih kepada semua pihak dan tim penyusun yang telah membantu untuk menyelesaikan karya buku ini,

“Do Something Today that you are future self will thank you for “

“Lakukan sesuatu hari ini yang mana kita akan berterima kasih padanya kedepan nanti”.

Penyusun

Victor Wiku W.B M.Mar.E.,S.Pd.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	1
DAFTAR ISI.....	2
BAB I TURBOCHARGER	
1.1. Pengertian Turbocharger	4
1.2. Keuntungan dan Kelebihan Turbocharger	5
1.3. Jenis-Jenis Turbocharger	6
1.4. Komponen dan Kelengkapan Turbocharger.....	7
1.5. Prinsip kerja Turbocharger	10
1.6. Perawatan Turbocharger.....	11
1.7. Kerusakan yang terjadi pada Turbocharger.....	12
1.8. Hal-hal yang perlu diperhatikan	14
1.9. Pemeriksaan Turbocharger	16
BAB II BOILER	
2.1. Fungsi Boiler	17
2.2. Jenis-jenis Boiler berdasarkan tipe pipa	19
2.3 Prinsip kerja Boiler.....	21
2.4 Sistem Boiler	22
2.5 Klasifikasi Boiler.....	22
2.6 Cara pengoprasian Boiler	25
2.7 Perawatan air Boiler	27
BAB III SHAFTING SYSTEM KAPAL	
3.1. Pengenalan Shafting	28
3.2. Pengenalan Motor Penggerak Kapal	30
3.3. Pengenalan Propulsors	32

BAB IV EVAPORATOR

4.1.	Pengertian Evaporator	37
4.2.	Bagian-Bagian Evaporator dan Cara Kerja	37
4.3	Cara Kerja Evaporator	38
4.4	Cara Perawatan Evaporator	40
4.5	Masalah-Masalah Pada Evaporator	41

BAB V REFRIGERATOR

5.1	Pengertian Mesin Pendingin Refrigerator	44
5.2	Macam-Macam Kegunaan Mesin Pendingin	44
5.3	Komponen Pada Refrigerator	47
5.4	Persyaratan Refrigerant Untuk Unit Refrigerant	51
5.5	Tujuan Perawatan Mesin Pendingin	51

BAB VI SISTEM BAHAN BAKAR MOTOR DIESEL

6.1	Pengertian Motor Bakar	52
6.2	Motor 4 Langkah	52
6.3	Motor 2 Langkah	54
6.4	Pengertian Sistem Bahan Bakar	55
6.5	Fungsi Sistem Bahan Bakar	56
6.6	Metode Pengabutan Bahan Bakar	56
6.7	Komponen Sistem Bahan Bakar	59
6.8	Pompa Pemindah Bahan Bakar	59
6.9	Cara Kerja Pompa Penekan Bahan Bakar	62

BAB VII PERMESINAN DECK

7.1	Permesinan Geladak (Deck Machinery)	77
7.2	Conclusion	83

DAFTAR PUSTAKA	84
-----------------------------	----

CURICULUM VITAE	85
------------------------------	----

BAB 1

TURBOCHARGER

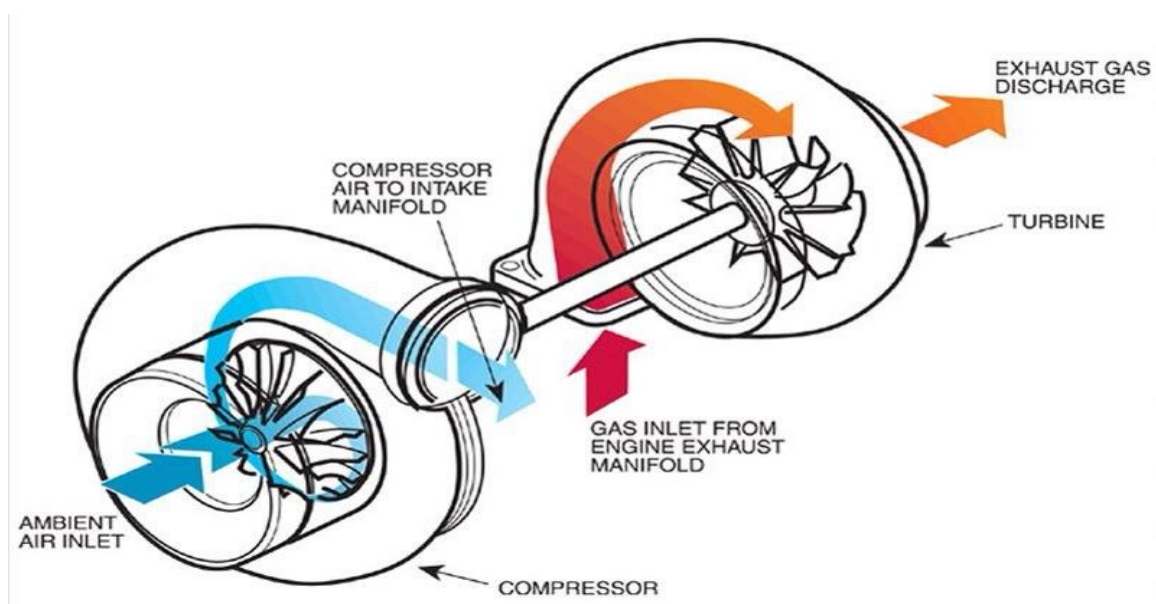
1.1 PENGERTIAN *TURBOCHARGER*

TurboCharger merupakan sebuah peralatan, untuk menambah jumlah udara yang masuk kedalam silinder dengan memanfaatkan energi gas buang. *TurboCharger* merupakan peralatan untuk mengubah sistem pemasukan secara alami dengan sistem paksa. Kalau sebelumnya pemasukan udara mengandalkan kevakuman yang dibentuk karena adanya gesekan *piston* pada langkah isap, maka dengan *TurboCharger* udara ditekan masuk kedalam silinder menggunakan kompresor yang diputar oleh turbin gas buang .

Untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna, maka diperlukan tambahan udara yang dialirkan kedalam ruang silinder mesin pada sejumlah aliran bahan bakar tertentu. Bila kepekatan udara bertambah sebelum ditambahkan kedalam silinder , seluruh bahan bakar terbakar dan daya mesin bertambah.

Untuk itu mesin diesel yang dilengkapi dengan *TurboCharger* bertujuan untuk memadatkan udara masuk kedalam silinder mesin. Sehingga daya mesin lebih besar dibanding mesin dengan dimensi yang sama.

Kompresor yang digunakan dalam motor pembakaran dalam untuk meningkatkan keluaran tenaga mesin dengan meningkatkan massa oksigen yang memasuki motor. Kunci keuntungan dari *TurboCharger* adalah sebuah peningkatan tenaga mesin



Gambar 1.1 *Turbocharger*

1.2 KEUNTUNGAN DAN KELEBIHAN *TURBO CHARGER*

1. Keuntungan *Turbo Charger* :

Beberapa keuntungan dalam pemasangan *TurboCharger* pada mesin penggerak utama diantaranya yaitu:

a. Lebih Responsif

Dalam penerapan standar, adalah hal yang realistis untuk melipat gandakan tenaga dari suatu mesin melalui *TurboCharger*. *Turbocharger* juga berperan mencegah hilangnya tenaga pada daerah dataran tinggi, dan memberikan keuntungan yang signifikan pada mesin-mesin diesel telah ber-*Turbocharger*

b. Lebih Ekonomis

TurboCharger lebih ekonomis karena energi yang digunakan adalah energi yang sudah terkonsumsi atau daur ulang energi yang dihasilkan oleh mesin itu sendiri, memanfaatkannya untuk menjadikan tenaga mesin tersebut menjadi lebih besar dengan menciptakan friksi. Sebagai dampaknya, mesin dengan *turbocharger* menjadikan penggunaan bahan bakar lebih hemat

c. Lebih Ramah lingkungan

Karena *TurboCharger* mengirimkan lebih banyak udara ke mesin, pembakaran bahan bakar berlangsung lebih mudah, dan lebih bersih. Mesin Diesel modern dengan *turbocharger* menghasilkan Emisi NO_x dan CO₂ yg lebih rendah 50%.

d. Menghasilkan daya yang lebih besar

TurboCharger memberikan torsi yg lebih besar, sehingga performa mesin menjadi lebih berdaya kuat.

2. Kekurangan *Turbocharger*

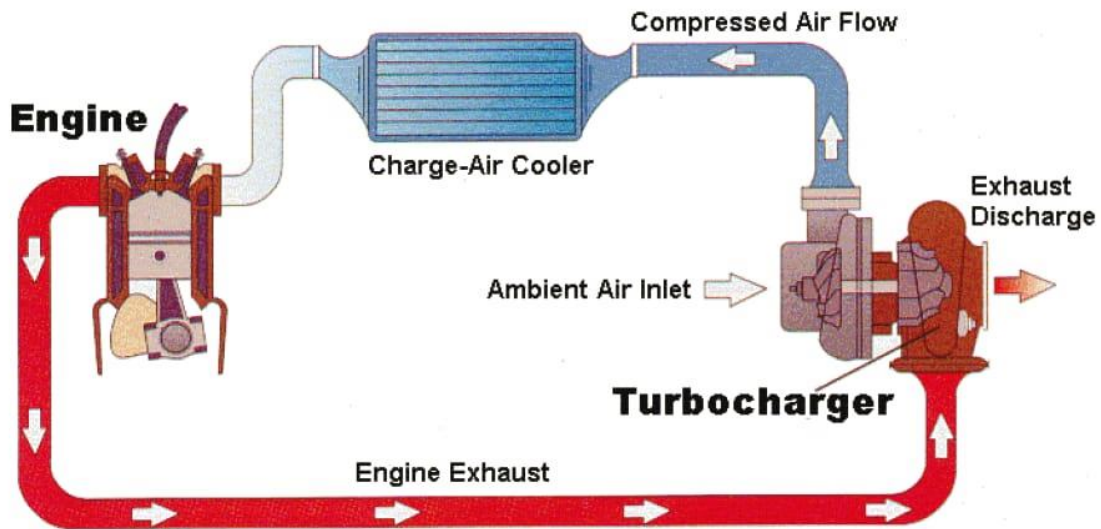
Beberapa kekurangan dalam pemasangan *TurboCharger* pada mesin penggerak utama diantaranya yaitu:

a. Membutuhkan perawatan ekstra terutama pelumasan

TurboCharger lebih membutuhkan perawatan ekstra dalam pelumasan untuk kelancaran putaran poros dan karena putaran yang sangat tinggi dapat menghasilkan panas yang berlebih bahkan tidak terkontrol, hal tersebut dapat mengakibatkan keausan terhadap *bearing* dan bagian bagian penting yang lain dari *TurboCharger*.

b. Suara lebih berisik

Pemasangan *Turbocharger* membuat, kamar, mesin, lebih, bising, karena *turbocharge* mengeluarkan suara berdenging yang dihasilkan dari putaran turbin pada *Turbocharger* yang tinggi.



Gambar 1.2 Turbocharger system

1.3 JENIS-JENIS TURBO CHARGER

Jenis-Jenis *TurboCharger* dibedakan dari konstruksi sudu-sudu turbin dibedakan menjadi dua yaitu :

1. *Fixed Geometry TurboCharger*

Fixed Geometry Turbo Charger adalah *Turbo Charger* dengan sudu-sudu turbin yang tetap sehingga tekanan yang dihasilkan dari *fixed geometry Turbo Charger* cukup besar dan penggunaan bahan bakar pada mesin diesel yang menggunakan *Fixed Geometry Turbocharger* lebih boros.

2. *Variable Geometry Turbo Charger*

Variable Geometry TurboCharger adalah *TurboCharger* yang dengan sudu-sudu turbin yang berubah-ubah, sehingga tekanan yang dihasilkan dari *fixed geometry Turbo Charger* cukup kecil dan penggunaan bahan bakar pada mesin diesel yang menggunakan *variable Geometry TurboCharger* lebih irit.

1.4 KOMPONEN DAN KELENGKAPAN DARI *TURBO CHARGER*

1. Turbin..

Turbin sebuah komponen mekanik yang berfungsi untuk mengkonversikan energi panas fluida yang melewatinya menjadi energi mekanis putaran poros turbin. Setiap turbin selalu melibatkan fluida yang mengandung energi panas yang mengalir melewati sudu-sudu turbin. Disaat fluida melewatinya, fluida akan terekspansi diikuti dengan perubahan energi panas menjadi mekanis. Fluida yang dikonversikan energi panasnya menjadi tenaga putaran poros pada sistem *turbocharger* tentu saja adalah udara gas buang dari hasil pembakaran motor bakar. Gas buang ini masih menyimpan cadangan energi berbentuk panas dan tekanan yang masih cukup bermanfaat.

2. Kompresor

Kompresor pada *TurboCharger*, berfungsi untuk mengubah energi mekanis putaran poros *TurboCharger* menjadi energi kinetik aliran udara. Kompresor berada pada satu poros dengan turbin, sehingga pada saat gas buang mesin mulai memutar turbin, kompresor juga akan ikut berputar dengan kecepatan putaran yang sama. Energi mekanis yang dihasilkan turbin akan langsung digunakan sebagai tenaga penggerak kompresor.

Kompresor *turbocharger* bertipe sentrifugal dan tersusun atas dua bagian utama yakni sudu-sudu rotor dan *casing*. Pada saat *impeller rotor* kompresor mulai berputar dengan kecepatan tinggi, udara *atmosfer* akan mulai terhisap dan masuk ke kompresor melalui sisi *inlet*. Udara ini akan diakselerasi oleh *impeller* secara radial menjauhi poros kompresor. Pada saat udara terakselerasi hingga ke *casing* kompresor yang juga berfungsi sebagai *diffuser*, kecepatan aliran udara akan turun dan tekanan statiknya akan meningkat. Peningkatan tekanan udara ini akan diikuti dengan kenaikan temperatur juga. Selanjutnya, udara terkompresi ini dikeluarkan untuk menuju ke *intercooler*.

3. Center Housing and Rotating Assembly (CHRA)

Masing-masing turbin dan kompresor pada *TurboCharger* tersusun atas bagian rotor dan rumah *casing*. Keduanya berada pada satu poros yang ditopang oleh sebuah sistem bearing (bantalan) ditengah-tengah antara turbin dan kompresor. Untuk kebutuhan assembly, casing turbin dan kompresor disatukan oleh sebuah sistem bernama *Center Housing & Rotating Assembly* (CHRA). Karena sistem *bearing* juga terletak pada CHRA, maka sistem lubrikasi *turbocharge* juga berpusat pada CHRA. Putaran poros *TurboCharger* dapat mencapai 100.000 rpm. Dengan putaran secepat itu, dibutuhkan bearing dengan "kualitas" baik. *Thrust bearing* tradisional, dari *turbo charger* yang biasanya terbuat dari perunggu. Pada perkembangan selanjutnya bearing modern *TurboCharger* adalah yang berupa *ball bearing* dengan bahan keramik. Penggunaan *ball bearing* lebih banyak dipilih karena *lifetime turbocharger* menjadi lebih baik.

4. Kelengkapan Mesin Turbo Charger

a. *InterCooler*

Intercooler Udara yang mengalami kenaikan tekanan di dalam sebuah ruangan dengan volume konstan, akan diikuti pula dengan kenaikan temperaturnya. Dalam termodinamika, proses ini disebut dengan proses isokhorik atau isovolumetrik. Setiap kompresor pasti diikuti dengan proses isokhorik ini, tak terkecuali kompresor pada *Turbo Charger*. Hal ini ditandai dengan naiknya temperatur udara terkompresi yang keluar dari kompresor *turbocharger*. Atas dasar inilah dibutuhkan sebuah sistem pendingin udara bernama *intercooler* sebelum udara bertekanan tersebut masuk ke *intake manifold*.

Intercooler merupakan sebuah alat *heat exchanger* yang umumnya menggunakan udara atmosfer sebagai media *cooler*. Udara terkompresi masuk ke sisi tubing kecil yang tersusun atas plat-plat tipis aluminium mirip konstruksi radiator. Udara atmosfer mengalir dengan bantuan kipas melewati sela-selatubing dan menyerap panas udara terkompresi melalui permukaan pipa.

1) Tipe-tipe *Intercooler*

Secara umum, *intercooler* dibedakan menjadi 3 jenis. *Intercooler* jenis udara ke udara, udara ke air, dan *one shot*:

a) Udara ke udara adalah jenis *intercooler* yang paling jarang digunakan pada mesin kapal tetapi banyak digunakan dalam mesin kendaraan lain saat ini. Yang perlu diperhatikan dalam *intercooler* jenis ini adalah lekukan dan perubahan ukuran harus sesedikit mungkin. Selain itu, sambungan dan selang karet harus yang berkualitas baik agar mampu menahan tekanan Turbo. Tempat pemasangan *Turbo* juga perlu diperhatikan, harus ditempatkan di tempat yang sebanyak mungkin mendapat hembusan angin segar.

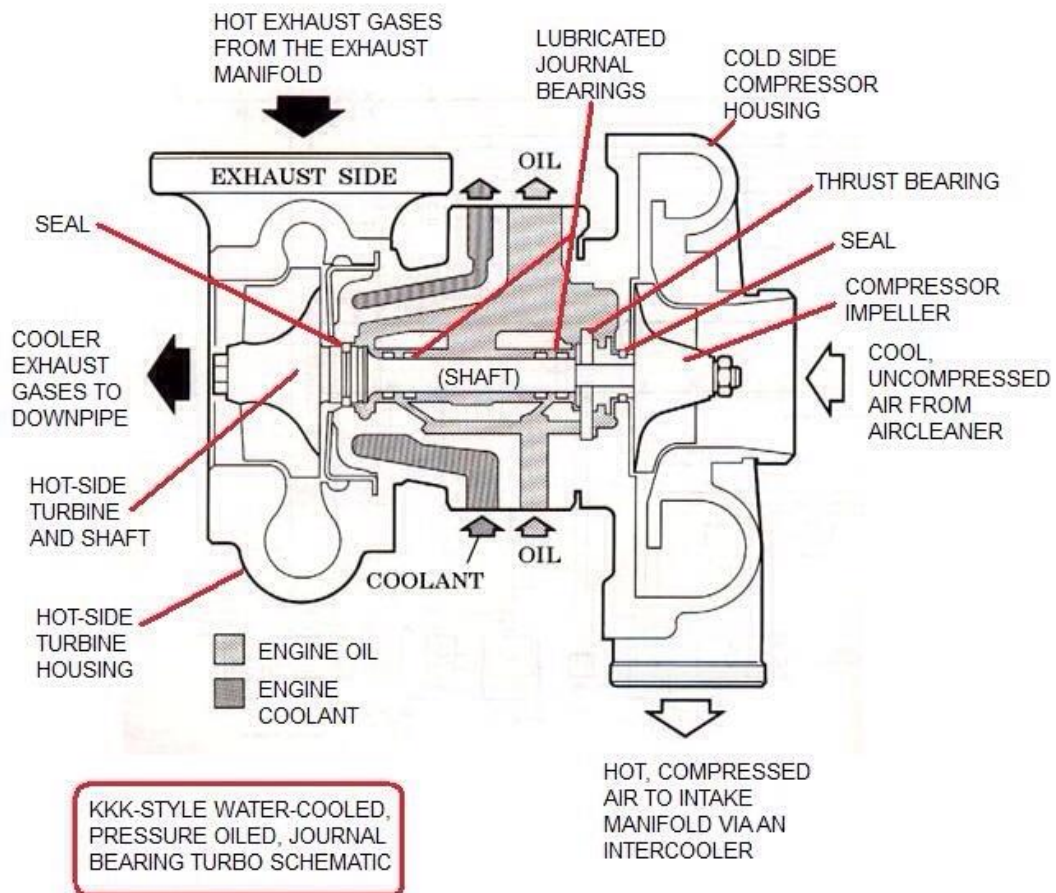
b) *Intercooler* udara ke air awalnya digunakan untuk kapal-kapal laut. Pada jenis ini air bersirkulasi untuk mendinginkan udara, pada dasarnya prinsip kerjanya sama seperti air radiator. Komponen terpenting dalam *intercooler* jenis ini adalah pompa airnya. Untuk itu biasanya pompa air disambungkan dengan *accu 12 voltyang* dipasang seri ataupun paralel.

c) *Intercooler One Shot* memiliki kemampuan pendingin udara yang sangat tinggi dan cukup mendinginkan *Turbo* dan udaranya dalam waktu singkat.

b. Saluran Pipa TurboCharger

Penggunaan *turbocharger* tidak dapat dipisahkan dengan saluran pipa yang menghubungkan berbagai macam komponen mesin. Saluran pipa *turbocharger* dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yakni saluran panas dan saluran dingin. Pipa saluran panas mengalirkan gas buang dari ruang bakar ke sisi inlet turbin *turbocharger*, serta membuang gas buang keluaran turbin menuju sistem *exhaust* (knalpot).

Sedangkan pipa saluran dingin mengalirkan udara atmosfer masuk ke kompresor, udara bertekanan dari outlet kompresor ke *intercooler*, serta mengalirkan udara dingin bertekanan dari *intercooler* ke intake manifold motor bakar. Dikarenakan perbedaan tipe fluida yang melewati kedua saluran tersebut, tentu saja karakteristik material yang digunakan oleh keduanya juga berbeda. Sisi gas buang harus menggunakan material yang tahan terhadap temperatur, tekanan tinggi, backpressure, dan tegangan (*stress*). Sedangkan sisi udara terkompresi digunakan material yang kuat untuk tekanan tinggi.



Gambar 1.3 Bagian-bagian *Turbocharger*

1.5 PRINSIP KERJA DARI *TURBOCHARGER*

Turbocharger merupakan sebuah peralatan untuk menambah jumlah asupan udara yang masuk ke dalam silinder dengan memanfaatkan energi gas buang hasil dari pembakaran. *Turbocharger* merupakan peralatan untuk mengubah sistem pemasukan udara dari konsep natural atau alami menjadi sistem induksi paksa. Jika sebelumnya udara yang akan dimasukkan ke dalam silinder hanya mengandalkan kevakuman yang dibentuk dari pergerakan piston saat bergerak dari TMA ke TMB atau saat langkah hisap, maka dengan *turbocharger* udara ditekan masuk kedalam silinder menggunakan kompresor yang diputar oleh turbin yang digerakkan oleh tenaga dari gas buang hasil pembakaran. Untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna, maka diperlukan tambahan udara yang dialirkan ke dalam silinder sejumlah aliran bahan bakar tertentu. Bila kepekatan udara bertambah sebelum ditambahkan ke dalam silinder, seluruh bahan bakar terbakar dan daya mesin akan bertambah. Untuk itu mesin diesel yang dilengkapi dengan *turbocharger* bertujuan untuk memadatkan udara masuk ke dalam silinder mesin. Sehingga daya mesin lebih besar dibandingkan mesin dengan dimensi yang sama. Dengan kata lain Kerja *turbocharger* sendiri adalah memanfaatkan gas buang dari ruang bakar untuk masuk ke turbo. Hal ini menyebabkan bagian lain dari *turbo* berputar, yang bertugas menarik udara yang didinginkan lewat *intercooler* untuk dikirim ke dalam mesin yang membantu proses pembakaran bahan bakar. Prinsip dasar dibalik penggunaan *TurboCharger* cukup sederhana, namun sebuah *turbocharger* adalah sebuah komponen mesin yg sangat kompleks. tidak hanya komponen-komponen dalam *turbocharger* itu sendiri yg harus terkoordinasi secara tepat, tapi juga *turbocharger* dan mesin harus benar-benar cocok. jika tidak, maka dapat menghasilkan mesin yg tidak efisien dan bahkan kerusakan.

a) Tahap Kerja Mesin Utama

Ada 4 tahap kerja yaitu :

a. Hisap (*Charge Exchange Stroke*)

Pada mesin Diesel, piston bergerak kebawah dan udara ditarik melalui katup masuk dalam mesin diesel udara dicampurkan dengan solar didalam silinder. Pada mesin dengan *turbocharger*, udara di kompress sebelum masuk ke silinder selama menunggu klep hisap terbuka. Hal tersebut akan membuat udara berada pada tekanan yang lebih tinggi pada saat udara kadar udara yang lebih besar masuk kedalam ruang bakar sehingga bahan bakar terbakar lebih efisien.

b. Kompresi (*Power Stroke*)

Ketika Piston bergerak keatas, udara udara di kompresi menjadi tekanan tinggi sehingga menaikkan suhu udara tersebut.

c. Ekspansi (*Power Stroke*)

Dalam tahap ini bahan bakar di injeksikan kedalam silinder dan campuran udara dengan bahan bakar bertekanan tinggi tersebut akan terbakar secara spontan. kemudian, ledakan tersebut mendorong piston bergerak kebawah.

d. Pembuangan (*ChargeExchangeStroke*)

Gas Buang dikeluarkan melalui katup pembuangan ketika piston bergerak keatas. Pada mesin dengan *Turbocharger*, Udara di kompress sebelum masuk ke dalam silinder selama langkah hisap. karena proses tersebut berada pada tekanan yg lebih tinggi, kadar udara yg lebih besar masuk kedalam ruang bakar sehingga bahan bakar terbakar lebih efisien. hal ini meningkatkan *Power Output*, memberikan torsi yg lebih besar pada *top speed* dibandingkan pada mesin biasa dengan volume mesin yg sama, dan mengurangi kadar emisi gas buang. Beberapa mesin Diesel bisa di *set up* untuk menerima udara lebih namun dengan takaran solar yg sama, yang tidak hanya meningkatkan tenaga tapi juga menghasilkan gas buang yg lebih bersih.

b) Proses Aliran Udara Melalui Sistem Turbo

Ada tujuh tahap dari proses aliran udara untuk pembakaran melalui sistem *Turbo Charger* langkah langkah tersebut adalah sebagai berikut.

- 1) Udara bersih masuk dihisap oleh *TurboCharger*
- 2) *TurboCharger* memampatkan udara menekan menuju intercooler
- 3) *Intercooler* menurunkan suhu udara yang melewatinya
- 4) Udara yang sudah dingin di hisap masuk ke dalam *cylinder* untuk pembakaran
- 5) Setelah selesai pembakaran udara bilas akan keluar dari *cylinder*
- 6) Udara bilas yang keluar dari *cylinder* masuk kedalam *TurboCharger* dan lalu menendang/memutar turbin pada turbo
- 7) Gas buang keluar dari *Turbo Charger* lalu dibuang melalui cerobong *exhaust*.

c) Sistem Pelumasan

Untuk melumasi *full-floating bearing* di dalam *center housing*, oli mesin disalurkan dari oil inlet pipe dan disirkulasikan di antara *bearing-bearing*. Setelah melumasi bearing-bearing, oli ini mengalir melalui oil outlet pipe dan kembali ke *oil pan*. Kelangsungan

penyediaan minyak untuk bantalan *turbocharger* dan kapasitas harus sedemikian rupa sehingga bantalan tidak akan rusak.

d) Sistem Pendinginan

Turbocharger didinginkan, oleh air tawar pendingin dari pompa gandeng mesin induk. Air pendingin dari *cooler* dihisap oleh pompa gandeng mesin induk lalu diteruskan ke pipa yang sebagian besar mengalir ke *jacket cooling* mesin induk, dan juga ke *turbocharger* untuk mendinginkan *turbocharger*.

Kemudian dari *turbocharger* diteruskan ke pipa keluaran pendingin mesin induk selanjutnya menuju ke *cooler* kembali untuk didinginkan.

1.6 PERAWATAN TURBOCHARGER

Untuk menjaga perangkat *turbocharger* pada mesin induk selalu bekerja optimal, dibutuhkan perawatan, seperti berikut ini:

1. Melakukan pengecekan pada minyak lumas *Turbocharger*

Minyak lumas yang berperan sangat penting terhadap *Turbocharger* sangat perlu dilakukan mengingat *Turbocharger* mempunyai putaran poros yang tinggi. Pengecekan dilakukan dengan melihat pada gelas duga yang ada pada bagian tertentu dari *Turbocharger*.

2. Perawatan turbin dan *compressor side*

a. perawatan turbin

perawatan turbin dilakukan pada kondisi fisik turbin, sudu-sudu yang mengalami dorongan dari gas buang mesin harus dipastikan dalam kondisi baik, serta pembersihan kerak kotoran dari gas buang yang menempel pada sudu-sudu turbin dibersihkan.

b. Perawatan *compressor side*

pembersihan pada sudu-sudu kompresor *wheel* dari kotoran-kotoran yang lolos dari *filter* dan terhisap masuk kedalam kompresor lalu menempel ke sudu-sudu tersebut. Pembersihan dilakukan dengan air sabun, atau sebaiknya dilakukan menggunakan cairan *chemical cleaner* jika kotoran sudah mengering. Pengecekan juga dilakukan pada kondisi fisik dari kompresor, memastikan dalam kondisi baik pada sudu-sudu kompresor tersebut.

3. Perawatan *intercooler*

Menghilangkan debu, deposit karbon dan kotoran lainnya dengan bantuan udara tekan, lalu merendam *intercooler* kedalam kimia pembersih (*chemical cleaner*) dan dipanasi hingga $\pm 70^{\circ}\text{C}$, di diamkan dalam kondisi ini sekitar 12-16 jam setelah itu bersihkan dengan air tawar dengan cara menyemprotkan sampai semua kotoran hilang. Setelah itu semprotkan udara terkompresi untuk menghilangkan partikel air dari *intercooler* dan keringkan

4. Bersihkan *filter* udara

Filter udara juga menjadi komponen penting dalam sistem *turbocharger*. Oleh karena itu, sebaiknya bersihkan secara rutin *filter* udara mesin induk. Kalau perlu, ganti filter jika sudah tak layak. Jika filter udara tersumbat maka aliran udara yang masuk ke ruang pembakaran, akan terhambat.

Beberapa indikasi kerusakan pada *TurboCharger* mesin dapat dilihat dari warna asap yang dihasilkan alat berat, suara bising mesin hingga menurunnya performa mesin induk

1.7 KERUSAKAN YANG TERJADI PADA *TURBOCHARGER*

Ada beberapa sebab Terjadinya kerusakan terhadap *TurboCharger* diantaranya yaitu :

1. Kerusakan mekanisme yang disebabkan karena kurangnya pelumasan

Saat engine start up turbo mulai berputar, pada saat itu oli membutuhkan waktu untuk bersirkulasi, karena itu akselerasi pada engine atau pengoperasian *engine* dengan beban akan menyebabkan turbo mengalami kekurangan pelumasan, akibatnya besarnya gesekan pada *bearing* atau komponen-komponen yang bergesekan (*running part*).

Contoh kasus :

- a. Setelah disimpan dalam waktu yang lama (*after long storage*)
- b. Setelah penggantian oli
- c. Setelah penggantian *filter* oli
- d. Pada saat pemanasan (*warming up*) di musim dingin (pelumasan tidak bisa efektif karena viskositas oli yang tinggi)
- e. Akselerasi yang tiba-tiba pada saat *engine* baru start
- f. mesin mati mendadak.

2. Kerusakan yang disebabkan oleh turunnya kualitas oli (*oil deteriorated*)

- a. *Scufed* (tergores) atau kerusakan pada journal bearing
- b. *Thrust collar* mengalami goresan (*pick up*) atau scufing (lecet) pada bagian yang bersentuhan dengan *journal bearing*
- c. *Thrust bearings* dan *thrust collar* mengalami goresan (*scufed*) dan kerusakan setelah lama beroperasi
- d. Turbin *shaft* mengalami goresan (*scufed*) pada bagian yang *sliding* dengan *journal bearing*.

3. Kerusakan yang disebabkan oleh benda asing (contoh *nuts, stone, washers* etc) di air intake system.

Debu, benda asing dll yang masuk melalui air intake piping menyebabkan kerusakan atau perubahan bentuk (*deformation*) pada *impeler* dan juga menyebabkan terjadinya *noise*.

Penyebab:

- a. Pembersih elemen udara rusak (*air cleaner element is broken*)
- b. *Air leakage* (kebocoran) dari sambungan *intake manifold*

4. Kerusakan yang disebabkan oleh benda asing (contoh *nuts, stone, washers* etc) di air exhaust system.

Benda asing dll yang ada pada saluran *exhaust* menyebabkan kerusakan atau perubahan bentuk (*deformation*) pada *impeler* dan juga menyebabkan terjadinya *noise*.

Penyebab :

- a. kerusakan pada *engine inner part* (*valve, valve seat, cotter* dll)
- b. serpihan dari dalam *exhaust* sistem (kerak (*casting sand*)) yang lepas, beram (*burrs*).

5. Kerusakan karena temperatur terlalu tinggi

Saat *exhaust* temperatur naik berlebihan, temperatur turbo charge dan komponen-komponennya akan ikut naik, pada saat itu turbin, *impeler* dan *bearing* akan *contact* dan mengalami kerusakan

Penyebab:

- b. *Fuel injection* berlebihan yang disebabkan oleh peng-adjust-an *fuel injection pump* yang kurang tepat.
- c. Pembakaran tidak sempurna (*abnormal combustion*) yang disebabkan oleh kualitas penyemprotan *fuel injection nozzle* dan *timing* injeksinya.

d. Pembakaran yang tidak merata yang disebabkan karena air cleaner buntu, air *cleaner element* yang buntu atau (*cloged*) atau *leaking air pipe*.

6. Mesin mengeluarkan asap hitam/tenaga lemah

- a. Periksa saringan udara, saringan udara yang kotor akan menghambat udara yang dihisap oleh *TurboCharger*
- b. Periksa kebocoran udara pada saluran masuk *compressor turbocharger*
- c. Periksa untuk melihat apakah rotor *turbocharger* dapat berputar bebas, kotoran dapat menghambat aliran udara
- d. *Wastegates* tidak bisa menutup.

7. Mesin mengeluarkan asap putih/kebocoran oli

- a. Periksa kondisi ring dan *valve guide*
- b. Beberapa kebocoran saat idle merupakan hal yang normal, saringan udara yang kotor dan *blow by gas* yang berlebihan dapat menyebabkan kebocoran *seal oli*
- c. Baut pelumasan *turbocharger* macet
- d. Gesekan pada permukaan rumah *TurboCharger* dapat menyebabkan rusaknya *seal* yang mengakibatkan kebocoran oli.

8. Suara Berisik

Gesekan antara turbin dengan permukaan rumah *turbocharger* atau objek lain yang masuk ke dalam *TurboCharger* dapat menyebabkan suara berisik.

1.8 HAL-HAL YANG PERLU DIPERHATIKAN :

Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan pada saat mesin beroperasi untuk menjaga ketahanan *Turbocharger*.

1. Apabila mesin berputar dan tutup saringan udara atau selang dilepas, maka partikel-partikel atau benda asing (kotoran) akan masuk dan dapat merusak *turbine dan compressor wheel* yang berputar pada kecepatan tinggi.
2. Hindari pemindahan kecepatan RPM mesin secara mendadak agar keausan pada bearing *Turbocharger* dapat dihindari, dan pada saat mematikan mesin posisikan handle pada RPM rendah untuk sementara waktu. Hal tersebut bertujuan untuk menurunkan suhu *Turbocharger* sebelum kita mematikan mesin induk, guna menghindari penurunan suhu *Turbocharger* secara drastis yang dapat merusak bearing *Turbocharger*.
3. Apabila *turbochager* tidak berfungsi dan harus diganti, pertama periksalah item berikut ini, kemungkinan merupakan penyebab yang diperlukan perbaikan :
 - a. kualitas dan kuantitas oli mesin
 - b. kondisi bagaimana *turbo chager* digunakan

c. saluran oli ke *turbocharger*

4. Sebelum melepas *TurboCharger*, sumbatlah saluran-saluran *intake* dan *exhaust* serta saluran masuk oli (*inlet oil*) untuk mencegah masuknya kotoran atau komponen lainnya

5. Perhatikan saat memasang atau melepas kembali *turbocharger*, jangan menjatuhkan atau memukulnya pada benda lain, atau memegang pada bagian-bagian yang mudah berubah bentuk seperti *actuator rod* dan sebagainya.

1.9 PEMERIKSAAN *TURBO CHARGER*

Pemeriksaan *Turbo Charger* Pada Mesin Induk

a. Memeriksa sistem pengisapan udara

Periksa kebocoran ataupun kotoran yang menyumbat antara saringan udara dan saluran masuk *keturbocharger*, dan juga antara saluran keluar *turbocharger* dan kepala silinder. Apabila ditemukan problem, bersihkan, perbaiki atau ganti komponen-komponennya.

b. Memeriksa sistem saluran buang

Periksa kebocoran atau kotoran yang menyumbat antara kepala silinder dan saluran masuk (*inlet*) ke dalam *turbocharger*, dan juga antara saluran keluar *turbocharger* dan pipa knalpot. Apabila ditemukan suatu problem, bersihkan, perbaiki atau ganti komponen-komponennya.

c. Memeriksa kebebasan radial (*radial play*) dari turbin shaft

1) Dari lubang saluran oli, masukkan dial *indicator* melalui lubang pada *bearing spacer* sehingga menyentuh bagian tengah poros.

2) Gerakkan poros *turbine* keatas dan kebawah, dan ukurlah *radial play* (kebebasan rasial) poros tersebut. kebebasan *radial* 0,09 maka gantilah *turbocharger assembly*.

d. Memeriksa kebebasan aksial (*axial play*) dari *turbine shaft*

1) Masukkan dial *indicator* kedalam lubang *turbine housing* hingga menyentuh ujung porosnya,

2) Gerakan poros pada arah aksial, ukur aksial *play* poros tersebut. *axial play* : 0.09 maka gantilah *turbocharger assembly*.

e. Memeriksa kondisi sudu sudu kompressor

Pemeriksaan pada sudu kompresor dilakukan untuk mengetahui kondisi sudu agar dapat bekerja dengan baik, sudu inilah yang akan menghisap udara dan menekannya ke dalam *cylinder* udara yang mengandung partikel abrasif, dapat merusak atau menghancurkan sudu turbin,tersebut sehingga tekanan udara yang dihasilkan oleh *TurboCharger* akan berkurang.

Adapun cara pemeriksaan terhadap sudu tersebut sebagai berikut:

1. Buka/lepaskan filter udara masuk *TurboCharger*
2. Lakukan pemeriksaan pada sudu secara berurutan di putar pelan pelan secara teliti. Lakukan perbaikan atau penggantian jika ditemukan kerusakan yang parah
3. Pasang kembali dengan urutan yang benar sesuai *manual book*
4. Periksa ulang dan pastikan tidak ada yang tertinggal
- f. Memeriksa putaran *compressor wheel*

Pemeriksaan pada *compressor wheel* dilakukan untuk menjaga putaran turbin kompresor tetap lancar dan lembut, menghindari gesekan berlebihan pada poros atau turbin dengan *cover TurboCharger* yang dapat menghambat putaran menjadikan putaran kurang maksimal adapun cara melakukan pemeriksaan sebagai berikut :

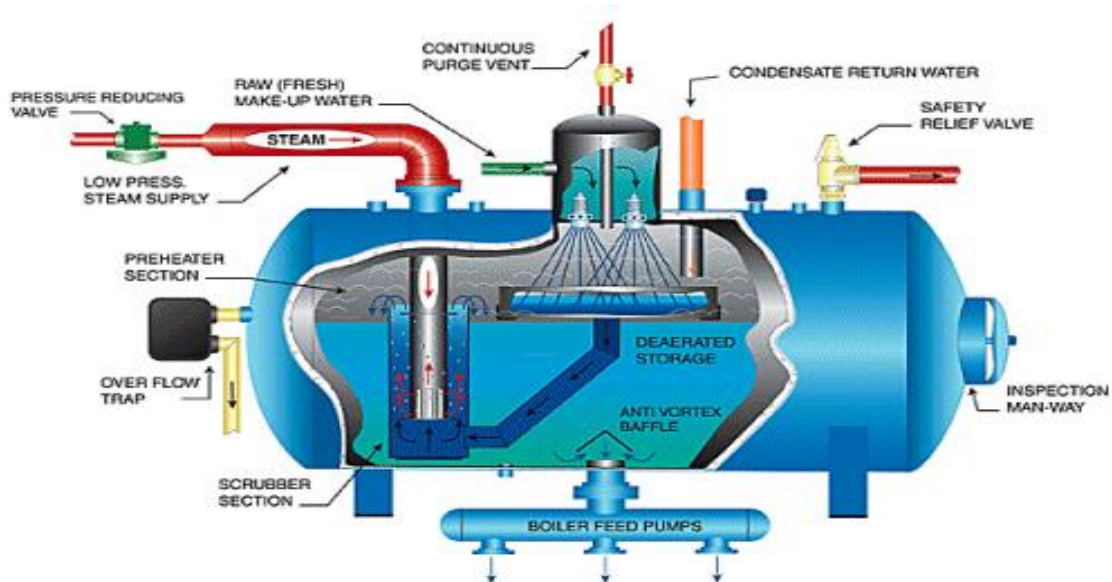
1. lepaskan selang saringan udara
2. putar *compressor wheel* dengan tangan, periksa apakah dapat berputar dengan lembut. apabila tidak atau kasar saat berputar, ganti *Turbocharger assembly*
3. Pastikan turbine sudah dapat berputar dengan baik dan pastikan juga tidak ada benda asing yang tertinggal didalam, karena dapat merusak *Turbocharger*
4. Pasang kembali sesuai dengan urutan atau sesuai dengan buku petunjuk perawatan *Turbocharger*

BAB 2

BOILER

2.1 Fungsi Boiler

Boiler atau ketel uap adalah suatu perangkat mesin yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Proses perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanaskan air yang berada didalam pipa-pipa dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara kontinyu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar.

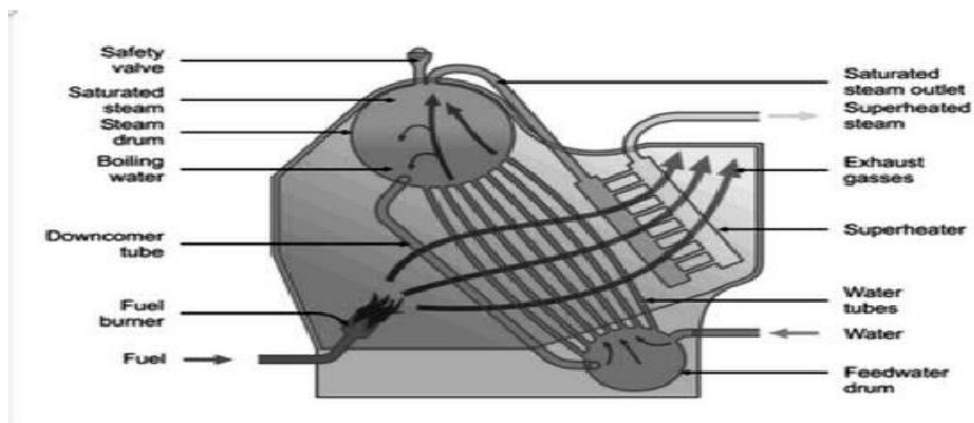
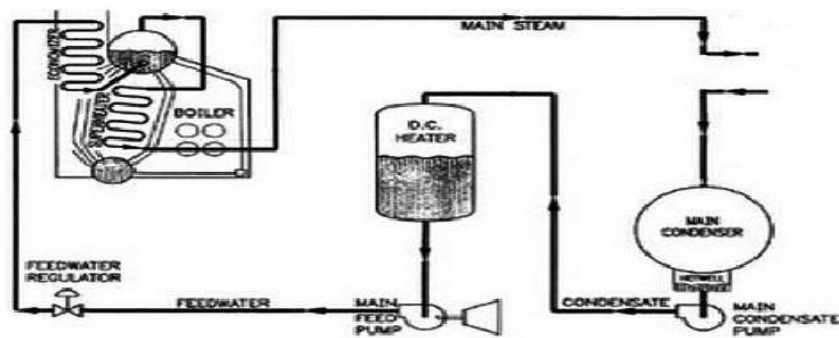


Gambar 2.1 Boiler

Uap yang dihasilkan *boiler* adalah uap *superheat* dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pemindah panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan. *Boiler* yang konstruksinya terdiri dari pipa-pipa berisi air disebut dengan *water tubeboiler*

Boiler kapal merupakan bagian dari peralatan yang digunakan untuk membantu kerjamesin penggerak utama. Dalam melaksanakan kerjanya, *boiler* kapal membutuhkan beberapa peralatan yang lain. Seperti definisinya, boiler kapal merupakan peralatan yang digunakan untuk mengubah cairan, yaitu air, menjadi uap, maka boiler kapal membutuhkan bahan yang akan diubah menjadi uap, yaitu air (biasa disebut: *feed water*).

Untuk mengubah cairan menjadi uap *boiler* membutuhkan panas, panas yang diperlukan diperoleh dari bahan bakar. Aliran cairan sampai menjadi uap digambarkan pada gambar berikut ini:



Gambar 2.2 Skema kerja boiler kapal

Jika pompa digunakan untuk memindahkan bahan bakar dari tanki bahan bakar menuju mesin penggerak utama, bagaimana dengan *boiler* kapal? *Boiler* kapal memiliki peran yang penting juga dalam operasional mesin penggerak utama. Bahan bakar yang dipindahkan oleh pompa pada umumnya adalah bahan bakar yang memiliki viskositas yang tinggi, viskositas ini mempengaruhi kekentalan bahan bakar. Sehingga jika nilai viskositas tidak diturunkan maka bahan bakar akan mengental dan sulit untuk dipompa dan sulit untuk masuk menuju *nozzle* bahan bakar mesin penggerak utama. Untuk menurunkan kekentalan ini maka bahan bakar harus dipanaskan terlebih dahulu. Proses pemanasan bahan bakar tidak boleh menggunakan api, karena bahan bakar akan dengan mudah terbakar. Proses pemanasan bahan bakar tersebut menggunakan aliran uap panas yang dialirkan melalui pipa-pipa yang dipasang dalam tangki bahan bakar atau pada jalur aliran bahan bakar

menuju mesin penggerak utama. Uap panas yang dialirkan tersebut diperoleh dari *boiler* kapal

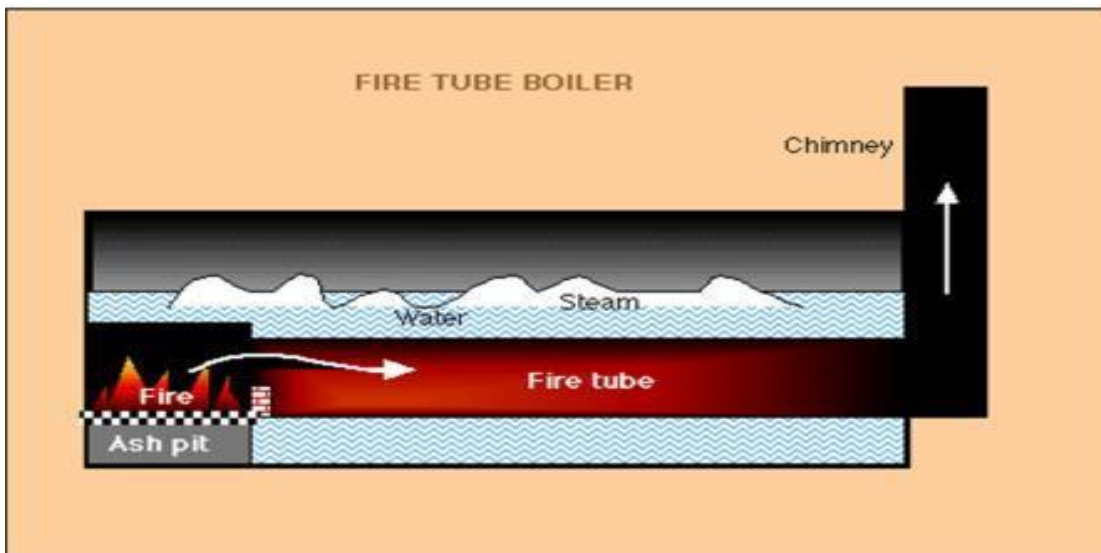
Sistem *boiler* terdiri dari: sistem air umpan, sistem *steam* dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk *boiler* secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. Sistem *steam* mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* dalam *boiler*. *Steam* dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna.

Pada keseluruhan sistem, tekanan *steam* diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem.

Air yang disuplai ke *boiler* untuk dirubah menjadi *steam* disebut air umpan. Dua sumber air umpan adalah: (1) Kondensat atau *steam* yang mengembun yang kembali dari proses dan (2) Air makeup (air baku yang sudah diolah) yang harus diumpangkan dari luar ruang *boiler* dan plant proses. Untuk mendapatkan efisiensi *boiler* yang lebih tinggi, digunakan *economizer* untuk memanaskan awal air umpan menggunakan limbah panas pada gas buang.

2.2 Jenis-Jenis Boiler Berdasarkan Tipe Pipa

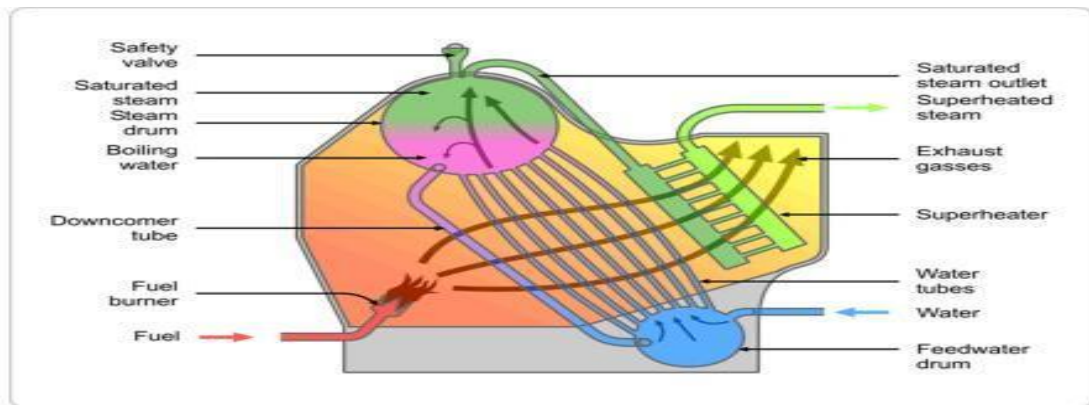
- Fire Tube Boiler



Gambar 2.3

Tipe *boiler* pipa api memiliki karakteristik : menghasilkan kapasitas dan tekanan *steam* yang rendah. Cara kerja : proses pengapian terjadi didalam pipa, kemudian panas yang dihasilkan dihantarkan langsung kedalam *boiler* yang berisi air. Besar dan konstruksi boiler mempengaruhi kapasitas dan tekanan yang dihasilkan boiler tersebut.

- *Water Tube*



Gambar 2.4

Tipe *boiler* pipa air memiliki karakteristik : menghasilkan kapasitas dan tekanan steam yang tinggi. Cara Kerja : proses pengapian terjadi diluar pipa, kemudian panas yang dihasilkan memanaskan pipa yang berisi air dan sebelumnya air tersebut dikondisikan terlebih dahulu melalui *economizer*, kemudian steam yang dihasilkan terlebih dahulu dikumpulkan di dalam sebuah steam-drum. Sampai tekanan dan temperatur sesuai, melalui tahap *secondary superheater* dan *primary superheater* baru *steam* dilepaskan ke pipa utama distribusi. Didalam pipa air, air yang mengalir harus dikondisikan terhadap mineral atau kandungan lainnya yang larut di dalam air tersebut. Hal ini merupakan faktor utama yang harus diperhatikan terhadap tipe ini.

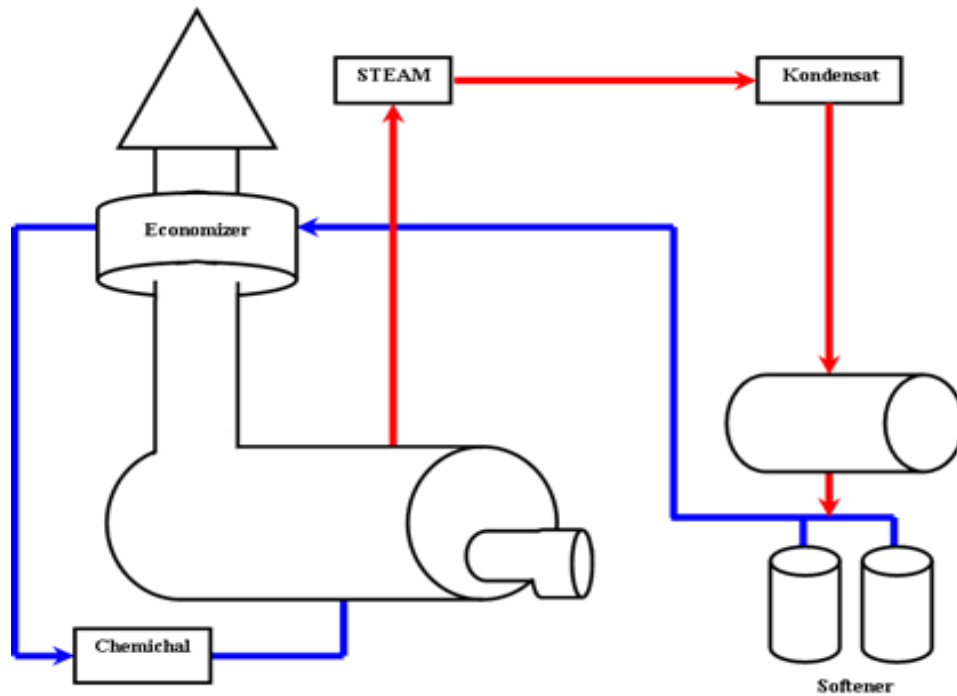
Keuntungan dan kerugian boiler berdasarkan tipe pipa.

No.	Tipe Boiler	Keuntungan	Kerugian
1	<i>Fire Tube</i>	Proses pemasangan mudah dan cepat, Tidak membutuhkan setting khusus	Tekanan operasi steam terbatas untuk tekanan rendah 18 bar
		Investasi awal <i>boiler</i> ini murah	Kapasitas <i>steam</i> relatif kecil (13.5 TPH) jika dibandingkan dengan <i>water tube</i>

		Bentuknya lebih <i>compact</i> dan <i>portable</i>	Tempat pembakarannya sulit dijangkau untuk dibersihkan, diperbaiki, dan diperiksa kondisinya.
		Tidak membutuhkan area yang besar untuk 1 <i>HP boiler</i>	Nilai efisiensinya rendah, karena banyak energi kalor yang terbuang langsung menuju <i>stack</i>
2	<i>Water Tube</i>	Kapasitas <i>steam</i> besar sampai 450 TPH	Proses konstruksi lebih <i>detail</i>
		Tekanan operasi mencapai 100 bar	Investasi awal relatif lebih mahal
		Nilai efisiensinya relatif lebih tinggi dari <i>fire tube boiler</i>	Penanganan air yang masuk ke dalam <i>boiler</i> perlu dijaga, karena lebih sensitif untuk sistem ini, perlu komponen pendukung untuk hal ini

2.3 Prinsip Kerja Boiler

Prinsip kerja dari *boiler* (*Saturated steam*) bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.5

- Air Umpan setelah melalui proses *pretreatment* di *softener* atau air *condensate* dipompakan ke *economizer*.
- Di *economizer* terjadi pemanasan awal yang memanfaatkan panas buang di *chimney*. Pemanasan awal dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi dari *boiler*.
- Selanjutnya air umpan masuk ke dalam ketel tapi sebelumnya diberikan *chemichal* sesuai dosis yang ditentukan.
- Setelah itu air umpan yang mengalami pemanasan didalam ketel uap berubah fasa menjadi *steam* dan siap didistribusikan.
- Setelah *steam* berubah fasa kembali menjadi air (air condensate) maka bisa kembali dipompakan kedalam ketel kembali. *Air make up* hanya digunakan untuk menggantikan hilangnya air akibat proses *blowdown*.

2.4 SISTEM BOILER

Sistem Air umpan

Air umpan adalah air yang disuplai ke dalam *boiler* untuk dirubah menjadi *steam*. Sedangkan sistem air umpan adalah sistem penyediaan air secara otomatis untuk *boiler* sesuai dengan kebutuhan *steam*. Ada dua sumber Air umpan, yaitu: Kondensat : steam yang telah berubah fasa menjadi air (mengembun).

Air make up : air baku yang sudah diolah Untuk meningkatkan efisiensi *boiler* maka air umpan sebelum di suplai ke *boiler* dipanaskan terlebih dahulu menggunakan limbah panas dari *chimney*.

Sistem Steam

Sistem *steam* adalah proses pengontrolan produksi steam dalam *boiler*, seperti: kapasitas, *pressure*, dsb. Selanjutnya *steam* didistribusikan ke pengguna melalui jalur perpipaan.

Sistem Bahan bakar

Sistem bahan bakar adalah semua *equipment* atau peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar *boiler*. Peralatan yang digunakan tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan *boiler*.

2.5 KLASIFIKASI BOILER

Berbagai bentuk *boiler* telah berkembang mengikuti kemajuan teknologi dan evaluasi dari produk-produk *boiler* sebelumnya yang dipengaruhi oleh gas buang *boiler* yang mempengaruhi lingkungan dan produk *steam* seperti apa yang akan dihasilkan. Berikut klasifikasi *boiler* yang telah dikembangkan:

a. Berdasarkan tipe pipa :

Fire Tube (Pipa api)

Tipe *boiler* pipa api memiliki karakteristik : menghasilkan kapasitas dan tekanan steam yang rendah.

Cara kerja : proses pengapian terjadi didalam pipa, kemudian panas yang dihasilkan dihantarkan langsung kedalam *boiler* yang berisi air. Besar dan konstruksi *boiler* mempengaruhi kapasitas dan tekanan yang dihasilkan *boiler* tersebut.

Water Tube (Pipa air)

Tipe *boiler* pipa air memiliki karakteristik : menghasilkan kapasitas dan tekanan *steam* yang tinggi.

Cara Kerja : proses pengapian terjadi diluar pipa, kemudian panas yang dihasilkan memanaskan pipa yang berisi air dan sebelumnya air tersebut dikondisikan terlebih dahulu melalui *economizer*, kemudian steam yang dihasilkan terlebih dahulu dikumpulkan di dalam sebuah steam-drum. Sampai tekanan dan temperatur sesuai, melalui tahap *secondary superheater* dan *primary superheater* baru steam dilepaskan ke pipa utama distribusi. Didalam pipa air, air yang mengalir harus dikondisikan terhadap mineral atau kandungan lainnya yang larut di dalam air tersebut. Hal ini merupakan faktor utama yang harus diperhatikan terhadap tipe ini

b. Berdasarkan bahan bakar yang digunakan :

Solid Fuel

Tipe boiler bahan bakar padat memiliki karakteristik : harga bahan baku pembakaran relatif lebih murah dibandingkan dengan boiler yang menggunakan bahan bakar cair dan listrik. Nilai efisiensi dari tipe ini lebih baik jika dibandingkan dengan boiler tipe listrik.

Cara kerja : pemanasan yang terjadi akibat pembakaran antara percampuran bahan bakar padat (batu bara, *baggage*, *rejected product*, sampah kota, kayu) dengan oksigen dan sumber panas.

Oil Fuel

Tipe boiler bahan bakar cair memiliki karakteristik : harga bahan baku pembakaran paling mahal dibandingkan dengan semua tipe. Nilai efisiensi dari tipe ini lebih baik jika dibandingkan dengan boiler bahan bakar padat dan listrik.

Cara kerja : pemanasan yang terjadi akibat pembakaran antara percampuran bahan bakar cair (solar, IDO, residu, kerosin) dengan oksigen dan sumber panas.

Gaseous Fuel

Tipe *boiler* bahan bakar gas memiliki karakteristik : harga bahan baku pembakaran paling murah dibandingkan dengan semua tipe boiler. Nilai efisiensi dari tipe ini lebih baik jika dibandingkan dengan semua tipe *boiler* berdasarkan bahan bakar.

Cara kerja : pembakaran yang terjadi akibat percampuran bahan bakar gas (LNG) dengan oksigen dan sumber panas.

Electric

Tipe *boiler* listrik memiliki karakteristik : harga bahan baku pemanasan relatif lebih murah dibandingkan dengan boiler yang menggunakan bahan bakar cair. Nilai efisiensi dari tipe ini paling rendah jika dibandingkan dengan semua tipe *boiler* berdasarkan bahan bakarnya.

Cara kerja : pemanasan yang terjadi akibat sumber listrik yang menyuplai sumber panas.

c. Berdasarkan kegunaan *boiler* :

Power Boiler

Tipe *power boiler* memiliki karakteristik : kegunaan utamanya sebagai penghasil steam sebagai pembangkit listrik, dan sisa steam digunakan untuk menjalankan proses industri.

Cara kerja : steam yang dihasilkan *boiler* ini menggunakan tipe *water tube boiler*, hasil *steam* yang dihasilkan memiliki tekanan dan kapasitas yang besar, sehingga mampu memutar *steam* turbin dan menghasilkan listrik dari *generator*.

Industrial Boiler

Tipe *industrial boiler* memiliki karakteristik : kegunaan utamanya sebagai penghasil steam atau air panas untuk menjalankan proses industri dan sebagai tambahan pemanas.

Cara kerja : *steam* yang dihasilkan *boiler* ini dapat menggunakan tipe *water tube* atau *fire tube boiler*, hasil *steam* yang dihasilkan memiliki kapasitas yang besar dan tekanan yang sedang.

Commercial Boiler

Tipe *commercial boiler* memiliki karakteristik : kegunaan utamanya sebagai penghasil *steam* atau air panas sebagai pemanas dan sebagai tambahan untuk menjalankan proses operasi komersial.

Cara kerja : *steam* yang dihasilkan *boiler* ini dapat menggunakan tipe *water tube* atau *fire tube boiler*, hasil *steam* yang dihasilkan memiliki kapasitas yang besar dan tekanan yang rendah.

Residential Boiler

Tipe *residential boiler* memiliki karakteristik : kegunaan utamanya sebagai penghasil *steam* atau air panas tekanan rendah yang digunakan untuk perumahan.

Cara kerja : *steam* yang dihasilkan *boiler* ini menggunakan tipe *fire tube boiler*, hasil *steam* yang dihasilkan memiliki tekanan dan kapasitas yang rendah

Heat Recovery Boiler

Tipe *heat recovery boiler* memiliki karakteristik : kegunaan utamanya sebagai penghasil *steam* dari uap panas yang tidak terpakai. Hasil *steam* ini digunakan untuk menjalankan proses industri.

Cara kerja : *steam* yang dihasilkan *boiler* ini menggunakan tipe *water tube boiler* atau *fire tube boiler*, hasil *steam* yang dihasilkan memiliki tekanan dan kapasitas yang besar.

d.Berdasarkan konstruksi *boiler* :

Package Boiler

Tipe *package boiler* memiliki karakteristik : perakitan *boiler* dilakukan di pabrik pembuat, pengiriman langsung dalam bentuk *boiler*.

Site Erected Boiler

Tipe *site erected boiler* memiliki karakteristik : perakitan *boiler* dilakukan di tempat akan berdirinya *boiler* tersebut, pengiriman dilakukan per komponen.

2.6 Cara Pengoperasian Boiler

Standar Operasi Prosedur Boiler

1. Pendahuluan sebelum pemanasan

Penting dilakukan pemanasan/kontrol yang seksama terhadap semua peralatan pada boiler untuk memastikan bahwa semuanya berada dalam kondisi siap pakai sebelum dilakukan pemanasan :

- Periksa dan pastikan semua *valve* pada boiler dalam posisi tertutup
- Periksa semua visual terhadap semua fan, seperti *casing*, *bearing*, *v-belt*, baut penahan dan lain-lain
- Periksa level air pada glass penduga, cobakan gelas penduga, guna memastikan bahwa level air sekitar setengah gelas penduga
- Periksa *pressure gauge*, berfungsi baik/tidak
- Kontrol *air compressor*, dan pastikan tekanannya lebih besar 8 barg
- Inspeksi ruang bakar dan pastikan bahwa dapur bersih dan *fire bar* dan dinding batu secara umum siap pakai
- Periksa dan pastikan *blow down valve* dalam posisi tertutup
- Periksa tangki air umpan dan isi bila di perlukan
- Tes *alarm* untuk level air tinggi dan level air rendah (*level* pertama dan kedua). Ini dilakukan dengan memompakan air ke *level* yang tinggi kemudian buang menjadi *level* pertama dan kedua, kembalikan lagi level air di boiler sekitar setengahnya

2. Pemanasan (Menaikkan Steam)

Waktu yang dibutuhkan untuk pemanasan boiler bervariasi diantara jenis/type boiler, jika boiler di padamkan malam sebelumnya, lakukan hal seperti berikut :

- Masukkan *fire* dan sebarakan secara merata diatas *fire grate*, kemudian nyalakan api
- Hidupkan *ID Fan*, *FD Fan*, dan *secondary Fan* dengan *damper* yang setengah terbuka
- Jika memiliki sitem pendingin pendukung batang ruang bakar, buka *water valve* atau jalankan pompa sirkulasi jika ada
- Panaskan boiler secara perlahan untuk menaikkan steam ketekanan kerja, pastikan bahwa level air di glass penduga tidak bertambah (terkontrol)
- Lakukan *blowdown* pada heater dinding samping dan pastikan bahwa level air tetap terjaga (jangan melakukan blowdown pada header dinding samping ketika boiler operasi).

Catatan : Ingatlah selalu bahwa *slow firing* yang merata akan memperpanjang umur boiler anda dan berikan selalu waktu pemanasan yang lebih lama.

3. Menghubungkan Boiler ke pipa induk steam (Main Steam Pipe)

Saat menghubungkan boiler ke *main steam pipe*, perlu dibiasakan untuk melindungi boiler, pipa-pipa dan steam turbin dari kerusakan :

- Buka penuh semua *steam trap bypass valve* pada jalur *main steam pipe* dan *steam turbine*
- Buka sedikit *boiler main stop valve* untuk meratakan pemanasan pada *main steam pipe*
- Pada *steam* berhembus bebas keluar dari aliran *bypass valve*, segera tutup *bypass valve*
- Biarkan *steam trap valve* dalam posisi terbuka dan buka perlahan-lahan *boiler main stop valve* sampai terbuka penuh
- Ketika hendak menggabungkan *boiler* kedua atau ketiga pada *main steam pipe*, pastikan bahwa *boiler* tersebut berada pada tekanan yang seimbang terhadap *boiler* yang sebelumnya sudah stabil
- *Bypass valve* pada *main steam line* dan *steam turbine* dibuka
- Setelah beberapa menit, buka perlahan-lahan *boiler main stop valve* dan segera tutup *bypass valve*
- Biarkan semua *steam trap valve* dalam posisi terbuka.

2.7 Perawatan Air Boiler

Air adalah media yang berguna dan murah untuk konduksi panas ke suatu proses. Kualitas uap yang dihasilkan dalam sistem *boiler* dipengaruhi oleh pengolahan air yang tepat. Kualitas air yang dipasok ke dalam *boiler* juga mempengaruhi efisiensi operasi dan umur *boiler*.

Air mengandung berbagai zat yang terlarut seperti mineral, gas-gas campuran dan benda asing yang seperti kotoran dan sebagainya. Apabila terjadi kenaikan panas dan tekanan terhadap air, hampir semua bahan-bahan terlarut akan terpisah dari larutan menjadi partikel padat yang jika dibiarkan akan terjadinya pembentukan endapan dan kerak air. Air *boiler* harus bebas dari endapan padat supaya proses transfer panas terjadi dengan cepat.

BAB 3

SHAFTING SYSTEM KAPAL

3.1 PENGENALAN *SHAFTING SYSTEM* KAPAL



Gambar 3.1 *Propeller* kapal dari samping

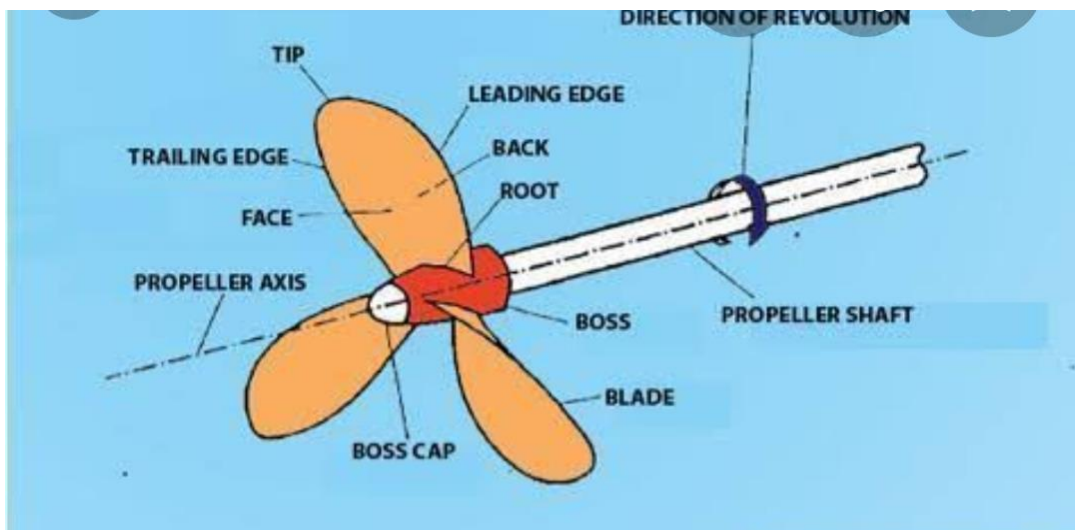
Dalam operasinya di laut, suatu kapal harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan kecepatan dinas (Vs) seperti yang direncanakan. Hal ini mempunyai arti bahwa, kapal haruslah mempunyai rancangan sistem *propulsi* (penggerak) yang dapat mengatasi keseluruhan gaya-gaya hambat (*total resistance*) yang terjadi agar memenuhi standar kecepatan dinasnya.

Secara umum, Sistem *Propulsi* Kapal terdiri dari 3 (tiga) komponen utama, antara lain :

- (a) Motor Penggerak Utama (main engine)
- (b) Sistem Transmisi, dan
- (c) Alat Gerak (*propulsor*).

Ketiga komponen utama ini merupakan suatu kesatuan yang didalam proses perencanaannya tidak dapat ditinjau secara terpisah. Kesalahan didalam perancangan, akan membawa 'konsekuensi' yang sangat besar terhadap kondisi-kondisi sebagai berikut

1. Tidak tercapainya kecepatan dinas kapal yang direncanakan.
2. *Fuel oil consumption* yang tidak efisien.
3. Turunnya nilai ekonomis dari kapal tersebut.
4. Pengaruh pada tingkat vibrasi yang terjadi pada badan kapal, dsb.

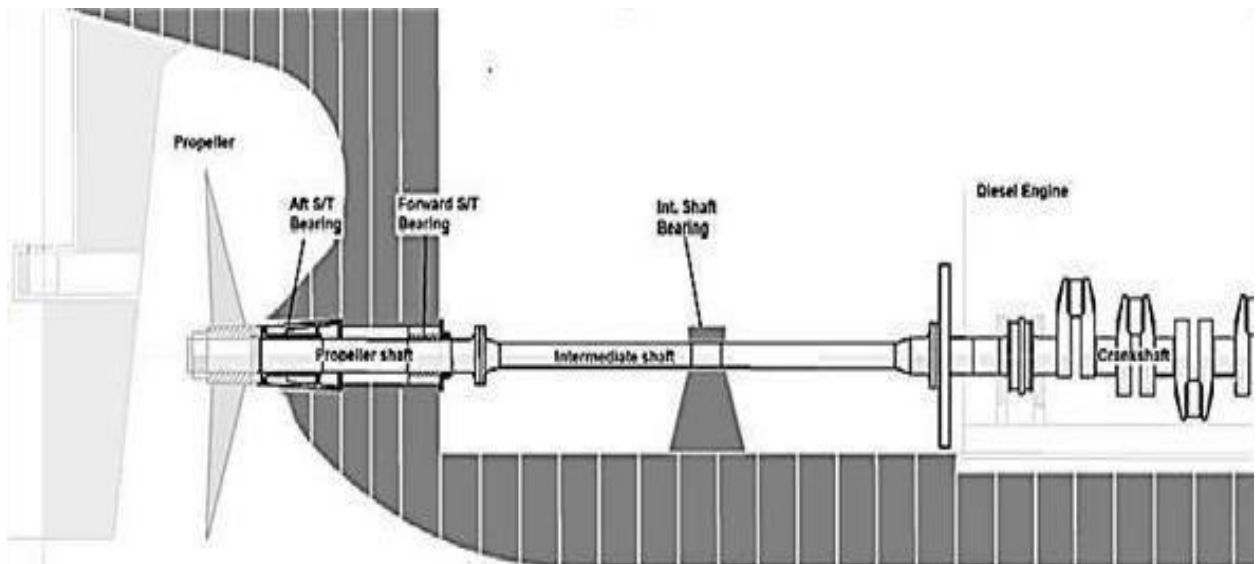


Gambar 3.2 *propeller* kapal dari belakang

Konfigurasi dari ketiga komponen utama sistem propulsi ini sangat dipengaruhi oleh rancangan fungsi kapal itu sendiri, serta bagaimana misi yang harus dijalankan dalam operasionalnya di laut. Sebagai contoh, kapal ikan (*Trawlers/fishing vessels*) pada umumnya memiliki 3 (tiga) pola operasional di laut, yaitu :

1. Pencarian ikan; Kapal ikan sedang mencari posisi ‘gerombolan ikan’ yang ada di lingkungan sekitarnya/terdekat, biasanya kapal beroperasi dengan kecepatan servis berkisar 8 – 12 knots,
2. Pengejaran ikan; Kapal ikan bergerak lebih cepat menuju titik posisi ‘*fishing ground*’, biasanya kecepatan servis kapal mencapai 16 – 20 knots,
3. Penangkapan ikan; kapal sedang menarik jaring tangkapannya, saat itu kapal bergerak dengan kecepatan yang relatif rendah (6 knots). Berdasarkan penjelasan tersebut diatas, terlihat bahwa tingkat fleksibilitas dalam operasional kapal ikan adalah sangat tinggi. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka kapal haruslah memiliki konfigurasi sistem *propulsi* yang handal dan yang mampu memberikan ‘ruang fleksibilitas’ secara optimal sesuai dengan cakupan teknis dan ekonomis kapal.

Sementara itu pada kapal-kapal komersial lainnya (misalnya:*General Cargo*) terlihat bahwa kebutuhan akan tingkat fleksibilitas operasionalnya, adalah tidak begitu kompleks. Umumnya, pola operasional kapal-kapal *general cargo* adalah cukup dengan satu kondisi *designed speed* saja. Sehingga, sistem *propulsi* yang dirancang adalah hanya untuk memenuhi satu tuntutan kecepatan servis yang direncanakan.



Gambar 3.3 Shafting System

3.2 PENGENALAN MOTOR PENGGERAK KAPAL

Di dalam sejarah perkembangan motor penggerak kapal terdapat beberapa tipe yang mendominasi hingga kurun waktu tertentu, adalah sebagai berikut :

- *Reciprocating Steam Engine* mendominasi dunia *ship propulsion* (sistem penggerak kapal) hingga sekitar tahun 1910-an. Keunggulannya adalah terletak pada pengaturan beban, khususnya untuk arah *reversed* (arah mundur) yang mana *Reciprocating Steam Engine* memberikan kemudahan serta lebih efisien pada *range* kecepatan rotasi tertentu agar *match* dengan kinerja *screw propeller*.

Kelemahannya *Reciprocating Steam Engine* adalah pada instalasinya yang relatif berat, kebutuhan *space* yang besar, *output power* per *cylinder*-nya masih sangat terbatas. Selain itu, *Steam* tidak dapat bekerja secara efektif pada tekanan relatif rendah. Serta kebutuhan *fuel consumption* yang tinggi, sebagai gambaran bahwa untuk *triple-expansion engine* maka memerlukan *superheated steam* yang mengkonsumsi bahan bakar (*oil*) hingga ± 0.70 kg per kWh.

- *Marine (Steam) Turbines* yang pertama diinstal oleh **Sir Charles Parsons** ke kapal *Turbinia* pada tahun 1894, dengan kecepatan mencapai 34 knots. Kemudian turbines mengalami kemajuan pesat hingga pada tahun 1906, yang mana diaplikasikan sebagai tenaga penggerak untuk kapal perang *HMS.Dreadnought* dan kapal *Atlantic Liner – Mauretania*. Kebutuhan bahan bakar (*fuel consumption*) secara rata-rata untuk suatu *Large Turbine* adalah 0.30 kg per kWh. Namun demikian, keunggulan segi ekonomis tersebut mengalami

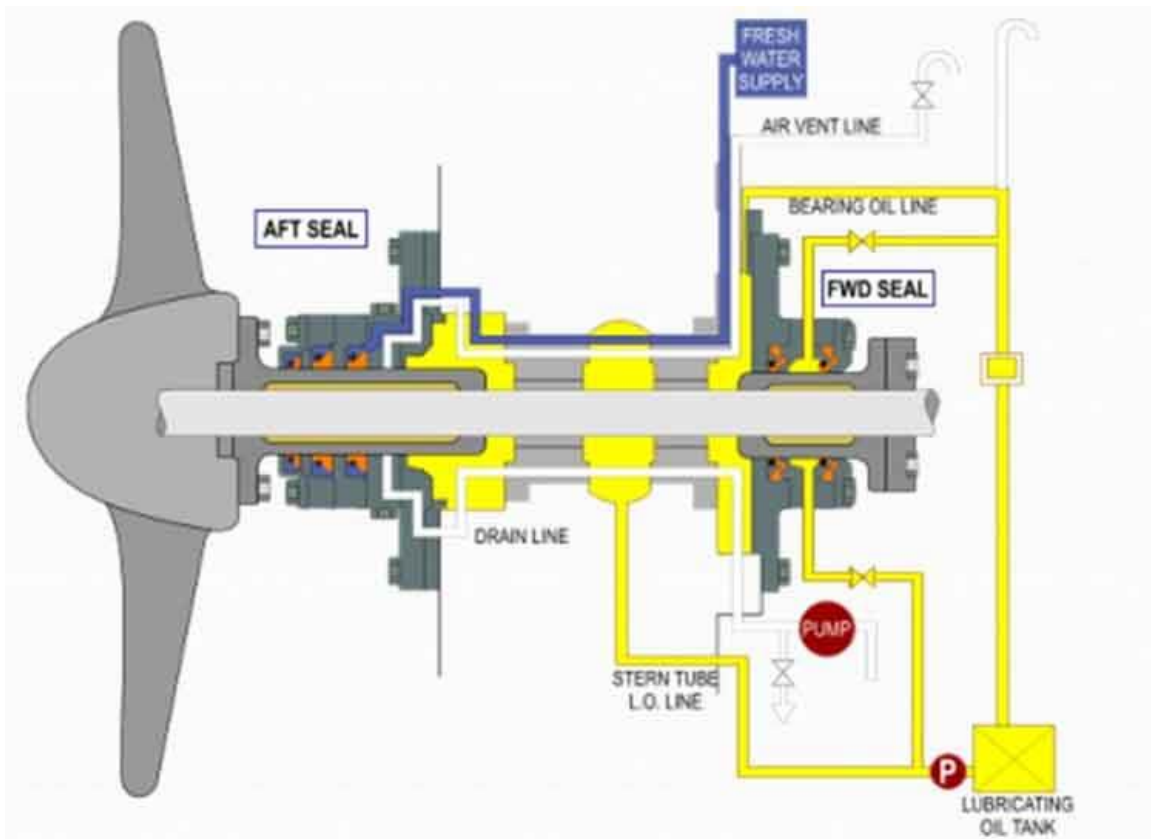
suatu tantangan dari sisi *Non-reversible* dan *Rotational Speed*, yang mana memerlukan pertimbangan teknis lebih lanjut. Untuk kepentingan reverse diperlukan adanya *reversing turbines* yang secara terpisah diinstal ke sistem. Sementara itu untuk mengatasi *rotational speed*-nya yang relatif tinggi, maka diperlukan adanya *mechanical geared* untuk menurunkan putaran *outputturbines* khususnya untuk alat gerak kapal berjenis

screwpropeller, sehingga hal itu menyebabkan terjadinya *power loss* berkisar 2 hingga 4 persen.

Penurunan putaran *turbines* (rpm) ke *propeller shaft* (poros *propeller*), dapat juga diatasi dengan merancang *electric driven*, yaitu dengan meng-*couple* secara langsung antara turbine dengan generator yang mana keduanya samasama memiliki operasional yang lebih efisien bila dalam kondisi putaran tinggi. Kemudian, generator men-supply listrik ke *electric* motor yang dihubungkan dengan poros propeller kapal. Hal ini memberikan kelonggaran pada masalah lay-out engine room yang mana pengaruh hubungan poros secara langsung dari turbine ke *propulsor* dapat dieleminasi. *Turbo-electric Drive* juga memberikan keuntungan terhadap pengurangan untuk reversed gear mechanism serta fleksibilitas dalam operasinya. Namun demikian, *power loss* akibat transmisi tenaga serta *investment* perlu dipertimbangkan.

- *Internal Combustion Engines* yang digunakan dalam propulsi kapal, pada umumnya adalah *Reciprocating engines* yang beroperasi dengan prinsip-prinsip diesel (*compression ignition*) yang mana kemudian dikenal dengan nama *Diesel Engines*. Berbagai ukuran untuk *Diesel Engines* ini kemudian dibuat, mulai dari kebutuhan untuk pleasure boats hingga ke modern supertankers dan *passenger liners*. *Engine* ini dapat dikembangkan hingga memberikan lebih dari 2500 kW per *cylinder*, maka *output power* bisa mencapai 30,000 kW untuk 12 *cylinders* (40,200 HP). Torsi yang diproduksi oleh *Diesel Engine*, adalah dibatasi oleh *maximum pressure* dari masing-masing silinder-nya. Sehingga, ketika engine memproduksi *maximum torque*, *Diesel Engine* secara konsekuensi, mungkin memproduksi power sedemikian hingga proporsional dengan RPM untuk masing-masing throttle setting-nya. Pembatasan ini kemudian menyebabkan masalah tersendiri didalam melakukan matching antara *Diesel Engine* dan *Propeller*.

- *Gas Turbine* juga telah dikembangkan dalam dunia *ship propulsion* yang mana bahan bakar (*fuel*) dibakar melalui proses udara yang dikompresikan, dan gas panas hasil pembakaran tersebut digunakan untuk memutar turbine. *Gas turbine* umumnya diaplikasikan pada dunia kedirgantaraan, dan perkembangannya sangat tergantung pada teknologi metal yang mampu menahan terhadap tekanan dan temperatur yang tinggi. Keunggulan dari gas *turbine* ini terletak pada ukuran dan kapasitas *power* yang dihasilkan dibandingkan dengan tenaga penggerak lainnya. Selain itu, kesiapannya untuk beroperasi pada kondisi *full load* sangat cepat, yaitu berkisar 15 menit untuk *warming-up period*.



Gambar 3.4

Marine Gas Turbine yang sangat jarang dijumpai pada kapal-kapal niaga, hal ini disebabkan karena operasi dan investasinya yang relatif mahal. Sehingga paling banyak dijumpai pada kapal-kapal perang jenis, *frigates; destroyers, patrol crafts*, dsb.

Instalasinya pun kadang merupakan kombinasi dengan tipe permesinan yang lainnya, yakni *Diesel engines*.

Beragam macam dari tipe *marine engines*, tidak semuanya di-rate pada basis yang sama. Sebagai misal, *Steam Reciprocating Engines* selalu di-rate dalam bentuk *Indicated Power (PI)*; *Internal Combustion Engines* dalam bentuk *Indicated Power*, atau juga, *Brake Power (PB)*; dan *Turbine* dalam bentuk *Shaft Power (PS)*. Bentuk *Horse Power* masih tetap digunakan sampai saat ini, dimana untuk 1 HP = 0.7457 kW, sedangkan dalam English units 1 HP = 550 ft-lb per sec. *Indicated Power* diukur di dalam *cylinders*, yang artinya, ada suatu *instruments* yang bertugas merekam secara kontinu tekanan uap atau gas. Dari *resultant indicator card*, *Mean Effective Pressure* diukur, sebagai berikut :

Pengukuran dilaksanakan dikapal, dengan lokasi ukur sedekat mungkin dengan *propeller*.

Pengukuran dilakukan dengan bantuan suatu *instrument (torsionmeter)*, yang mengukur sudut *twist* antara dua *section poros propeller* tersebut. Sudut terukur dapat diartikan proporsional terhadap torsi yang ditransmisikan. *Shaft power* dapat dihitung dengan formulasi sebagai berikut : [dalam satuan kWatts] (1.3), dimana d_s adalah shaft diameter (m); G adalah *Shear modulus of Elasticity* dari material poros (kN/m^2); θ merupakan sudut *twist* yang terukur (derajat); LS adalah panjang shaft hingga di titik dimana *twist* tersebut

diukur (m); dan n adalah revolution per sec. Harga dari shear modulus untuk poros baja adalah $8.35 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$

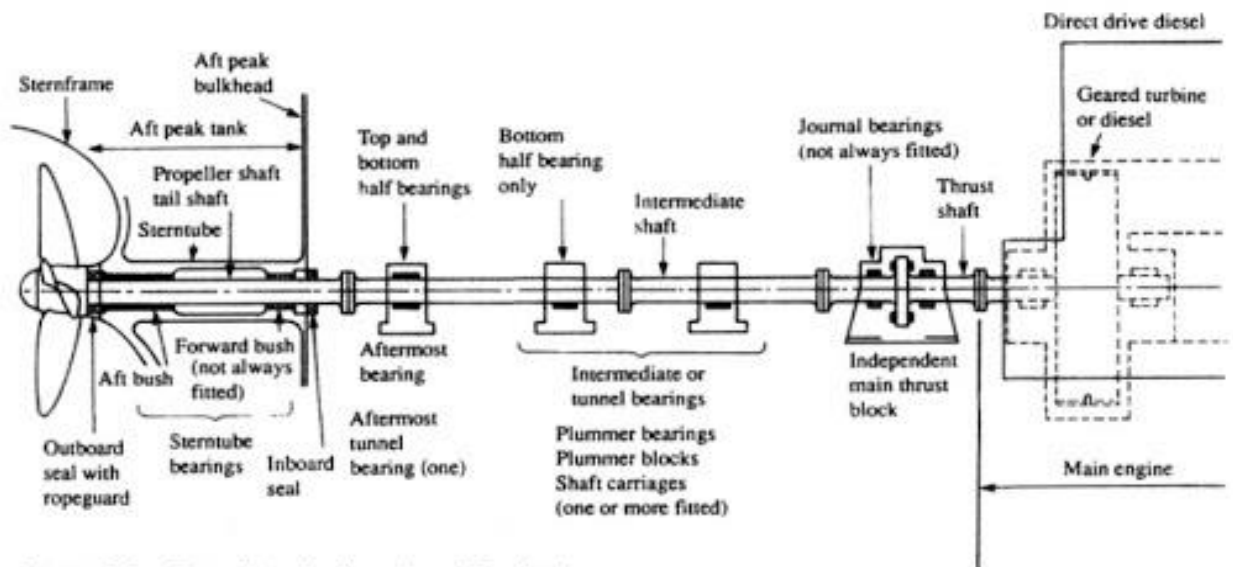


Figure 8.2 Propeller shaft system (Glacier)

Gambar 3.5 Bagian-Bagian *Shafting System*

3.3 PENGENALAN *PROPULSORS* (ALAT GERAK KAPAL)

Secara mendasar alat gerak kapal dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua), yaitu : alat gerak kapal yang non-mekanik dan yang mekanik. Alat gerak kapal yang non-mekanik adalah Dayung dan Layar. Sedangkan alat gerak kapal yang mekanik, adalah sebagai berikut :

1. *Fixed Pitch Propeller*
2. *Ducted Propeller*
3. *Contra-rotating Propeller*
4. *Overlapping propeller*
5. *Controllable Pitch Propeller*
6. *Waterjet Propulsion System*
7. *Cyclodial Propeller*
8. *Paddle Wheels*
9. *Superconducting Electric Propulsion System*
10. *Azimuth Podded Propulsion System*

(a) SEJARAH PERKEMBANGAN *PROPULSORS*

Awal sejarah perkembangan tentang alat gerak kapal mungkin dapat ditarik jauh hingga kisaran 287 – 212 SM yang mana seorang Archimedes menemukan piranti untuk memindahkan air dari danau ke saluran..irigasi pertanian Syracuse di Sicily. Alat ini kemudian dikenal dengan sebutan “*Archimedean Screw Pumps*”.

Kemudian di Abad ke XV-an, seorang bernama Leonardo da Vinci (1452-1519) telah membuat sketsa teknis tentang prinsip-prinsip ulir (*screw principle*) seperti yang digunakan sebagai *helicopter* rotor. Beberapa tahun kemudian di tahun 1661, Toogood dan Hayes dari Britain telah mematenkan (*claimed patent*) temuannya yang mana prinsip screw menggunakan helical surfaces (*Archimedean screws*) sebagai propeller. Selanjutnya, seorang ahli fisika dari Inggris yang bernama Hooke di tahun 1680 menyarankan untuk menggunakan *Archimedean screw* dan pada generasi Selanjutnya di sekitar tahun 1802-04, pak C. Steves seorang berkebangsaan Amerika telah menggunakan screw propeller yang mana bentuknya mirip dengan screw propeller sekarang ini untuk menggerakkan *twin screw steamer* dengan ukuran panjang 7.5 meter. Di tahun 1828, *Sir Robbert Wilson* seorang petani dari *skotlandia* yang telah sukses mendemonstrasikan prinsip-prinsip *screw propeller*. Pada tahun 1836, seorang petani dari Inggris yang bernama Mr Smith telah menerapkan secara praktis untuk yang pertama kali. Dia menggunakan single bladed screw yang terbuat dari kayu yang mana dapat berputar secara dua arah. Di tahun yang sama 1836, pak *J. Ericsson*, seorang ahli teknik dari Swedia mengembangkan *fore runner of contrarotating propeller* (dua roda dengan tiga daun *helicoidal* berputar dengan arah

Pada tahun 1839, Mr Smith melengkapi kapalnya yang berbobot 237 ton, dengan Archimedes screw props, yang mana hasilnya sukses luar biasa dan hal ini kemudian menggeser aplikasi dari Paddle propulsion systems ke Screw propulsion system. Perkembangan dari steam engines (1840-1850) telah memberikan kontribusi untuk penggunaan screw propellers secara efektif. Di tahun 1845, kapal Great Britain adalah kapal dengan screw propeller pertama yang melintasi lautan Atlantic. Selanjutnya, pada tahun 1880, Thornycroft telah merancang propellers yang bentuknya sama dengan propellers saat ini.

Selanjutnya mulai tahun 1880 hingga 1970, bentuk dasar dari propeller tidak banyak mengalami perubahan. Baru kemudian di era 1970 hingga 1990'an, dimana terjadi kondisi 'Fuel crisis' dan pertimbangan-pertimbangan terhadap 'environmental effects' (misalnya ; low noise, vibrations dan emissions) telah memberikan impact pada rancangan bentuk propeller dan stern configurations, yang mana juga membawa pada perkembangan mengenai unconventional propellers

(b) PROPULSORS MODERN

Fixed Pitch Propellers (FPP)

- Baling-baling jenis ini secara 'tradisi' telah membentuk basis produksinya
- Baling-baling ini secara umum telah memenuhi 'proporsi' yang tepat terutama jenis rancangan dan ukurannya, baik itu untuk baling-baling perahu motor yang kecil hingga untuk kapal muatan curah hingga kapal tangki yang berukuran besar
- FPP ini adalah mudah untuk membuatnya Baling-baling *Ducted* terdiri dari dua komponen, yaitu :
 1. Saluran pipa (*Duct*) berbentuk seperti gelang yang mana mempunyai potongan melintang berbentuk aerofoil, dan
 2. Baling-baling

Keberadaan ‘saluran pipa’ (*duct*) akan mengurangi gaya-gaya tekanan yang menginduced pada lambung kapal. Baling-baling jenis ini dikenal dengan sebutan *Kort Nozzles*, melalui pengenalan *Kort Propulsion Company’s* sebagai pemegang Hak Paten dan asosiasi dari jenis baling-baling ini. Efisiensi Baling-Baling ditingkatkan tergantung atas beban baling-baling.

Contra-rotating propellers

Baling-baling jenis ini mempunyai dua-coaxial propellers yang dipasang dalam satusumbu poros, secara tersusun satu didepan yang lainnya dan berputar saling berlawananarah.

Baling-baling ini memiliki keuntungan hidrodinamis terhadap permasalahan penyelamatan energi rotasional ‘*slip stream*’ yang mungkin akan ‘hilang’ bilamana kita menggunakan sistem ‘*single screw propeller*’ yang konvensional. Energi yang dapat diselamatkan sekitar 15% dari dayanya. Baling-baling jenis ini biasanya diaplikasikan pada *small outboard units* yang beroperasi pada putaran 1500 sampai dengan 2000 RPM. Untuk aplikasi pada kapalkapal yang berukuran relatif besar terdapat permasalahan teknis yang terkait dengan sistem perporosan yang relatif mempunyai ukuran lebih panjang.

Overlapping Propellers

Konsep dari baling-baling ini adalah dua *propeller* tidak dipasang/diikat secara coaxially, tapi masing-masing propeller memiliki sumbu poros pada sistem perporosan yang terpisah. Sistem ini dalam prakteknya, adalah sangat jarang diaplikasikan. Meskipun efisiensi propulsi dari sistem ini adalah lebih tinggi dari single screw propeller, namun sistem ini sangat berpengaruh terhadap besarnya tingkat getaran dan gravitasi yang ditimbulkan.

Controllable Pitch Propellers (CPP)

Pemilihan dalam aplikasi baling-baling *CPP* dibandingkan dengan penerapan *FPP*, adalah disebabkan oleh kebutuhan yang lebih tinggi untuk pengaturan dalam operasional yang harus lebih fleksibel dari pada kebutuhan efisiensi propulsi pada saat kondisi servis. Baling-baling *CPP* menyediakan ekstra dalam tingkat ‘derajad kebebasan’ melalui kemampuan perubahan ‘pitch’ dari daun baling-balingnya. Hal ini khususnya untuk kapal-kapal jenis ferries, tugs, trawlers, dan fisheries yang membutuhkan kemampuan manouever (olah-gerak) lebih tinggi.

Namun demikian, biaya manufaktur/fabrikasinya adalah sangat tinggi serta kebutuhan biaya untuk perawatan dan perbaikan juga relatif tinggi.

Waterjet Propulsion System

Sistem propulsi *waterjet* telah menjawab tentang kebutuhan akan aplikasi sistem propulsi untuk variasi dari small high speed crafts, meski sesungguhnya juga banyak kita jumpai aplikasi sistem propulsi ini pada kapal-kapal yang berukuran relatif besar. Prinsip operasi dari *waterjet*, air dihisap melalui sistem ducting oleh internal pump yang mana terjadi penambahan energi pada air. Kemudian, air tersebut di semprotkan ke belakang dengan kecepatan yang tinggi. Gaya dorong (*Thrust*) yang dihasilkan merupakan hasil dari penambahan momentum yang diberikan ke air. Sistem lebih disukai untuk suatu baling-baling konvensional. Sebab suatu baling-baling konvensional mengalami *cavitation* pada kecepatan sangat tinggi (45 knots), tetapi di dalam *waterjet* unit pompa mestinya tidak

terjadi kavitasi. Sistem propulsi *Waterjet* memiliki kemampuan untuk meningkatkan olah-gerak kapal.

Cycloidal Propellers

Sistem *Cycloidal Propellers* adalah juga dikenal dengan sebutan baling-baling poros vertikal meliputi satu set *verically mounted vanes*, enam atau delapan dalam jumlah, berputar pada suatu cakram horisontal atau mendekati bidang horisontal. Sistem ini mempunyai keuntungan yang pantas dipertimbangkan ketika kemampuan olah gerak dalam mempertahankan posisi stasiun kapal merupakan faktor penting pada perencanaan kapal. Dengan aplikasi propulsor jenis ini, maka instalasi kemudi yang terpisah pada kapal sudah tidaklah diperlukan. Sistem dilengkapi dengan rangka pengaman untuk membantu melindungi *propulsor* tersebut dari kerusakan-kerusakan yang disebabkan oleh sumber eksternal. *addle Wheels* (Roda Pedal). adalah satu tipe propulsors mekanik yang aplikasinya sudah jarang ditemui saat ini. Seperti namanya, maka *Paddle Wheels* ini adalah suatu roda yang pada bagian diameter uarnya terdapat sejumlah bilah/sudu-sudu yang berfungsi untuk memperoleh momentum geraknya. Ada dua tipe bilah/sudu yang diterapkan pada propulsors jenis ini, antara lain : *fixed blades* dan *adjustable blades*.

Pada *fixed blades*, sudu-sudu terikat secara mati pada bagian roda pedal tersebut. sehingga hasil momentum gerak dari roda pedal tidaklah begitu optimal. Namun bila ditinjau dari aspek teknis pembuatannya adalah sangat jauh lebih mudah daripada *adjustable blades*. Hal ini disebabkan oleh tingkat kompleksitas konstruksi - *adjustable blades*-nya, yang mana harus mampu menjaga posisi blades agar selalu tegak lurus terhadap arah gerak kapal.

Kelemahan teknis dari *propulsors* ini adalah terletak pada adanya penambahan / perubahan lebar kapal sebagai konsekuensi terhadap penempatan kedua roda pedal di sisi sebelah kiri dan kanan dari badan kapal. Selain itu, keberadaan instalasi roda pedal adalah relatif berat bila dibandingkan dengan screw propeller. Sehingga secara umum aplikasi roda pedal membawa konsekuensi juga terhadap berat instalasi motor penggerak kapal. Kemudian *paddle-wheels* ini juga rentan terhadap gerakan rolling kapal, yang mana akan menyebabkan 'ketidak-seimbangan' momentum gerak yang dihasilkan. Kondisi ini tentu akan mengakibatkan gaya dorong *paddle-wheels* menjadi seragam antara roda disebelah kiri dan kanan kapal, sehingga laju gerak kapal berubah 'zig-zag'. Aplikasi yang tepat dari roda pedal ini adalah untuk perairan yang tenang, seperti danau, sungai dan pantai.

Super-conducting Electric Propulsion

Pada sistem ini tidak perlu disediakan *propulsors* (alat gerak kapal), seperti misalnya screw propellers ataupun paddle-wheels. Prinsip dasarnya adalah merupakan *electromagnetic propulsion*, yang mana dihasilkan dari interaksi antara *fixed coil* didalam badan kapal dan 'arus listrik' yang dilewatkan melalui air laut oleh electrode-elektrode yang tempatkan pada bagian dasar (*bottom*) dari lambung kapal.

Gaya yang dihasilkan secara orthogonal terhadap medan magnet dan arus listrik, adalah merupakan hasil dari *Fleming's right-hand rule*. Jenis *Propulsion* ini mampu menekan tingkat noise dan vibration akibat propulsi hidrodinamik, sehingga hal ini menjadikan pertimbangan tersendiri untuk aplikasi pada kapal-kapal angkatan laut. Satu dari masalah utama yang terjadi pada sistem propulsi ini adalah kesulitankesulitan teknis untuk menjaga *superconducting coil di zero resistance property*, yang mana hal tersebut dibutuhkan untuk menjaga temperatur Liquid Helium hingga mencapai -2680C.

Azimuth Podded Propulsion System

Jenis *propulsion system* ini memiliki tingkat olah-gerak kapal dan efisiensi yang tinggi, demikian juga dengan tingkat noise dan cavitation yang relatif rendah. Saat ini pengguna terbanyak dari sistem pod units ini adalah kapal-kapal *cruise liner*. Pengenalan teknologi pada aplikasi *Pod Propulsion* ini akan membawa perubahan untuk penempatan unit propulsi, yang sedemikian hingga tanpa perlu lagi mempertimbangkan susunan *shaft* atau *space* untuk motor penggerak. Tentu saja, hal ini akan memberikan kesempatan-kesempatan baru kepada designers kapal untuk membuat rancangan '*ultimate hullform*'.

BAB 4

Evaporator

4.1 Pengertian *Evaporator*

Evaporator sebuah alat untuk memproses penguapan dengan cara pengambilan panas yang menyebabkan bahan ruangan atau apapun lainnya menjadi dingin. *Evaporator* sering jug disebut *cooling coil*, *boiler* dan lain-lain, tergantung dari bentuknya. Karena keperluan dari *evaporator* berbeda-beda, maka *evaporator* dibuat dalam bermacam-macam bentuk, ukuran dan perencanaan. *Evaporator* juga dapat dibagi ke dalam beberapa golongan dilihat dari konstruksinya, cara kerjanya, aliran bahan pendingin, macam pengontrolan bahan pendingin dan pemakaiannya.

4.2 Bagian-bagian *Evaporator* dan cara kerja

Bagian – Bagian :

1. Lapisan dan pipa (*Shell and Tubes Evaporator*)

Jenis ini digunakan untuk sistim pendingin tak langsung artinya *evaporator* tidak ditempatkan didalam ruangan yang didinginkan dan mengambil panas ruangan yang didinginkan, melainkan *evaporator* menguap *refrigerant* dengan mengambil panas dari media kedua dan mendinginkan media tersebut.

Diameter pipa-pipa berkisar antara 16mm sampai 50 mm dan dipasaran dari 1,5 sampai 6 meter. Untuk *evaporator* yang menggunakan *refrigerant* Amoniak, pipa-pipanya dibuat dari baja sedangkan untuk *refrigerant* lainnya cukup dengan bahan dari tembaga (*copper*) untuk memperoleh koefisien pemindah panas yang lebih tinggi

2. Pipa telanjang (*Bare tubes Evaporator*)

Sistim pendingin diatas kapal pada umumnya menggunakan sistim.

Sistim pemasanganya merupakan pipa-pipa yang berbntuk spiral dan dipasang langsung menempel pada dinding ruangan yang didinginkan. Jenis ini banyak dijumpai pada ruang-ruang pendingin cadangan makanan di kapal (*meet room & fish room*) yang menggunakan sistem pendingin langsung (*direct cooling system*).

3. Permukaan plat (*Plate Surface Evaporator*)

Evaporator jenis ini mempunyai beberapa tipe yang kegunaanya bisa dipakai pada refrigerasi rumah tangga seperti kulkas juga pada ruangan cadangan (*storage room*) dan di mobil truk pendingin.

4. Permukaan pipa (*Finned tubes Evaporator*)

Evaporator jenis ini adalah bentuk *bare tubes* yang diberi/dipasang pelat-pelat sebagai sayap atau sirip yang berfungsi untuk memperluas permukaan penyerap panas. Bahan yang digunakan untuk jenis ini adalah baja (*steel*) untuk rumah *shell*, sedangkan pipanya dari baja atau kuningan aluminium (aluminium

brass) dan siripnya dari aluminium. *Evaporator* jenis ini disebut juga dengan *Chiller* dan digunakan untuk mendinginkan *refrigerant* kedua (*Air Brine*) yang berada disebelah luar pipa.

4.3 Cara Kerjanya :

Evaporator merupakan alat untuk menevaporasi larutan sehingga prinsip kerjanya merupakan cara kerja dari *evaporasi* itu sendiri. Cara kerjanya ialah dengan menambahkan kalor atau panas yang bertujuan untuk memekatkan suatu larutan yang terdiri dari zat pelarut yang memiliki titik didih yang rendah dengan pelarut yang memiliki titik didih yang tinggi sehingga pelarut yang memiliki titik didih yang rendah akan menguap dan hanya menyisahkan larutan yang lebih pekat dan memiliki konsentrasi yang tinggi. Proses *evaporasi* memiliki ketentuan, yaitu:

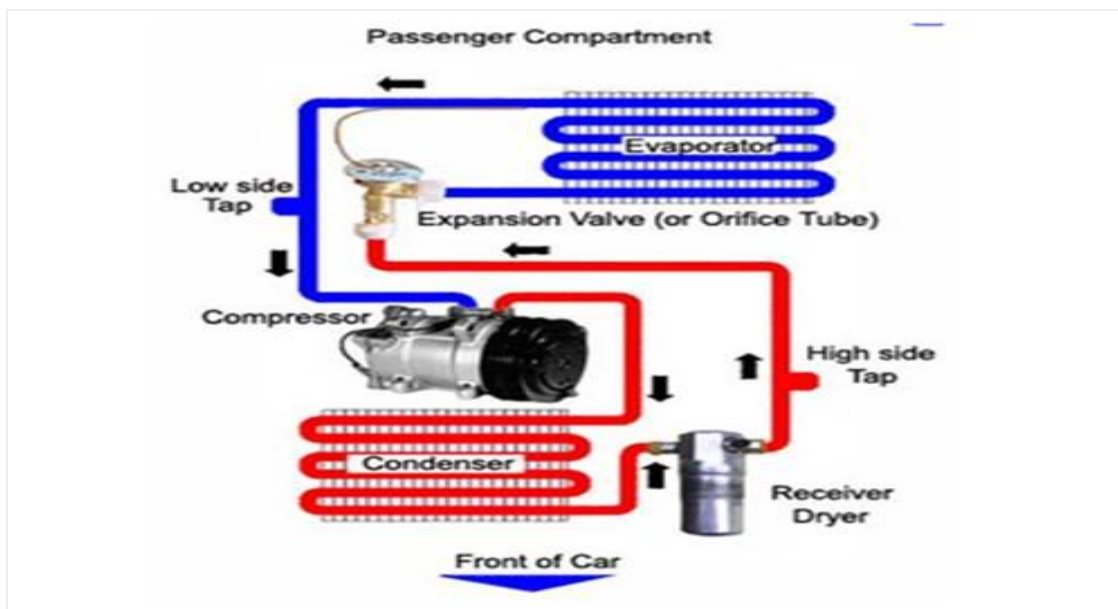
1. Pemekatan larutan didasarkan pada perbedaan titik didih antar zat-zatnya.
2. titik didih cairan dipengaruhi oleh tekanan.
3. dijalankan pada suhu yang lebih rendah dari titik didih normal.
4. titik didih cairan yang mengandung zat yang tidak menguap akan tergantung tekanan dan kadar zat tersebut.
5. Beda titik didih larutan dengan titik didih cairan murni disebut kenaikan titik didih (boiling range)

Menurut Arismunandar dan Saito (2005), penempatan *evaporator* dibedakan menjadi empat macam sesuai dengan keadaan *refrigerant* didalamnya, yaitu :

- 1) *Evaporator* kering (*dry expansion evaporator*)
- 2) *Evaporator* setengah basah
- 3) *Evaporator* basah (*flooded evaporator*), dan
- 4) Sistem pompa cairan

Pada *evaporator* kering, cairan *refrigeran* yang masuk kedalam *evaporator* sudah dalam keadaan campuran cair dan uap, sehingga keluar dari *evaporator* dalam keadaan uap kering, karena sebagian besar dari *evaporator* terisi uap maka penyerapan kalor tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan *evaporator* basah.

Namun, *evaporator* kering tidak memerlukan banyak *refrigeran*, disamping itu jumlah minyak pelumas yang tertinggal didalam *evaporator* sangat kecil.

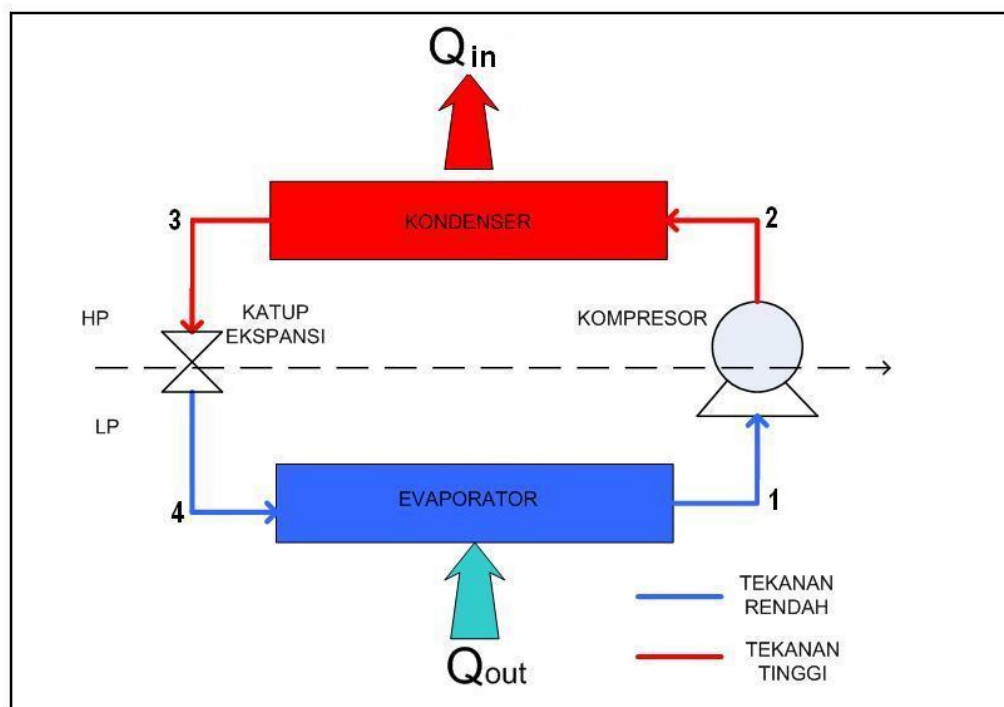


Gambar 4.1 Evaporator jenis ekspansi kering

Pada *evaporator* jenis setengah basah, kondisi *refrigeran* diantara *evaporator* jenis ekspansi kering dan *evaporator* jenis basah.

Pada *evaporator* basah terdapat sebuah akumulator untuk menampung *refrigeran* cair dan gas, dari akumulator tersebut bahan pendingin cair mengalir ke *evaporator* dan menguap didalamnya.

Sisa *refrigeran* yang tidak sempat menguap di *evaporator* kembali kedalam akumulator, didalam akumulator *refrigeran* cair berada dibawah tabung sedangkan yang berupa gas berada diatas tabung.



Gambar 4.2 Evaporator jenis ekspansi basah

Berdasarkan konstruksinya evaporator dibedakan menjadi tiga yaitu:

1) Evaporator permukaan datar (*evaporator plate*)

Evaporator ini merupakan sebuah plat yang diberi saluran bahan pendingin atau pipa yang dililitkan pada plat. Evaporator jenis ini banyak digunakan pada freezer atau contact freezer dan proses pemindahan panas menggunakan sistem konduksi.

2) Evaporator bare

Jenis ini merupakan pipa yang dikonstruksi melingkar atau spiral yang diberi rangka penguat dan dipasang pada dinding ruang pendingin. Jenis banyak digunakan pada *cold storage*, palkah-palkah ikan dikapal, dan rak air garam.

3) Evaporator sirip

Evaporator ini merupakan pipa yang diberi plat logam tipis atau sirip-sirip yang berfungsi untuk memperluas permukaan *evaporator* sehingga dapat menyerap panas lebih banyak.

Sirip-sirip ini harus menempel erat pada *evaporator*. Proses pemindahan panas dilakukan dengan sistem secara tiupan dan banyak digunakan pada AC (*air conditioner*), pendingin ruangan (*cool room*.)

4.4 Cara perawatan

Perawatan *Evaporator* jenis apapun secara umum tetap memerlukan perawatan yang disiplin, sesuai jadwal prosedur yang harus dipahami oleh semua orang yang memanfaatkannya. Dengan melihat proses kerja *evaporator* yang utama adalah melakukan sistem penyerapan panas yang berada di dalam ruang atau kamar yang akan didinginkan, maka jelas perawatan mengharuskan jangan terlalu sering membuka pintu ruang/kamar pendingin tersebut, apalagi sampai berlama-lama pintu terbuka yang akan menambah sejumlah panas udara luar (suhu +/- 30 °C) masuk kedalam.

Untuk sistem pendinginan diatas kapal yang memiliki ruang/ kamar pendingin yang cukup besar, umumnya sebelum orang atau bahan cadangan makanan dari darat masuk kedalam ruang/kamar pendingin orang dan bahan makanan tersebut harus melalui ruang/kamar *lobby* yang mempunyai suhu cukup dingin untuk penyesuaian orang dan bahan cadangan makanan tersebut.

Kondisi ini sangat penting disamping untuk meringankan beban *evaporator* juga untuk menjaga kualitas bahan makanan yang dari darat dengan suhu +/- 30°C agar jangan dikejutkan dengan masuk keruang pendingin (*meat room*) dengan suhu mencapai -10°C. Sebaliknya juga untuk makanan yang akan diambil dari *meat room* juga harus diberhentikan beberapa waktu di *lobby room* untuk agar jangan sampai makanan tersebut dikejutkan dengan suhu udara luar yang cukup panas

Perawatan ketiga, pembersihan seluruh permukaan daripada pipa-pipa dan plat – plat *evaporator* dari bunga-bunga es atau salju yang menutupi dan menghambat proses penyerapan panas didalam ruang pendingin tersebut. Pembersihan cukup dengan menggunakan siraman air tawar namun, sebelumnya *system* sudah dimatikan terlebih dahulu. Perhatikan semua air tawar bekas mencuci *evaporator* didalam ruang pendingin harus segera dibersihkan atau dikeringkan sebelum *system* dijalankan kembali. Air tawar bekas cucian yang masih tergenang didalam ruang pendingin juga akan mengganggu proses jalanya penyerapan panas didalam ruang pendingin itu sendiri.

Perawatan *evaporator* tersebut diatas adalah masih merupakan perawatan dari sisi/bagian luar *evaporator* yang dengan mudah dijalankan sesuai kondisi yang terlihat sehari-hari, namun tidak akan berpengaruh pada perawatan bagian dalam *evaporator*.

Perawatan *evaporator* bagian dalam *evaporator* yang sudah kotor, banyak endapan lumpur minyak, air, dan lainnya hanya dapat dibersihkan dengan menjalankan sistem *defrosting* yang sekaligus membersihkan seluruh perjalanan di dalam *system* mesin pendingin

4.5 Masalah masalah yang sering terjadi pada refrigerant plant di kapal.

1). *Compressor jalan tapi berhenti tiba-tiba.*

Ketika *refrigerant* kompressor start dan stop dengan tiba-tiba itu bisa terjadi karena alasan berikiut.

- *Low press. Cut-Out* bekerja (Pastikan bahwa semua *suction valve* pada posisi terbuka, di sisi *freon* dengan kapasitas tepat, dan *low press cut-out* tidak rusak).
- Rusaknya *oil press cut out* (Pastikan *oil press cut out* bekerja dengan dengan benar dan ganti jika rusak)
- *Defrosting timer* lebih sering bekerja (Jika *defrosting timer* sering bekerja bisa menyebabkan *compressor cut out*, periksa dan perbaiki *defrosh timer*)
- Lub oil dibawah level *minimum* (ini bisa terjadi karena kebocoran oil seal dan berlebihan aliran oli. Perbaiki kebocoran dan isi oli pada level tepat).
- Oli berbusa, ini bisa menyebabkan berkurangnya tekanan oli(pastikan tidak ada *foaming*, dan ganti oli jika diperlukan).
- *Motor overload cut out* bekerja(pastikan bahwa *electrical* motor trips bekerja dengan benar.)

2). *Compressor terlalu sering stardan stop.*

Jika dalam mempertahankan temperatur setingan pada rung pendingin , *ref compressor* sering *cut-in* dan *cut-out*, masalah seperti ini harus diselesaikan secepatnya, penyebabnya biasanya:

- Kesalahan *setting* pada *cut out*. Ini bisa terjadi karena *Hight Pressure (HP) cut out* di set terlalu tinggi atau *LP cut out* di set terlalu rendah (*check* dan ganti setingan)
- *Differential setting*, jarak terlalu kecil: Pada *low pressure (LP) cut out* bekerja berdasarkan *start* dan *stop pressure setting*. Jika jarak *setting* terlalu kecil ini akan menyebabkan lebih sering *cut in* dan *cut out* pada *compressor*(ganti setingan perbesar jarak *start* dan *stop* tekanan *compressor*)
- Kerusakan pada *valve*. Jika *discharge valve compressor* bocor atau *solenoid valve* tidak menutup dengan sempurna ini akan menyebabkan bervariasinya sensor tekanan dan akan menyebabkan lebih sering *cut in* dan *cut out compressor* (ganti *valve* yang rusak)
- *Suction filter* buntu. *Compressor* dilengkapi dengan *filter* pada *suction line*. Jika ini buntu maka akan menyebabkan LP lebih sering *cut out* (*Clean the filter*)

3). Compressor jalan terus menerus.

Fungsi *compressor* pada *refrigerant system* adalah bekerja sebagai pompa untuk meng sirkulasi *freon* dalam siklus pendinginan dengan tujuan mempertahankan temperatur dingin dalam ruangan dan untuk mencapai ini kompressor bisa jadi akan jalan terus menerus, jika ini terjadi dapat disebabkan antara lain:

- Bahan pendingin (*Freon*) tidak cukup untuk mendinginkan *evaporator* (pastikan *thermostatic expansion valve* bekerja normal dan bersihkan *filter* dalam TEV)
- *Thermostat LowPressure cut out* tidak bekerja pada temperature /tekanan rendah (set dgn tepat *LP cut out* pada settingan yang tepat)
- Bahan pendingin (*Freon*) kurang dalam *circuit* (*check* kebocoran bahan pendingin/*freon* dan tambahkan bahan pendingin/*freon*.)

4).Suara yang tidak biasa pada kompressor.

Salah satu masalah yang paling umum di permesinan adalah suara yang tidak normal dari beberapa bagian.Ini bisa terjadi karena masalah pada komponen *mechanical* didalam kompressor atau karena penyebab berikut:

- Kapasitas kontrol terlalu tinggi yang bisa menyebabkan suara knocking selama start (kurangi kapasitas kontrol setting)
- Tekanan oli kurang (Pastikan oil level pada level aman dan tidak ada busa didalamnya.Ganti atau tambahkan oli jika diperlukan)
- Kompressor dan *aligment* motor tidak tepat (periksa *alighment* dan set motor dan kompressor satu garis.)
- Baut pondasi longgar (pastikan pondasi dalam kondisi bagus dan semua baut dalam kondis terikat rapat)
- *Driving belt* longgar (pastikan dan check elastisitas belt dan ganti jika longgar)

5) Tingginya temperature discharge

Sudah menjadi keharusan ruangan pendingin dipertahankan pada temperature yang tepat, tapi terkadang *discharge* temperature pada kompressor melebihi batas maximal temperature. Masalah ini bisa terjadi karena beberapa hal antara lain:

- Tingginya temperature *suction* karena *freon* kurang di sirkuit (*Charge freon* dan perhanankan jumlah *freon* dalam circuit pada level yang sesuai. Pastikan TEV diset dengan cukup *supply freon* ke *evaporator*.Panas lebih juga akan meningkatkan *temp suction* dan *discharge* dikompressor)
- Kebocoran pada *discharge valve* dapat juga menyebabkan panas (Ganti *valve* yang bocor).

- Kebocoran pada *safety valve* (Ganti *safety valve*)
- *By pass* antara *suction* dan *discharge* terbuka (kontrol *by pass* untuk menghindari hal ini terjadi.

6) Bunga Espada evaporator.

Masalah lain pada mesin pendingin adalah adanya kristal es di *coil evaporator* yang bisa terjadi karena:

- Temperatur *setting* terlalu rendah (tingkatkan temperatur *setting* dengan mengatur TEV atau sensornya)
- Kapasitas coil kurang (pasang *coil evaporator* yang lebih besar)
- *Defrost* tidak bekerja (*check* dan pastikan sistem *defrost* bekerja normal)

7) Kemampuan untuk mendinginkan yang berkurang.

Jika kemampuan *refrigeration* untuk mendinginkan ruangan berkurang dan tidak bisa mempertahankan temperatur ruang muatan atau ruang *provision*, Hal berikut bisa jadi penyebabnya:

- Tidak cukup freon dalam sirkuit (tambah *freon*)
- Ruang tidak tertutup rapat/kerusakan *insulation room* (*Check* dan ganti *insulation*)
- Ruang diisi melebihi kapasitas (Pastikan kapasitas ruangan tidak melebihi standar)
- Kerusakan pada *solenoid* atau TEV (*Check valve* tsb dan ganti jika rusak)
- Pintu Ruang yang selalu terbuka (Tutup rapat ruangan).

8) Berkurangnya oli dalam kompressor.

Jika *oil* di *crank case* kompressor berkurang dalam waktu yang singkat. Ini mengindikasikan ada kebocoran atau peningkatan konsumsi *lub oil*.Bisa jadi karena hal berikut:

- *Nozzle* atau *filter* buntu (pastikan bahwa *nozzle* pada pipa kembali atau *filter solenoid valve* bersih dan tidak buntu)
- Oil berbusa karena ada kebocoran ada *suction line* (Busa pada *oil* bisa terjadi karena *freon* masuk kedalam *crank case*, ganti oli dan perbaiki penyebab cairan masuk ke *crank case*.)
- *Piston ring* atau *liner* sdh usang, ini bisa menyebabkan oliout kesystem(Ganti *piston ring* atau *liner*

BAB 5

REFRIGERATOR

5.1 Pengertian Mesin Pendingin (*Refrigerator*)

Mesin pendingin (*Refrigerator*) ialah suatangkaian mesin atau pesawat yang mampu bekerja untuk menghasilkan suhu atau temperatur dingin (temperatur rendah). Sesuai dengan kegunaannya mesin pendingin terdiri dari beberapa jenis antara lain :

1. *Refrigerator* untuk keperluan Industri.
2. Lemari es / Kulkas.
3. *Freezer* (Pembekuan / pendingin makanan dan minuman).
4. Penyejuk ruangan (AC/Air Conditioning).
5. *Dispenser* (untuk menghasilkan air panas dan dingin).
6. Kipas angin penyejuk.

Air Conditioner Merupakan sebuah alat yang mampu mengkondisikan udara. Dengan kata lain, AC berfungsi sebagai penyejuk udara yang diinginkan (sejuk atau dingin) dan nyaman bagi tubuh.

5.2 Macam-macam Kegunaan Mesin Pendingin

Selain untuk mengawetkan makanan dan sebagai penyejuk udara di dalam ruangan, mesin pendingin juga memiliki kegunaan-kegunaan lainnya yang lebih spesifik, yaitu Pemakaian untuk industri kimia :

- (1) Pemisahan gas-gas dari udara (*Air Sparation Plant*), yaitu gas N₂, O₂, dan Ar
- (2) Pencairan gas Amoniak (*Synthetic Amonia Plant*), yaitu dengan cara gas ammoniak dikondensasikan pada suhu 0^{0F} – 50^{0F}.
- (3) *Dehumidification of air*, yaitu penurunan kadar uap air di udara dan proses ini diperlukan juga oleh pabrik O₂ (*Air Sparation Plant*).



Gambar 5.1 Kompresor Udara (*Air Sparation Plant*)



Gambar 5.2 After Cooler dan Refrigerator pada *Air Sparation Plant*



Gambar 5.3 Refrigerator 2 tingkat

1) Pemakaian khusus

(1) Pada sambungan susutan (-145oF).

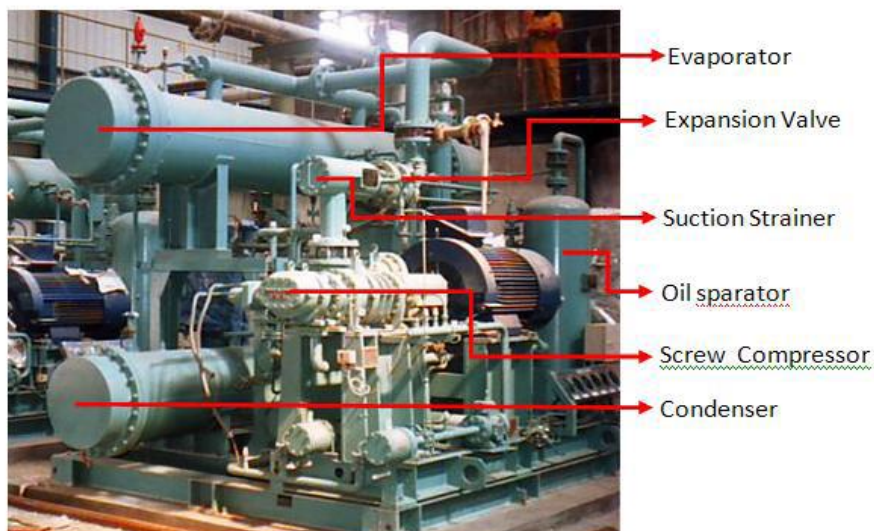
(2) *Cold treatment*, yaitu apabila baja didinginkan pada suhu -125oF selama 30 menit, maka akan menambah kekerasan dan tahan terhadap aus.

2) *Air Conditioning* (Penyejuk udara)

Digunakan untuk mendapatkan kesegaran udara yang nyaman sesuai kondisi udara yang diinginkan manusia yaitu seperti :

(1) Pemakaian AC pada ruang kerja.

(2) Kedokteran, penyembuhan pasien dapat berlangsung lebih cepat apabila keadaan udara diatur dan disesuaikan dengan kondisi pasien.



Gambar 5.4 Refrigerator

5.3 Komponen pada *Refrigerator*

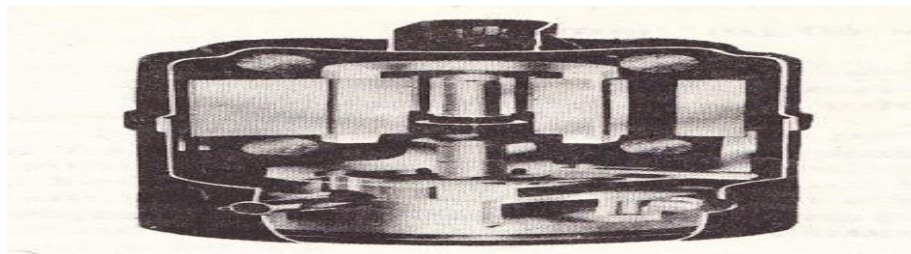
Komponen Utama *Refrigerator* adalah Sebagai berikut

1. Kompresor

Kompresor pada *refrigerator* adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menaikkan tekanan yang *refrigerant* dan menyalurkan gas *refrigeran* ke seluruh system *refrigerator*.



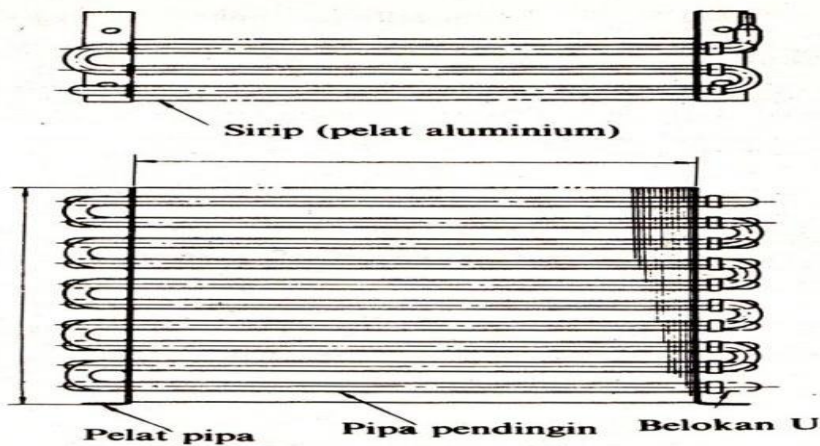
Gambar 5.5 Kompresor Sekrup (*Screw Compressor*)



Gambar 5.6 Kompresor Hermatik

2. Kondensor.

Kondensor berfungsi sebagai alat penukar kalor, menurunkan temperatur refrigeran, dan mengubah wujud refrigeran dari bentuk gas menjadi cair.

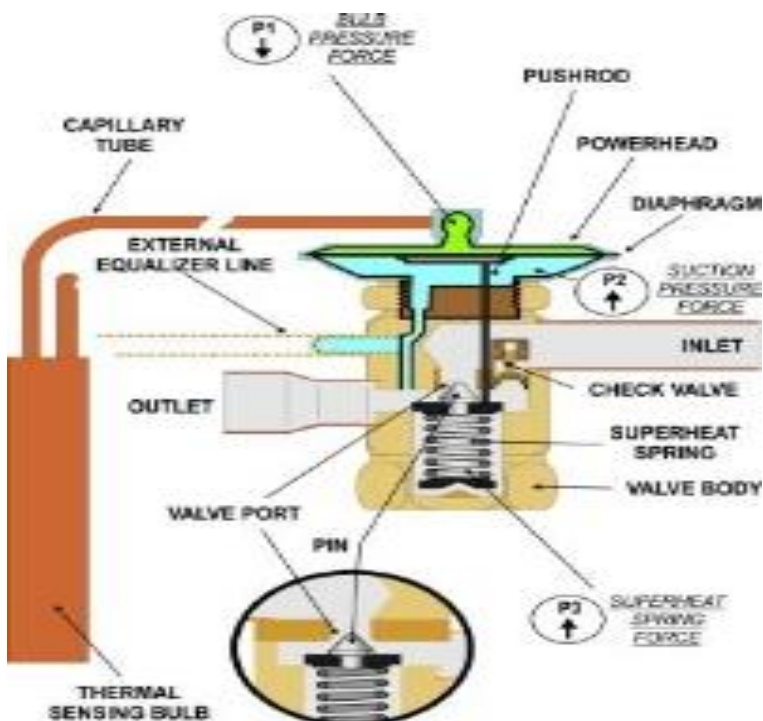


Gambar 5.7 Kondenser Koil dengan Pendinginan Udara.

Pipa Kapiler / Katup Ekspansi (*Expansion Valve*).

a. **Pipa kapiler** merupakan komponen utama yang berfungsi menurunkan tekanan *refrigeran* dan mengatur aliran *refrigeran* menuju *evaporator*.

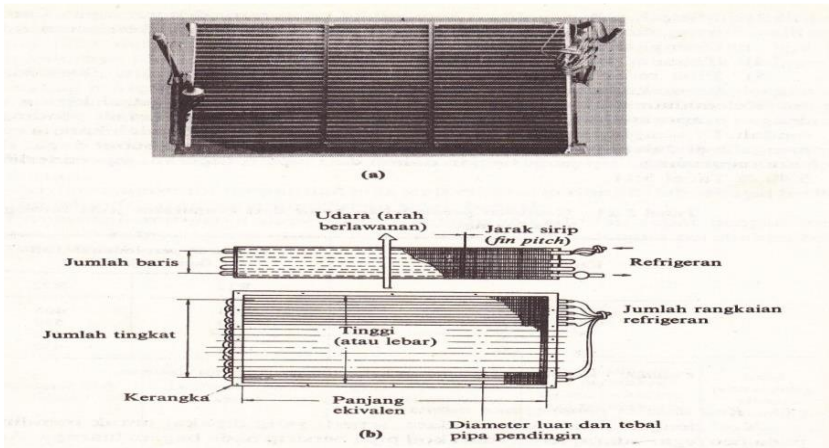
b. **Katup Ekspansi (*Ekspansi Valve*)**, Katup ekspansi dipergunakan untuk mengekspansikan untuk mengekspansikan secara adiabat cairan *refrigeran* yang bertekanan dan temperatur tinggi sampai mencapai tingkat keadaan tekanan dan temperatur rendah.



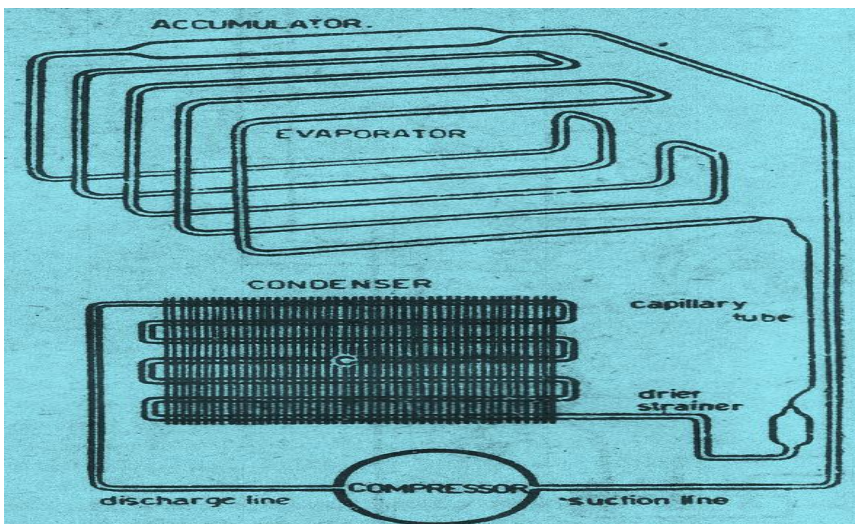
Gambar 5.8 Katup ekspansi otomatis termostatik

4. Evaporator

Evaporator berfungsi menyerap dan mengalirkan panas dari udara ke refrigeran.



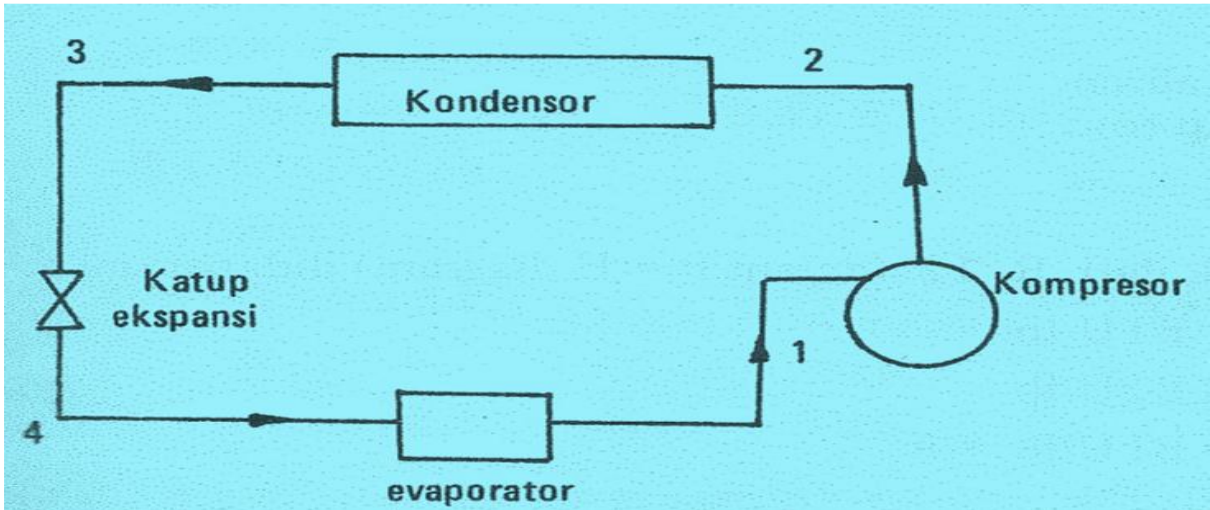
Gambar 5.9 *Evaporator* koil Pendinginan Udara.



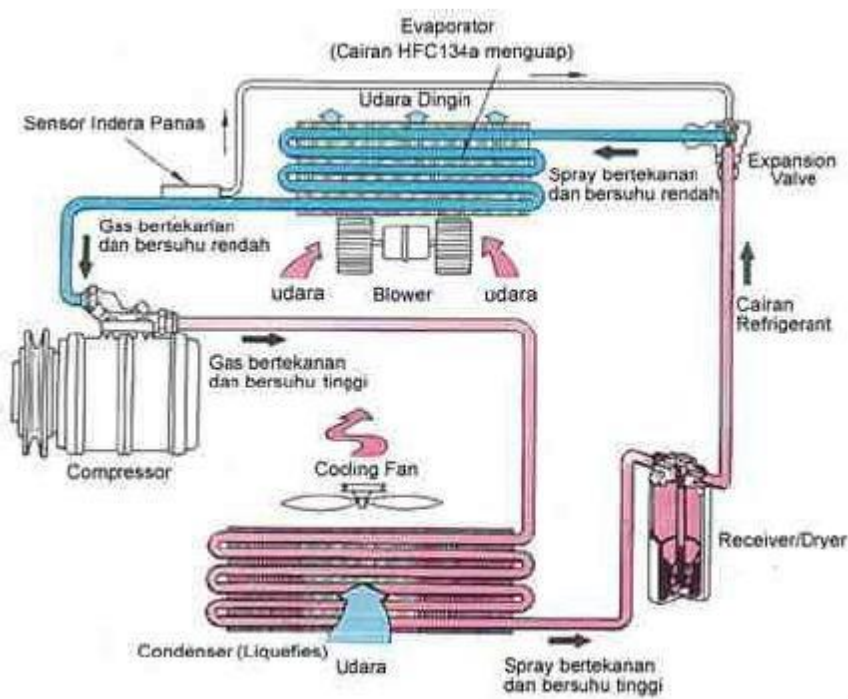
Gambar 5.10 Komponen Utama *Refrigerator* pada *Air Conditioner*

Siklus Dasar dan Konsep Teknik Pendingin

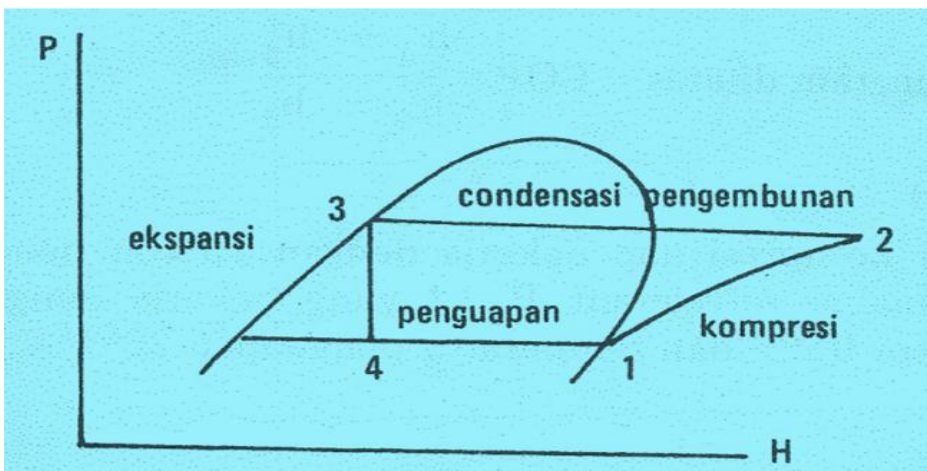
Prinsip pesawat pendingin yang banyak digunakan adalah “Sistem Kompresi”. Kompresi tersebut dapat dihasilkan dengan tenaga Kompresor. *Refrigerant* (Media Pendingin) pada system Kompresi tersebut bekerja pada dua fasa yaitu cair dan uap. *Refrigerant* di uapkan kemudian diembunkan, sedangkan pengkompresian terjadi pada fasa uap, sehingga system disebut “*Vapor Compression System*”. Siklus *Refrigerant* Carnot. Prinsipnya disini mesin menyerap panas pada suhu rendah dan melepaskan panas pada suhu tinggi. Siklus *Refrigerant* memerlukan tenaga dari luar untuk bekerja misalnya yang didapat dari kompresor.



Gambar 5.11 Skema Sistem Pendingin



Gambar 5.12 Skema Sistem Kerja Mesin Pendingin



Gambar 5.13 Siklus *Refrigrant*

- 1 – 2 Kompresi Adiabatik oleh kompresor dari uap jenuh ke suatu tekanan pada tekanan condenser. Dimana tekanannya dinaikkan, suhu juga akan meningkat, sebab bagian energi yang menuju proses kompresi dipindahkan ke *refrigeran*.
- 2 – 3 Pengembunan di dalam Kondenser dan pengeluaran panas *refrigerant* pada tekanan konstan.
- 3 - 4 Proses Expansi pada *Enthalpy* konstan ke suatu tekanan *Evaporator*.
- 4 – 1 Proses penguapan *refrigerant* pada tekanan konstan sehingga menjadi uap jenuh. Cairan *refrigeran* dalam *evaporator* menyerap panas dari sekitarnya, biasanya udara, air atau cairan proses lain. Selama proses ini cairan *refrigerant* merubah bentuknya dari cair menjadi gas.

5.4 Peryaratan *refrigerant* untuk unit *refrigerant* sebagai berikut:

- 1.tekanan penguapan harus cukup tinggi
- 2.tekanan pengembunan yang tidak terlalu tinggi
- 3.kalor leten penguapan harus tinggi
- 4.volume spesifik (terutama dalam fase gas) yang kecil
- 5.koefiesiensi prestasi harus tinggi
- 6.konduksi termal yang tinggi
- 7.viskositas yang rendah dalam fasa cair maupun gas
- 8.*refrigerant* tidak boleh beracun dan berbau merangsang
9. *refrigeren* tidak boleh mudah terbakar dan mudah terbakar
- 10.*refrigerent* harus terdeteksi jika ada kebocoran

5.5 Tujuan perawatan mesin pendingin (*refrigerator*)

Perawatan adalah kombinasi dari semua tindakan yang dilakukan dalam rangka mempertahankan

Atau mengembalikan suatu kondisi yang dapat di terims dan berfungsi sedia kala. adapun tujuan Perawatan dan pemeliharaan adalah diantaranya sebagai masa pakai barang (mesin) berikut :

- a. Memperpanjang
- b. Menjamin kesiapan peralatan kerja
- c. Menjamin keselamatan kerja
- d. Menjamin kesiapan alat

BAB 6

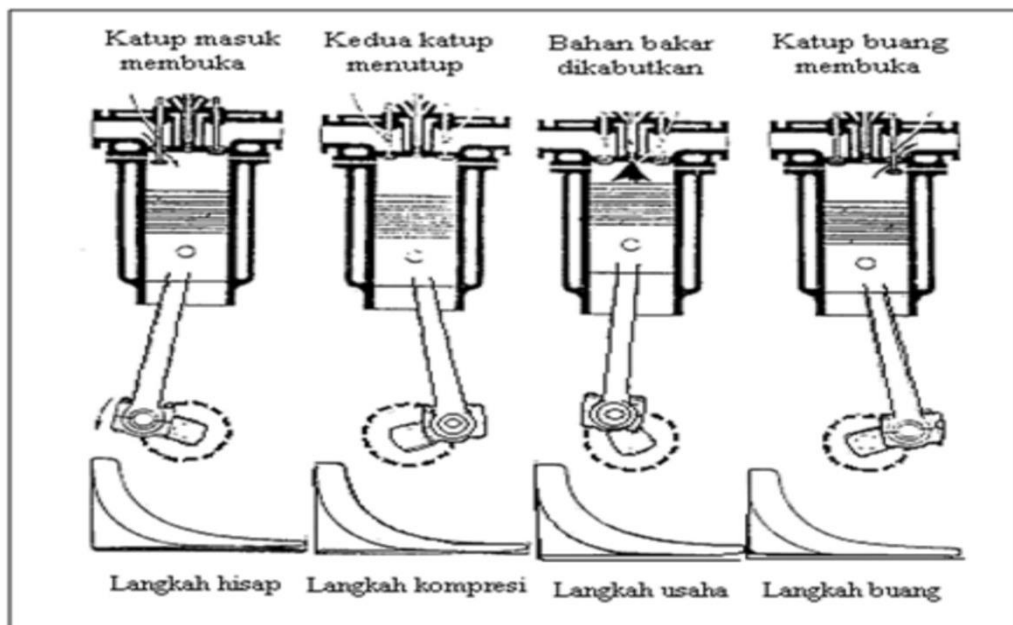
SISTEM BAHAN BAKAR MOTOR DIESEL

6.1 PENGERTIAN MOTOR BAKAR

Motor bakar adalah suatu pesawat tenaga yang dapat mengubah energi panas menjadi tenaga mekanik dengan jalan pembakaran bahan bakar. Menurut pembakarannya motor bakar dibedakan atas dua macam yaitu motor pembakaran dalam (*internal combustion engines*) dan motor pembakaran luar (*external combustion engines*). Motor pembakaran luar adalah suatu pesawat yang energinya untuk kerja mekanik yang diperoleh dengan pembakaran bahan bakar dilakukan di luar motor tersebut, seperti mesin uap dan turbin uap. Sedangkan motor pembakaran dalam ialah suatu pesawat yang energinya untuk kerja mekanik yang diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar dilakukan di dalam silinder motor itu sendiri, seperti motor diesel dan motor bensin.

6.2 MOTOR 4 LANGKAH

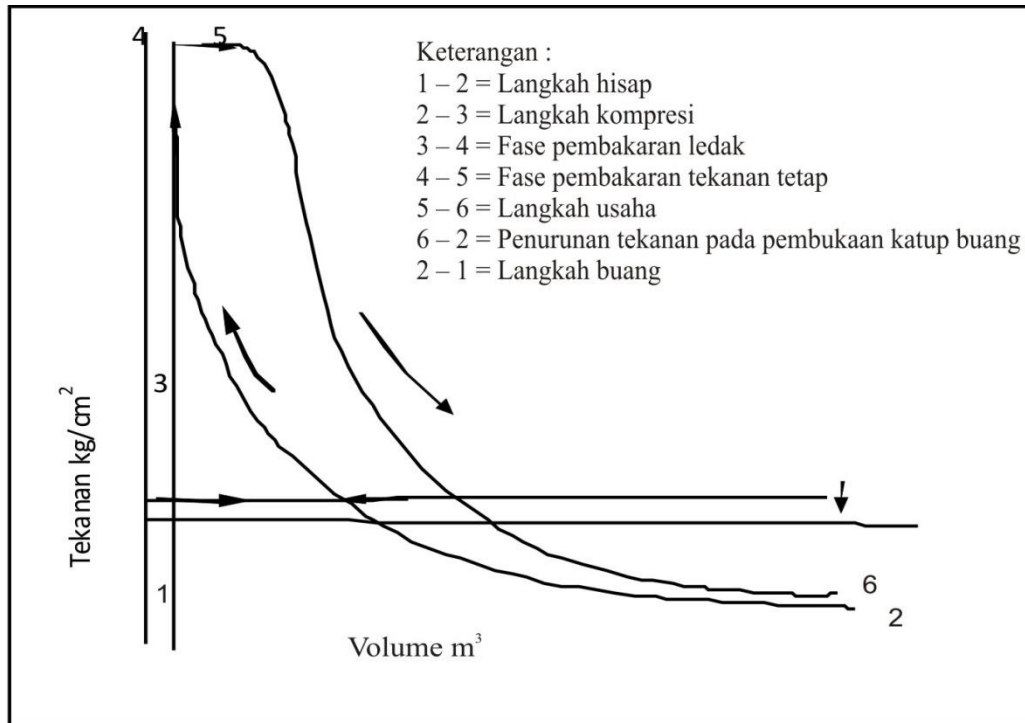
Motor 4 – langkah adalah suatu motor yang tiap satu silindernya untuk mendapatkan satu kali pembakaran membutuhkan empat kali gerakan piston yaitu dua kali bergerak ke bawah atau dua kali putaran poros engkol.



Gambar 6.1. Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Langkah

Pada motor diesel 4-langkah terdapat langkah-langkah :

1. langkah hisap (*Suction - Stroke*)
2. langkah kompresi (*Compression - Stroke*)
3. langkah usaha (*Power - Stroke*)
4. langkah buang (*Exhaust - Stroke*)



Gambar 6.2. Grafik diagram PV motor 4 langkah

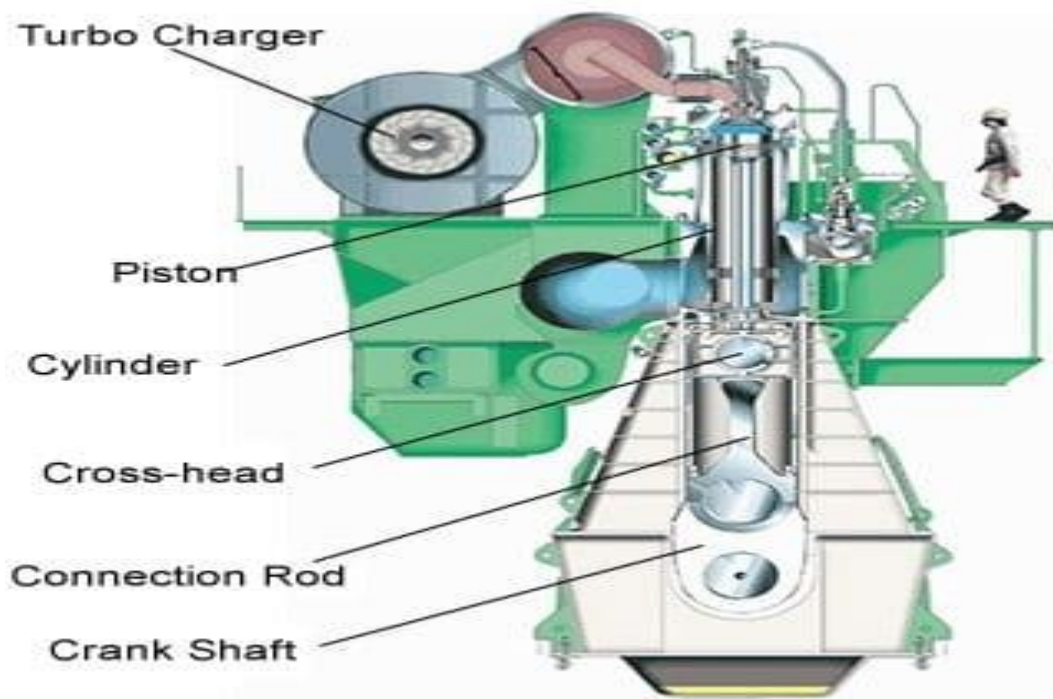
Cara kerja motor diesel 4 langkah

1. Langkah hisap (*Suction Stroke*)
 - a. Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju ke titik mati bawah (TMB).
 - b. Katup masuk terbuka, katup buang tertutup, karena langkah hisap *piston* udara murni masuk ke dalam silinder mesin melalui *intake manifold* katup masuk.
2. Langkah kompresi (*compression stroke*)
 - a. *Piston* bergerak dari TMB ke TMA. Katup masuk dan katup buang tertutup.
 - b. Volume udara yang dikompresikan oleh piston dalam silinder antara 1/12 sampai 1/16 bagian dari seluruh volume silinder.
 - c. Kompresi udara (kepadatan) sampai tekanan tinggi antara 35-40 kg/cm².
3. Langkah kerja (*Power Stroke*)
 - a. Katup masuk dan katup buang tertutup.
 - b. Sedikit sebelum piston mencapai titik mati atas (TMA) panas udara yang dikompresi atau dipampatkan mencapai suhu 500 – 700⁰C, kemudian pada saat bersamaan pengabut (*Injector Nozzle*) menyembrotkan bahan bakar solar yang berbentuk kabut dimana sifatnya mudah terbakar.

- c. Setelah terjadi pembakaran bahan bakar tersebut, maka tekanan gas di dalam silinder dengan cepat naik mencapai tekanan 50 kg/cm^2 dan mendorong piston dari titik mati atas (TMA) menuju ke titik mati bawah (TMB) menghasilkan langkah kerja dari motor tersebut.
4. Langkah pembuangan (*exhaust stroke*)
- a. Katup masuk tertutup, katup buang terbuka.
 - b. Piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), maka sisa-sisa pembakaran tadi dibuang melalui katup buang dan diteruskan ke *manifold* buang.

6.3 MOTOR 2 LANGKAH

Pengertian motor bakar dua langkah adalah mesin pembakaran dalam yang dalam satu siklus pembakaran akan mengalami dua langkah *piston*, berbeda dengan mesin empat-tak yang mengalami empat langkah piston dalam satu kali siklus pembakaran, meskipun keempat proses intake, kompresi, tenaga dan pembuangan juga terjadi.



Gambar 6.3 mesin 2 langkah

Langkah kesatu

Piston bergerak dari TMA ke TMB.

1. Pada saat piston bergerak dari TMA ke TMB, maka akan menekan ruang bilas yang berada di bawah piston. Semakin jauh *piston* meninggalkan TMA menuju TMB, tekanan di ruang bilas semakin meningkat.
2. Pada titik tertentu, piston (*ring piston*) akan melewati lubang pembuangan gas dan lubang pemasukan gas. Posisi masing-masing lubang tergantung dari desain perancang. Umumnya ring piston akan melewati lubang pembuangan terlebih dahulu.
3. Pada saat ring piston melewati lubang pembuangan, gas di dalam ruang bakar keluar melalui lubang pembuangan.
4. Pada saat *ring piston* melewati lubang pemasukan, gas yang tertekan dalam ruang bilas akan terpompa masuk dalam ruang bakar sekaligus mendorong gas yang ada dalam ruang bakar keluar melalui lubang pembuangan.
5. Piston terus menekan ruang bilas sampai titik TMB, sekaligus memompa gas dalam ruang bilas masuk ke dalam ruang bakar

Langkah kedua

Piston bergerak dari TMB ke TMA.

1. Pada saat piston bergerak TMB ke TMA, maka akan menghisap gas hasil pencampuran udara, bahan bakar dan pelumas masuk ke dalam ruang bilas. Pencampuran ini dilakukan oleh karburator atau sistem injeksi. (Lihat pula: Sistem bahan bakar)
2. Saat melewati lubang pemasukan dan lubang pembuangan, piston akan mengkompresi gas yang terjebak dalam ruang bakar.
3. Piston akan terus mengkompresi gas dalam ruang bakar sampai TMA.
4. Beberapa saat sebelum piston sampai di TMA, busi menyala untuk membakar gas dalam ruang bakar. Waktu nyala busi sebelum piston sampai TMA dengan tujuan agar puncak tekanan dalam ruang bakar akibat pembakaran terjadi saat piston mulai bergerak dari TMA ke TMB karena proses pembakaran sendiri memerlukan waktu dari mulai nyala busi sampai gas terbakar dengan sempurna.

6.4 Pengertian Sistem Bahan Bakar

Pengertian sistem bahan bakar adalah suatu sistem dimana bahan bakar dari tangki penyimpanan dialirkan ke silinder dan dikabutkan ke dalamnya dengan dibantu dengan sebuah pompa.

Sistem bahan bakar merupakan sistem yang sangat vital bagi keberhasilan operasi suatu motor diesel mengingat bahwa sangat berkaitan dengan penyediaan tenaga yang berasal dari bahan bakar.

Sistem pengabutan bahan bakar harus sempurna, karena bila sistem pengabutan bahan bakar yang tidak sempurna akan menyebabkan kekurangan tenaga atau tidak maksimal dan hal ini akan menimbulkan kerugian tenaga serta mempengaruhi daya motor

6.5 Fungsi Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar berfungsi untuk:

- a. Mengalirkan bahan bakar dari tangki harian sampai ke ruang bakar.

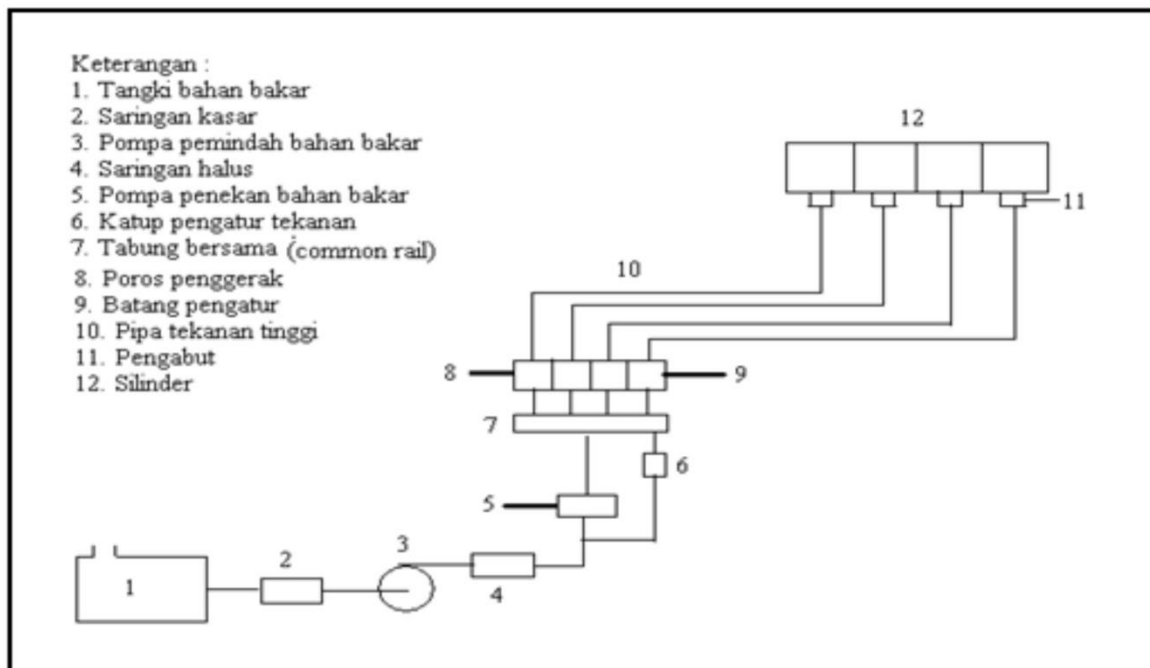
- b. Mengatur jumlah bahan bakar yang dibutuhkan.
- c. Mengatur saat pengabutan yang tepat.
- d. Mengatur lamanya pengabutan.
- e. Mengabutkan bahan bakar dan memasukannya ke dalam silinder
- f. Mendistribusikan bahan bakar yang telah ditakar kesetiap silinder.

6.6 Metode Pengabutan Bahan Bakar

Metode pengabutan bahan bakar yang banyak digunakan adalah sebagai berikut :

1. Pengabutan sistem *common rail*

Sistem ini mempunyai pompa tunggal yang menekan bahan bakar ke sebuah "header" (*common rail* atau tabung bersama) dengan tekanan yang tinggi. Bahan bakar tersebut dialirkan ke pengabut melalui pipa bahan bakar tekanan tinggi. Saat pengabutan bahan bakar oleh pengabut tersebut diatur oleh gerakan.



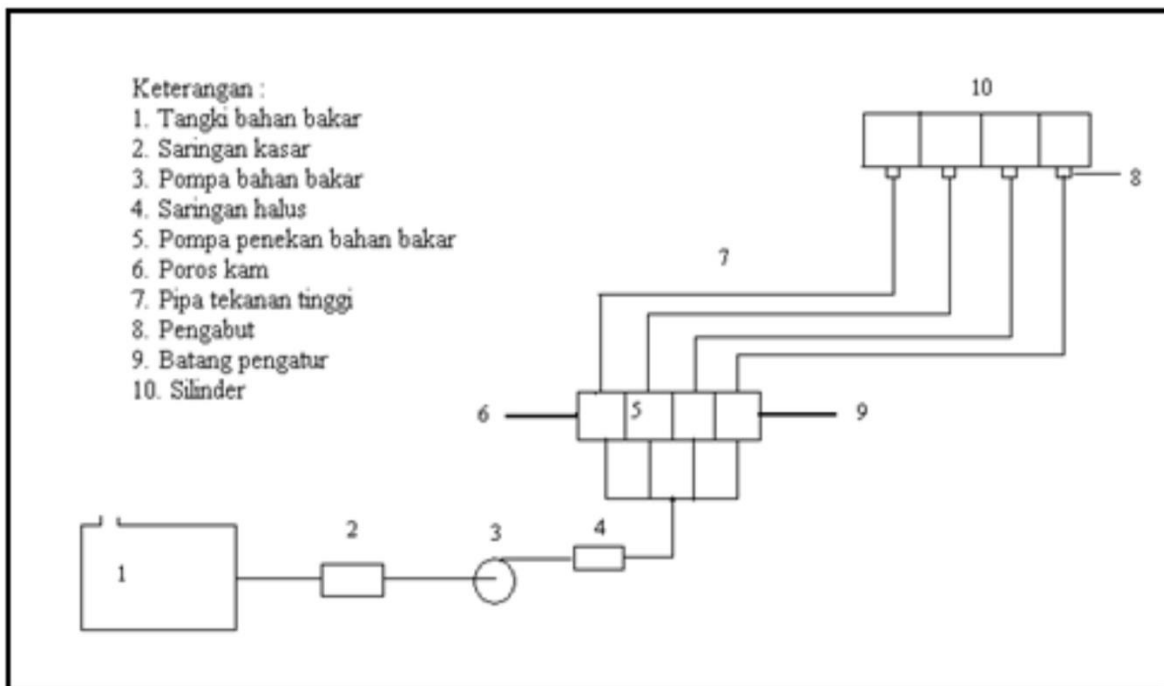
Gambar 6.4. Sistem pengabutan *common rail*

Sistem pengabutan bahan bakar dengan *common rail* memiliki keuntungan, bahwa konstruksinya sederhana sehingga memudahkan dalam pemeliharaan, apabila karena suatu beban kecepatannya turun, secara otomatis aliran bahan bakar ke silinder bertambah.

2. Pengabutan sistem pompa pribadi (*Individual Jerk Pump*)

Pada sistem pompa pribadi setiap silinder dilayani oleh satu pompa penekan bahan bakar. Jadi, setiap pengabut dilayani oleh satu pompa penekan bahan bakar. Pompa penekan bahan bakar adalah pompa plunyer yang dilengkapi dengan pengatur kapasitas

pengabutan, sedangkan daya untuk menggerakkan pompa diambil dari daya motor itu sendiri. Pompa penekan bahan bakar dihubungkan dengan *nozlel* melalui pipa tekanan tinggi dan *nozlel* akan memberikan bentuk pengabutan ke dalam silinder sesuai dengan bentuk mulut atau lubang *nozlel*.

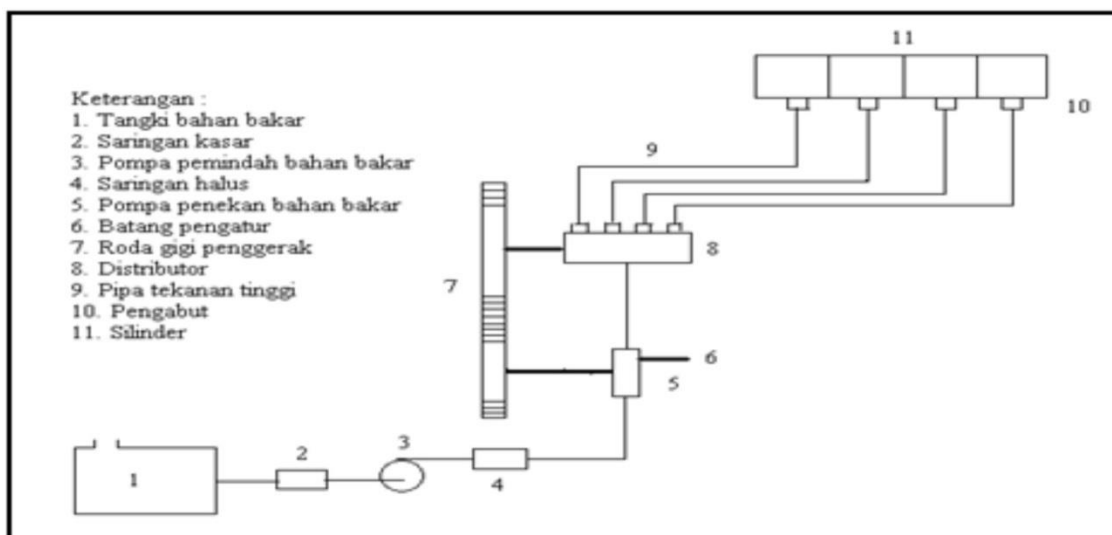


Gambar 6.5. Sistem pengabutan pompa pribadi

Pompa tipe ini memerlukan ketelitian yang tinggi, baik untuk keperluan timing maupun untuk pengontrolan jumlah bahan bakar yang dikabutkan. Jumlah pengabutan bahan bakar setiap langkah pompa antara 1/2000 untuk beban penuh sedangkan pada keadaan motor diesel tanpa beban mencapai 1/100.000 dari volume silindernya.

3. Pengabutan sistem distribusi

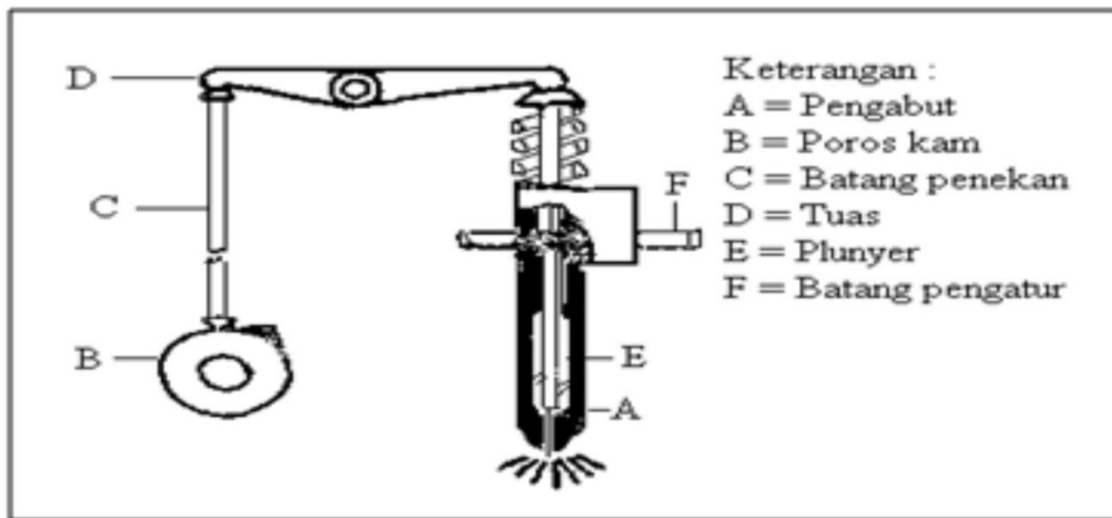
Pada sistem distribusi hanya menggunakan sebuah pompa penekan bahan bakar untuk melayani semua pengabut yang ada di setiap silinder. Pada sistem ini pompa tersebut mengalirkan bahan bakar dengan tekanan tinggi masuk ke dalam distributor. Pompa penekan bahan bakar pada sistem distributor juga dilengkapi dengan alat pengatur kapasitas.



Gambar 6.6 Pengabutan sistem distribusi

4. Pengabutan sistem unit pengabut

Pada sistem ini tidak diperlukan pipa-pipa tekanan tinggi karena pompa penekan bahan bakar dan pengabut dibuat menjadi satu kesatuan. Pada setiap silinder dilayani oleh satu pengabut yang bekerjanya diatur oleh poros kam, batang penekan dan tuas. Pada unit pengabut terdapat sebuah plunyer yang berfungsi untuk menaikkan tekanan bahan bakar, mengatur jumlah bahan bakar dan menentukan saat pemasukan bahan bakar ke dalam silinder.

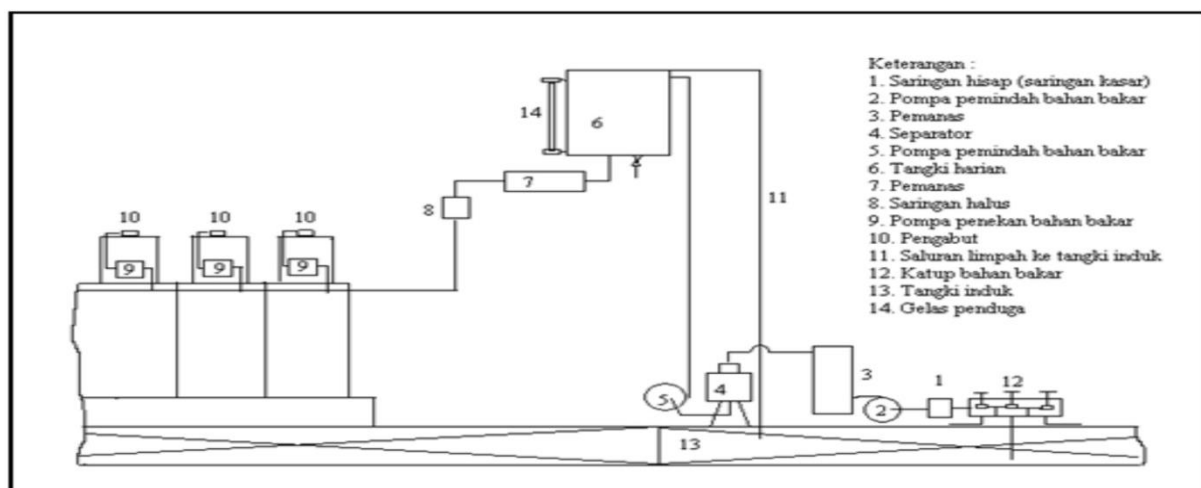


Gambar 6.7. Pengabutan sistem unit pengabut

Sistem bahan bakar motor diesel dibuat sedemikian presisi agar dapat menghasilkan kemampuan yang cukup pada waktu tegangan tinggi. Jika kebetulan terdapat kotoran kecil atau air masuk kedalam bahan bakar, maka daya tahan pemakaian pompa penekan bahan bakar dan pengabut yang merupakan bagian terpenting dari motor diesel dapat dikurangi.

6.7 Komponen Sistem Bahan Bakar

Komponen sistem bahan bakar yang sering digunakan untuk menyalurkan bahan bakar dan mempunyai fungsi masing-masing sebagai berikut :



Gambar 6.8 Sistem bahan bakar pada unit besar

Tangki

Tangki yang digunakan dalam sistem bahan bakar terdiri dari dua tangki yaitu :

a. Tangki penyimpanan (tangki induk)

Tangki penyimpanan suatu sistem bahan bakar dapat ditempatkan diatas atau di bawah. Tangki ini dilengkapi dengan penguras air dan penampung endapan. Ujung pipa hisap bahan bakar harus diletakkan diatas titik yang tidak memungkinkan dicapai oleh endapan, paling tidak harus 50 atau 75 mm di atas alas. Tangki harus mempunyai ventilasi dengan puncak yang dilengkapi tutup anti hujan.

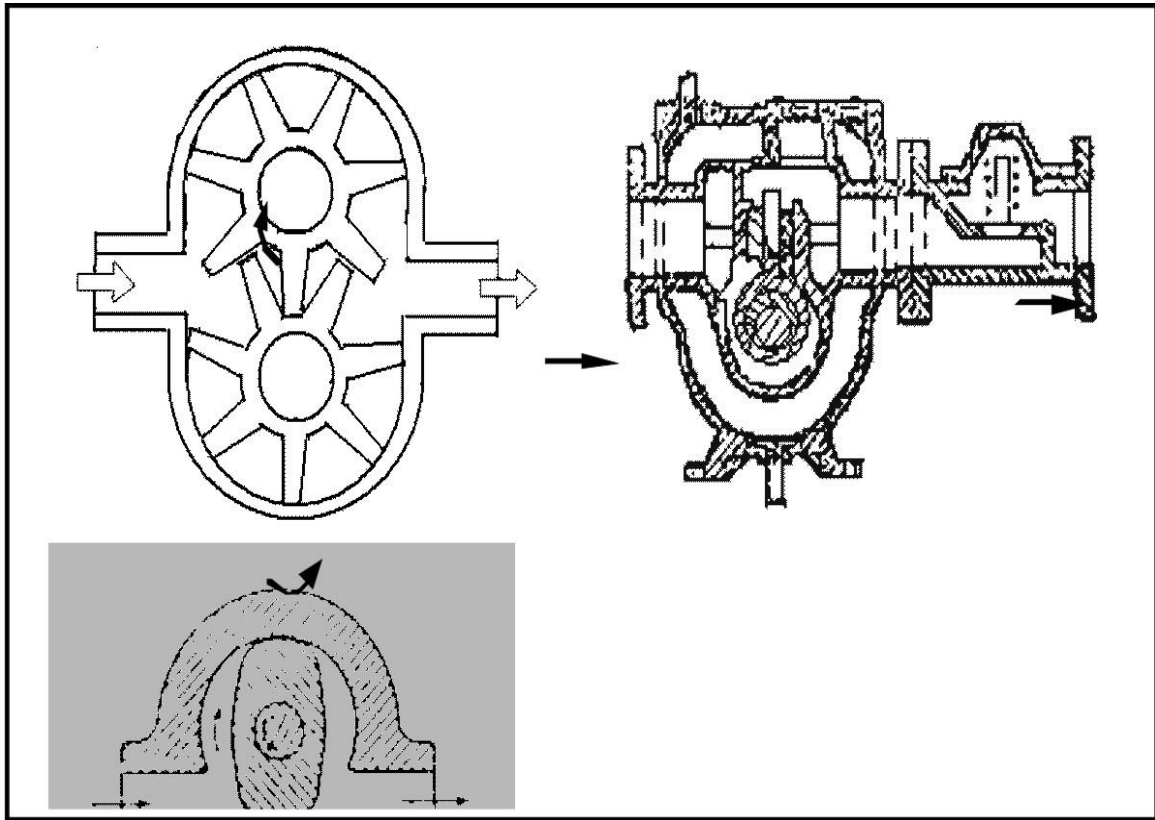
b. Tangki harian

Tangki harian merupakan tangki sediaan bahan bakar. Disebut tangki harian karena harus memuat bahan bakar yang cukup untuk operasi mesin selama satu hari kerja penuh, atau kira-kira 8 sampai 9 jam. Tangki harian yang ditempatkan diatas umumnya memanfaatkan gaya grafitasi untuk mengalirkan bahan bakar ke pompa penekan bahan bakar, dan dipasang 300 sampai 450 cm diatas pompa penekan bahan bakar. Tangki harian yang ditempatkan dibawah harus diatur tidak lebih dari 195 cm dibawah pompa pemindah.

6.8 Pompa pemindah bahan bakar

Setiap instalasi bahan bakar motor diesel biasanya mempunyai beberapa pompa bahan bakar. Pompa-pompa tersebut yaitu untuk memindahkan bahan bakar secara terus menerus dari tangki dasar (tangki induk) ke tangki harian. Dan satu lagi untuk mengalirkan bahan bakar ke pompa penekan bahan bakar, kalau tangki harian tidak memberikan tekanan yang cukup.

Instalasi dan kapasitas tangki harian menentukan ukuran pompa yang harus dipakai untuk memindahkan bahan bakar dari tangki penampung bahan bakar yang sering digunakan adalah Pompa roda gigi, pompa torak dan pompa keping. Untuk lebih jelasnya lihat gambar 8.

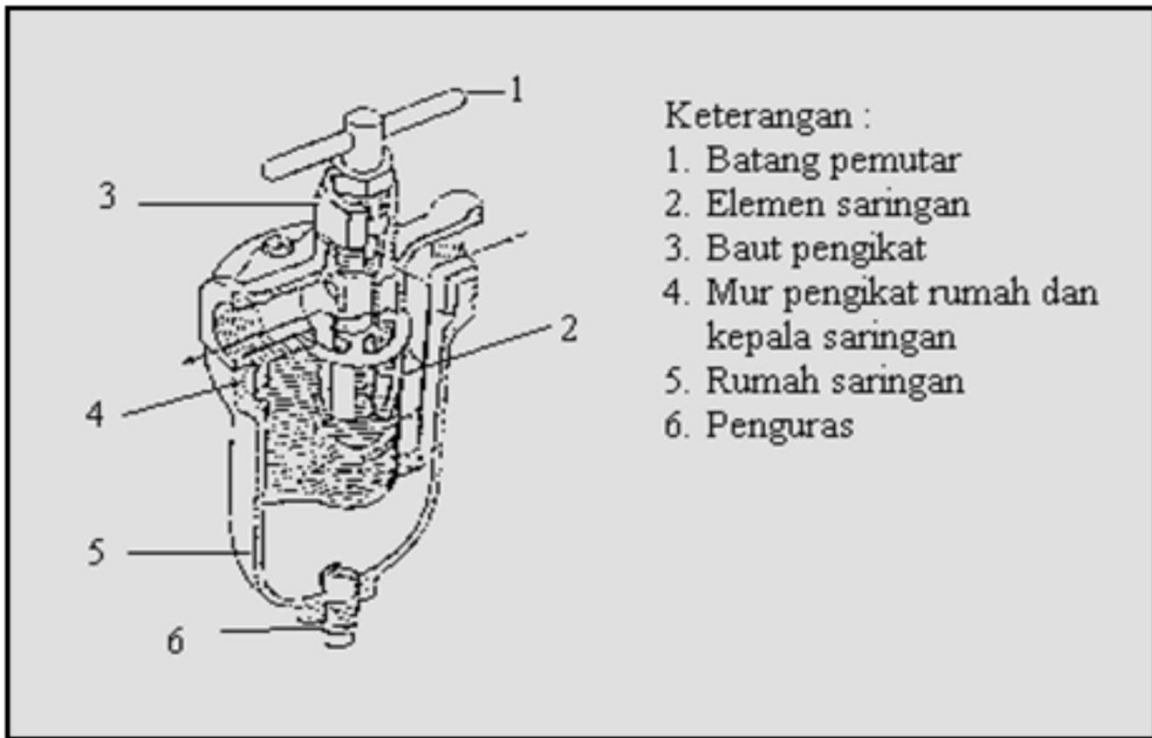


Gambar 6.9. Pompa Pemindah Bahan Bakar

Saringan

Dalam bahan bakar motor diesel, banyak atau sedikit selalu mengandung kotoran zat padat, yang mana kotoran tersebut sama sekali tidak boleh berada dalam pompa bahan bakar, apalagi dalam pengabut (*Injector*), hal ini dapat dicegah oleh alat penyaring bahan bakar. Elemen saringan dapat terdiri dari kain, saringan pelat atau kertas.

Keadaan yang sangat penting dari operasi motor diesel adalah pemasukan bahan bakar yang benar-benar bersih ke pompa penekan bahan bakar dan pengabut. Untuk mencapai hal tersebut, langkah pertama membersihkan minyak bahan bakar dengan memasang saringan halus pada sisi isap pompa penekan bahan bakar.



Gambar 6.10. Saringan bahan bakar

Saringan bahan bakar ditempatkan di antara pompa penekan bahan bakar. Tugasnya ialah melakukan penyaringan seteliti mungkin akan kotoran padat yang turut bersama bahan bakar, padatan yang terdapat dalam bahan bakar selain dapat menggosok bidang-bidang plunyer pompa, juga dapat menyumbat lubang-lubang pengabut.

Katup aliran bahan bakar

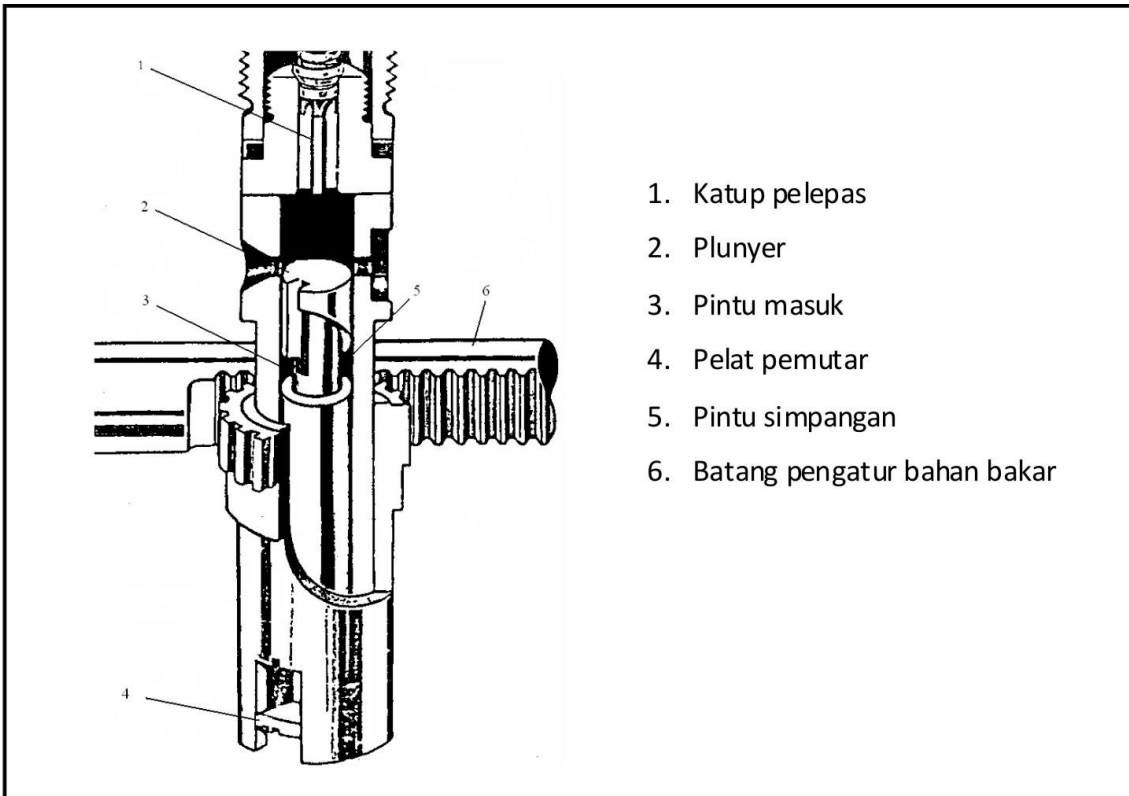
Katup pada sistem bahan bakar digunakan sebagai pengatur tekanan, membuka dan menutup aliran bahan bakar serta sebagai penghubung aliran bahan bakar. Jadi katup ini berfungsi untuk keamanan dalam pengaturan sistem bahan bakar di dalam pipa (saluran) yang akan dipindahkan dari tempat satu ke tempat yang lain.

Pompa penekan bahan bakar (*Injection Pump*)

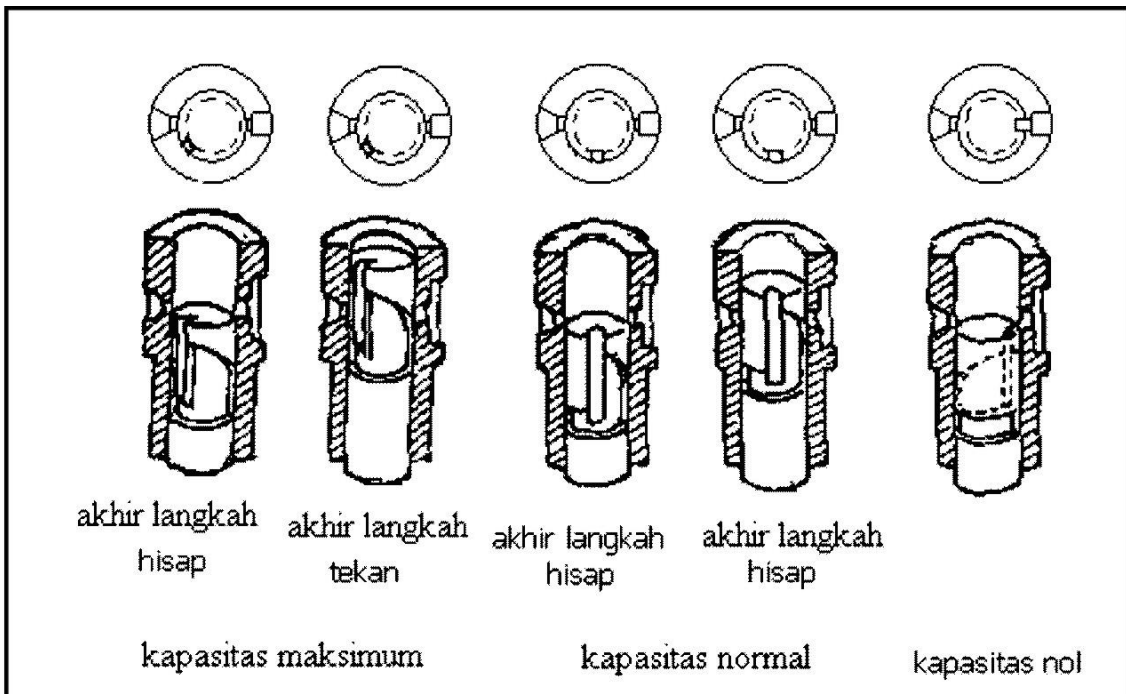
Pompa penekan bahan bakar merupakan suatu kelengkapan motor yang mempunyai tugas untuk menekan bahan bakar solar menuju ke pengabut serta membaginya bahan bakar ke setiap silinder atau ruang bakar motor sesuai dengan urutan pengabutan (*Firing Order*) dari motor bersangkutan pada waktu dan jumlah yang tepat.

Pompa bahan bakar tekanan tinggi dipakai untuk menekan bahan bakar kedalam ruang bakar pada saat yang telah ditentukan dalam jumlah sesuai dengan daya yang harus dihasilkan. Di dalam sebuah silinder terdapat sebuah plunyer yang digerakkan oleh poros nok dari pompa tersebut.

Plunyer merupakan sebuah batang yang terdapat pada alur, pada dinding silindernya terdapat lubang hisap, sedangkan pada kepala silinder terdapat katup yang akan terbuka apabila tekanan mencapai nilai tertentu, lubang hisap akan terbuka dan tertutup oleh batang plunyer.



Gambar 6.11 Bagian-bagian pompa penekan bahan bakar.



Gambar 6.12. Kedudukan plunyer terhadap silinder pompa sesuai dengan kapasitasnya

6.9 Cara kerja pompa penekan bahan bakar

Plunyer bertugas menekan bahan bakar menuju pengabut melalui katup pelepas dan pipa tekanan tinggi. Bahan bakar ini ditekan oleh plunyer dengan tekanan tinggi. Pada

saat plunyer berada dititik mati bawah bahan bakar mengalir ke dalam silinder melalui lubang pintu pemasukkan ke ruangan penyalur pada bagian atas plunyer. Pada saat plunyer bergerak ke atas, apabila permukaan dari plunyer bagian atas bertemu dengan bibir atas pintu pemasukkan, bahan bakar mulai mengalir dengan suatu tekanan. Pada saat plunyer bergerak ke atas lagi, bahan bakar di dalam ruang pengantar mendorong katup pelepas dan keluar melalui pipa tekanan tinggi ke pengabut.

Pipa Bahan Bakar Tekanan Tinggi

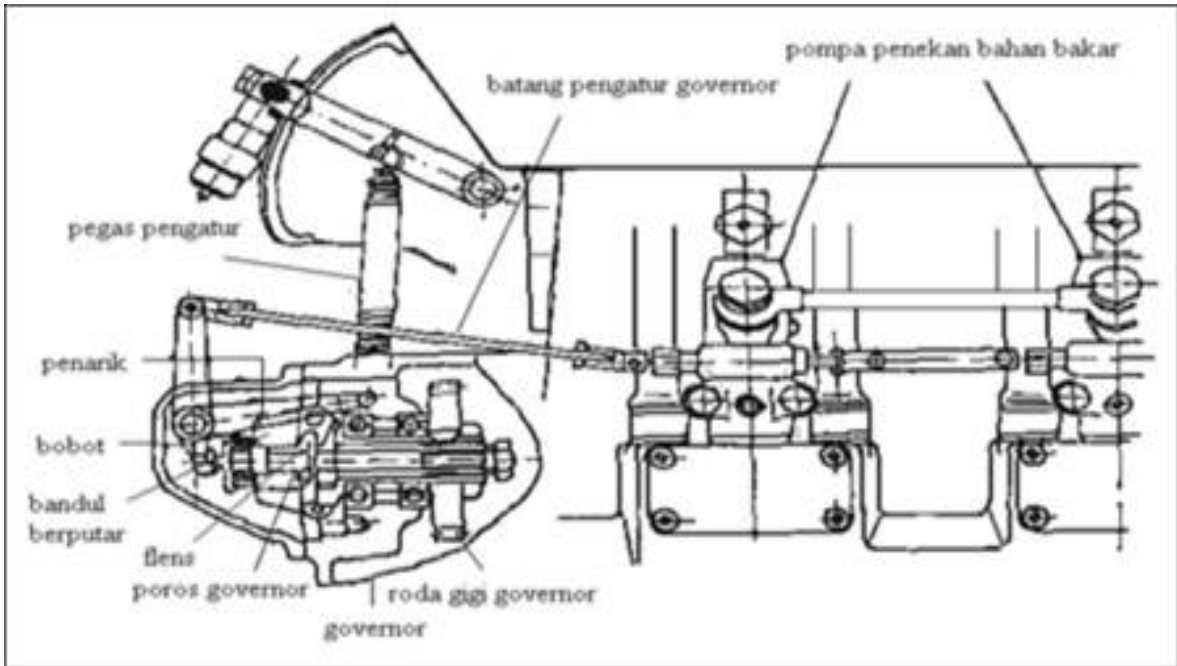
Pipa pengabut bahan bakar tekanan tinggi adalah pipa yang menghubungkan pompa penekan bahan bakar dengan pengabut. Pipa tersebut harus tahan terhadap tekanan tinggi karena itu pipa tersebut biasanya terbuat dari baja, berdinding tebal dan dibuat dengan diameter luar 6 mm dan diameter dalam 1,6 mm.

Governor

Governor adalah pesawat yang bertugas mengubah jumlah pemberian bahan bakar, agar putaran (poros motor) tetap pada angka yang telah ditentukan. Walaupun beban luar berubah, alat tersebut mengatur setiap saat (cepat, teliti dan otomatis). Apabila kecepatan motor naik maka governor segera menggerakkan penakar bahan bakar sedemikian rupa hingga pemberian bahan bakar yang disemprotkan kedalam silinder berkurang. Dan sebaliknya bila kecepatan motor turun maka governor segera mereduksi pemberian bahan bakar ke dalam silinder.

Fungsi utama pengatur motor diesel diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Pengatur kecepatan konstan, yakni untuk mempertahankan motor agar sama atau hampir sama tanpa beban sampai beban penuh.
2. Pengatur kecepatan variabel ,yakni untuk mempertahankan kecepatan motor yang diinginkan dari kecepatan tanpa kerja sampai kecepatan maksimum tanpa tergantung perubahan beban, kecepatan sendiri diatur dengan tangan.
3. Pengatur pembatas kecepatan, yakni untuk mengendalikan motor minimum dan untuk membatasi kecepatan maksimumnya atau untuk kecepatan minimumnya saja.
4. Pengatur pembatasan beban, yakni untuk membatasi beban yang dapat diambil oleh motor pada setiap kecepatan

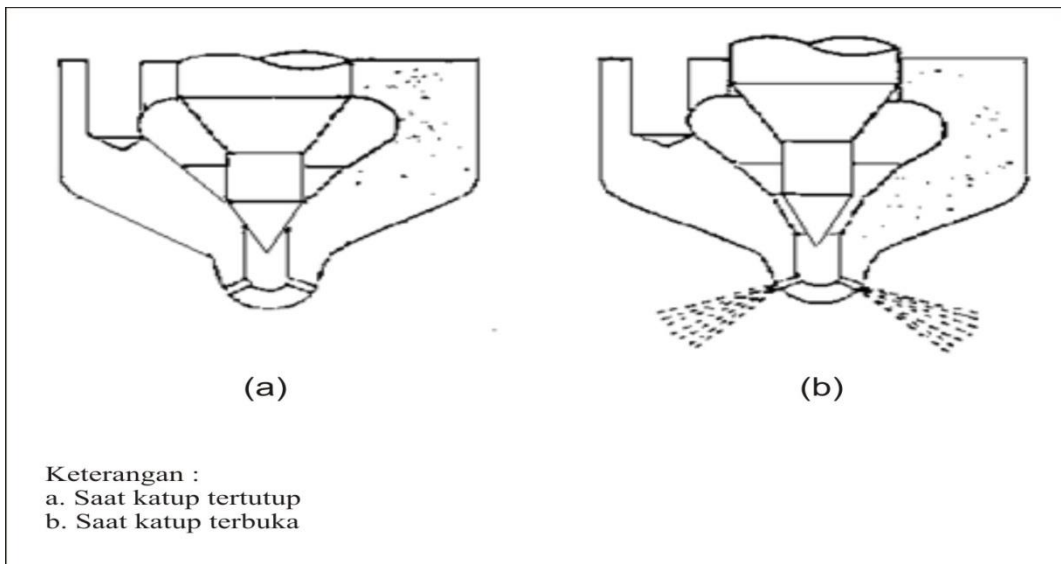


Gambar 6.13

Pengabut (*injector*)

Pengabut (*injector*) adalah suatu alat yang gunanya untuk mengabutkan bahan bakar solar dalam bentuk kabut yang sifatnya mudah terbakar pada ruang bakar motor. Jadi tugas dari pengabut, untuk mengabutkan atau menyebarkan bahan bakar dalam bentuk butiran-butiran halus dan terbagi rata pada kecepatan tinggi ke dalam ruang bakar. Pengabutan itu diberikan kepada udara yang terdapat dalam ruang bakar pada akhir langkah kompresi, dihasilkan campuran yang heterogen antara udara dan bahan bakar.

Pengabut akan bekerja pada saat tertentu sewaktu pompa bahan bakar memompakan bahan bakar dengan tekanan 250-300 kg/cm². Bahan bakar akan mengalir melalui lubang-lubang kecil pada nosel dan akan menekan jarum melalui sel-sel jarum tersebut. Dengan adanya penekanan jarum ini maka lubang aliran bahan bakar pada silinder akan terbuka dan bahan bakar bertekanan tinggi akan masuk ke dalam silinder motor.



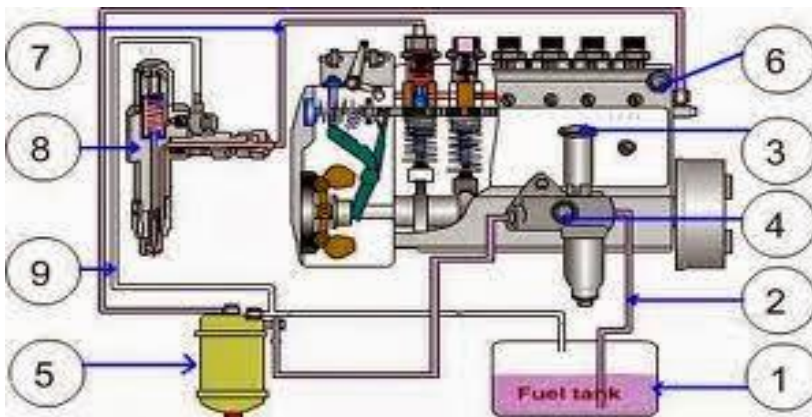
Gambar 6.14. Cara kerja pengabut

Cara kerja pengabut

Pada pengabut terdapat sebuah katup jarum, dimana ujung bawahnya terdiri atas dua bidang kerucut. Kerucut yang pertama menetap pada dudukannya, sedangkan yang kedua menerima tekanan dari bahan bakar. Jika gaya yang ditimbulkan bahan bakar melebihi gaya pegas, maka katup akan terangkat ke atas sehingga membuka lubang pengabut.

Ada Dua Tipe Pompa Injeksi Pada Sistem Bahan Bakar Diesel Yaitu Pompa *Injeksi In-line* Dan Pompa Injeksi Distributor .

1. Pompa injeksi *in-line*

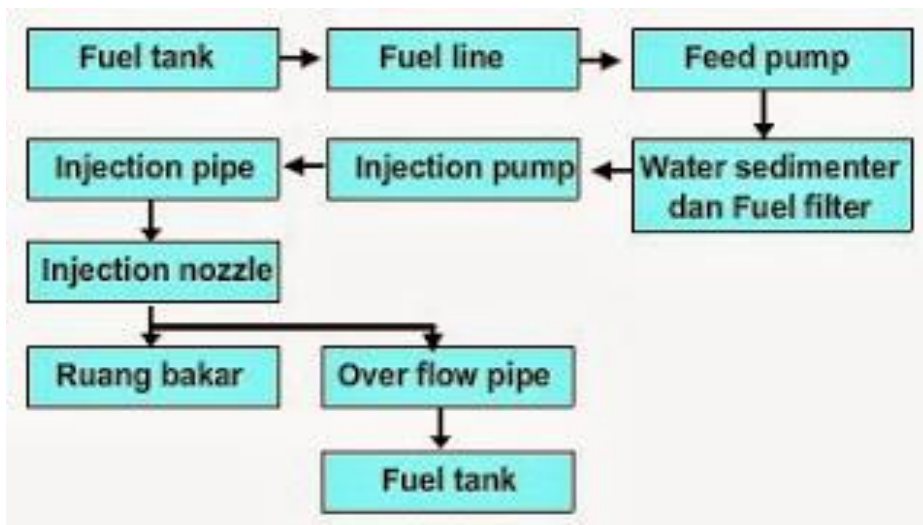


Gambar 6.15

Keterangan:

1. Fuel tank (tangki bahan bakar)
2. *Fuel line* (pipa bahan bakar)
3. *Priming pump* (pompa priming)
4. *Feed pump*
5. Water Sedimenter dan *Fuel filter*
6. *Injection pump* (pompa injeksi)
7. *Injection pipe* (pipa injeksi)
8. *Injection nozzle* (injektor)
9. *Over flow pipe* (pipa pengembali)

ALIRAN BAHAN BAKAR POMPA INJEKSI *IN-LINE*



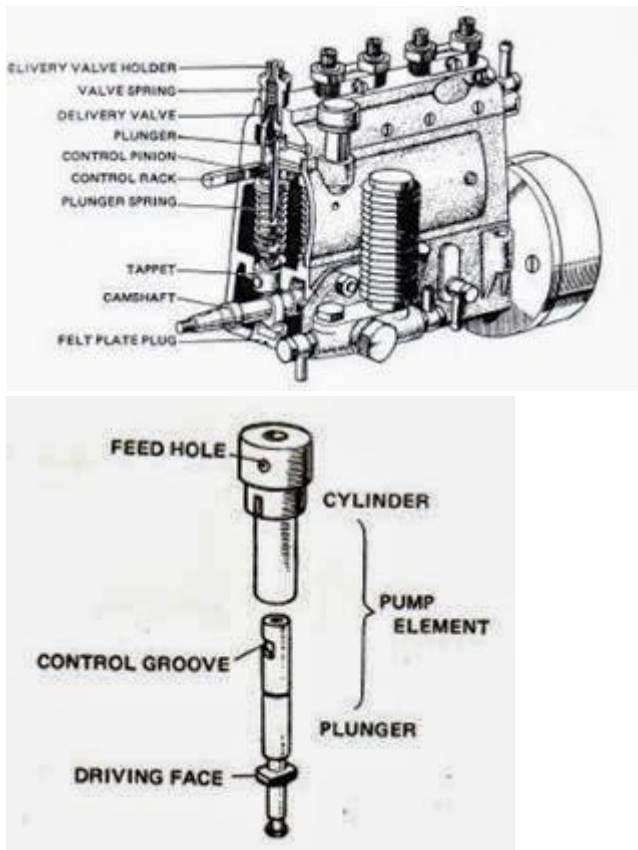
Gambar 6.16

Cara kerja pompa injeksi inline

- Langkah awal, solar mengalir dari tanki masuk ke input *feed* pompa injeksi.
- Saat memasuki pompa, solar akan diarahkan ke komponen plunger barel. *Plunger* barel merupakan ruang tempat solar akan disalurkan ke sistem injeksi.
- Ketika mesin dihidupkan, otomatis camshaft pompa berputar. Sehingga camshaft menekan *plunger* kearah atas.
- Sementara dibagian atas *plunger* terdapat *plunger* barel yang terisi dengan solar. Sehingga gerakan plunger akan menekan solar kearah atas,
- Dibagian atas *plunger* terdapat delivery pipe yang bisa terbuka saat ada tekanan dari arah pompa namun akan tetap tertutup saat ada tekanan pada selang injektor.
- Sehingga solar tertekan masuk kesaluran selang injektor dengan tekanan tinggi,
- Hal itu, akan mendorong solar yang sebelumnya sudah memenuhi saluran selang injektor, akibatnya pada ujung *nozzle* akan terbuka.
- Hal itu menyebabkan solar keluar dengan metode mengabut.
- Ketika kabel gas ditarik, maka rack adjuster akan memperbesar volume plunger barel. Sehingga suplai solar ketika plunger menekan akan lebih banyak.
- Akhirnya RPM mesin bisa meningkat.
- Sementara komponen sentrifugal *advancer* digunakan untuk mengatur timing penginjeksian dengan mengatur sudut camshaf pompa.

POMPA INJEKSI *INLINE* (sebaris)

Pompa injeksi bahan bakar berfungsi untuk menekan bahan bakar dengan tekanan yang cukup melalui kerja elemen pompa. Sepertitelah diuraikan di atas bahwa pompa injeksi bahan bakar berupa pompa injeksi sebaris

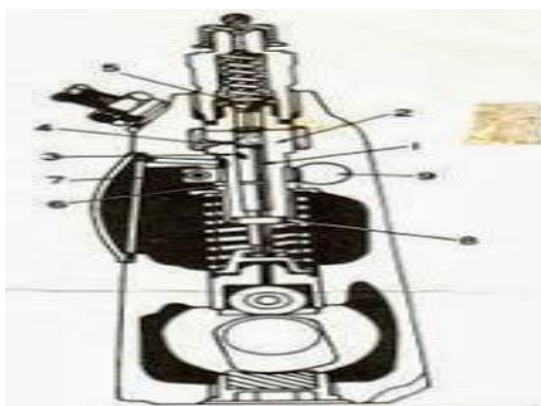


Gambar 6.17 Pompa Injeksi Sebaris Tipe Bosch (PE) & Elemen Pompa Injeksi *In Line*

(1) Pompa Injeksi Sebaris

Elemen pompa injeksi *in line* yang terdiri dari plunyer (*plunger*) dan silinder (barrel) yang keduanya sangat presisi, sehingga celah antara plunyer dan silindernya sekitar 1/1000 mm. Ketelitian ini cukup baik untuk menahan tekanan tinggi saat injeksi, walaupun pada putaran rendah. Sebuah alur diagonal yang disebut alur pengontrol (*control groove*), adalah bagian dari plunyer yang dipotong pada bagian atas. Alur ini berhubungan dengan bagian atas plunyer oleh sebuah lubang. Bahan bakar yang dikirimkan oleh pompa pemindah masuk ke pompa injeksi.

Proses Kerja Elemen Pompa Injeksi In Line

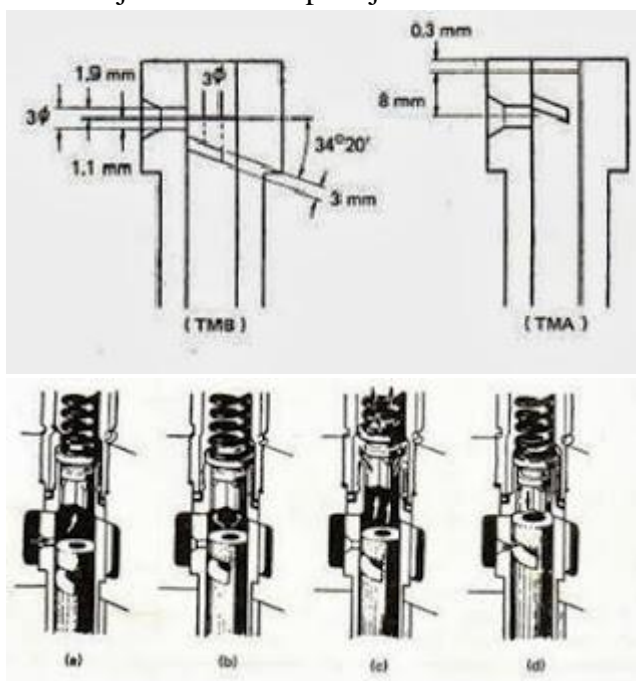


Gambar 6.18 Proses kerja elemen pompa injeksi in line

Keterangan :

1. Plunyer
2. Silinder (*barrel*)
3. Alur pengontrol
4. Lubang masuk elemen
5. Katup penyalur
6. Sleeve pengontrol plunyer
7. Pinion pengontrol plunyer
8. *Plunger driving face*
9. Batang pengatur (*control rack*)

Cara Kerja Elemen Pompa Injeksi Sebaris



Gambar 6.19 elemen pompa injeksi sebaris

Cara Kerja Elemen Pompa Injeksi Sebaris :

- (a) Pada saat plunyer berada pada titik terbawah, bahan bakar, mengalir melalui lubang masuk (*feed hole*) pada silinder keruang penyalur (*delivery chamber*) di atas plunyer.
- (b) Pada saat poros nok pada pompa injeksi berputar dan menyentuh *tappet roller* maka plunyer bergerak ke atas. Apabila permukaan atas plunyer bertemu dengan bibir atas lubang, masuk maka bahan bakar mulai tertekan dan mengalir keluar pompa melalui pipa tekanan tinggi ke injector.
- (c) Plunyer tetap bergerak ke atas, tetapi pada saat bibir atas, *control groove* bertemu dengan bibir bawah lubang masuk, maka penyaluran bahan bakar terhenti.

(d) Gerakan plunyer ke atas selanjutnya menyebabkan bahan bakar, yang tertinggal dalam ruang penyaluran masuk melalui lubang pada permukaan atas plunyer dan mengalir ke lubang masuk menuju ruang isap, sehingga tidak ada lagi bahan bakar yang disalurkan. Ukuran elemen pompa dapat dilihat pada gambar

Tinggi pengangkatan *nok* adalah 8 mm, sehingga gerakan plunyer naik turun juga sebesar 8 mm. Pada saat plunyer pada posisi, terbawah, plunyer menutup lubang masuk kira-kira 1,1 mm dari besar diameter lubang masuk sebesar 3 mm. Dengan demikian plunyer baru akan menekan setelah bergerak ke atas kira-kira 1,9 mm. Langkah ini disebut “prestroke” dan pengaturannya dapat dilakukan dengan menyetel baut pada *tappet roller*. *Prestroke* ini berkaitan dengan saat injeksi (*injection timing*) bahan bakar keluar pompa.

Pengontrolan Jumlah Bahan Bakar yang diinjeksikan

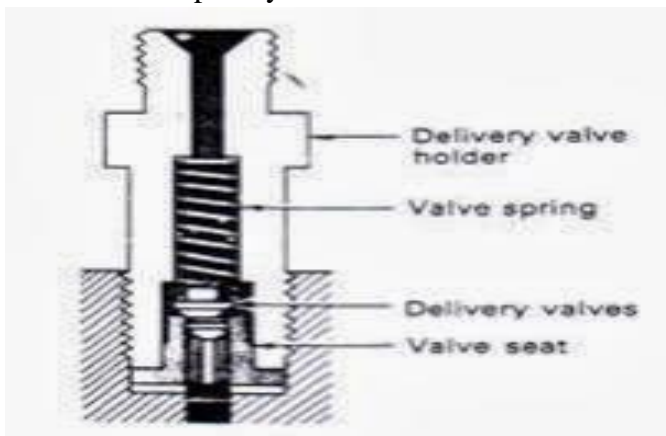
Gambar : Pengontrolan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan



Gambar 6.20

Katup Penyalur

Gambar . Katup Penyalur



Gambar 6.21

Penekanan bahan bakar dari elemen pompa ke injektor diatur oleh katup (*delivery valve*). Katup penyalur ini berfungsi ganda yaitu selain mencegah bahan bakar dalam pipa tekanan tinggi mengalir kembali ke plunyer juga berfungsi mengisap bahan bakar dari ruang *injector* setelah penyemprotan.

Dengan demikian katup penyalur pada pompa injeksi ini menjamin, injektor akan menutup dengan cepat pada saat akhir injeksi, karena untuk mencegah bahan bakar menetes yang dapat menyebabkan pembakaran awal (*pre-ignition*) selama siklus pembakaran berikutnya.

KOMPONEN :

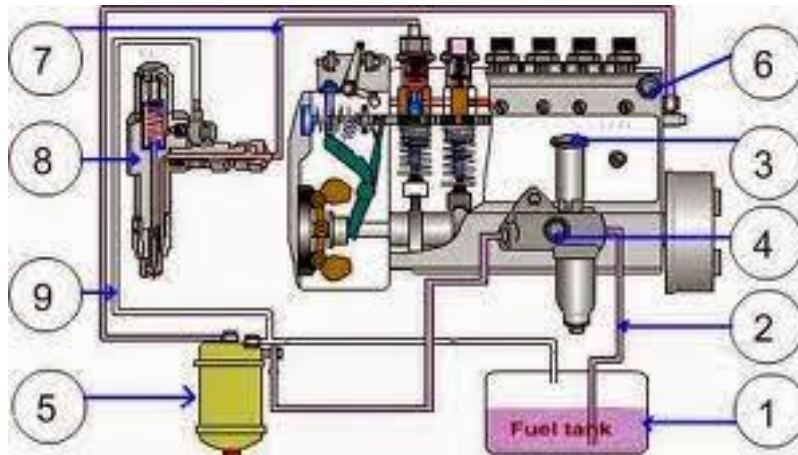
Katup Penyalur (Pengalir)

1. Rumah
2. Katup
3. Pegas katup
4. Penahan pegas katup

Cara Kerja Katup Penyalur

1. Pada saat awal penginjeksian, maka katup penyalur pada, posisi terangkat dari dudukan, dengan adanya tekanan bahan bakar yang dipompa keluar dari pompa plunyer. Hal ini memungkinkan bahan bakar dengan tekanan dialirkan ke *nose* injeksi.
2. Bila tekanan penyaluran menurun dan pegas katup penyalur menekan katup penyalur ke bawah, maka *relief valve* akan menutup hubungan antara ruang penyalur dengan pipa injeksi dan selanjutnya katup akan masuk ke dalam sampai dudukan bersentuhan dengan body mencegah menurunnya katup.

2. Pompa Injeksi Distributor



Gambar 6.22

keterangan

1. *Fuel tank* (tangki bahan bakar)
2. *Fuel line* (pipa bahan bakar)
3. Water sedimenter dan *fuel filter*
4. *Priming pump* (pompa priming)
5. *Injection pump* (pompa injeksi)
6. *Injection pipe* (pipa injeksi)
7. *Injection nozzle* (injektor)
8. *Over flow pipe* (pipa pengembali)

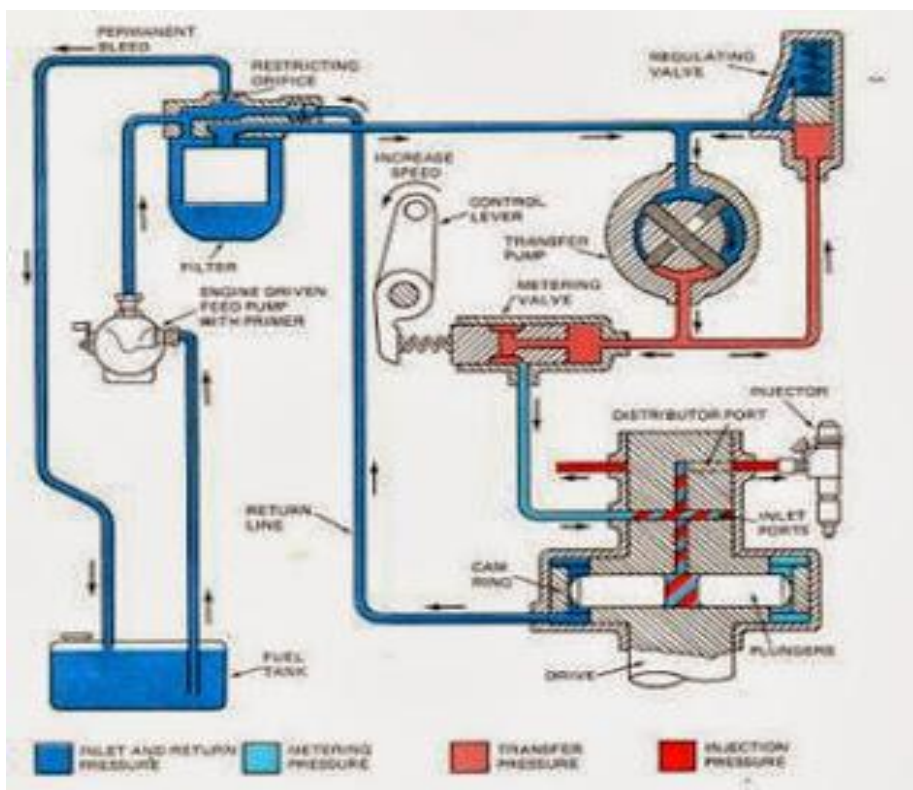
ALIRAN BAHAN BAKAR
POMPA INJEKSI TIPE DISTRIBUTOR



Gambar 6.23

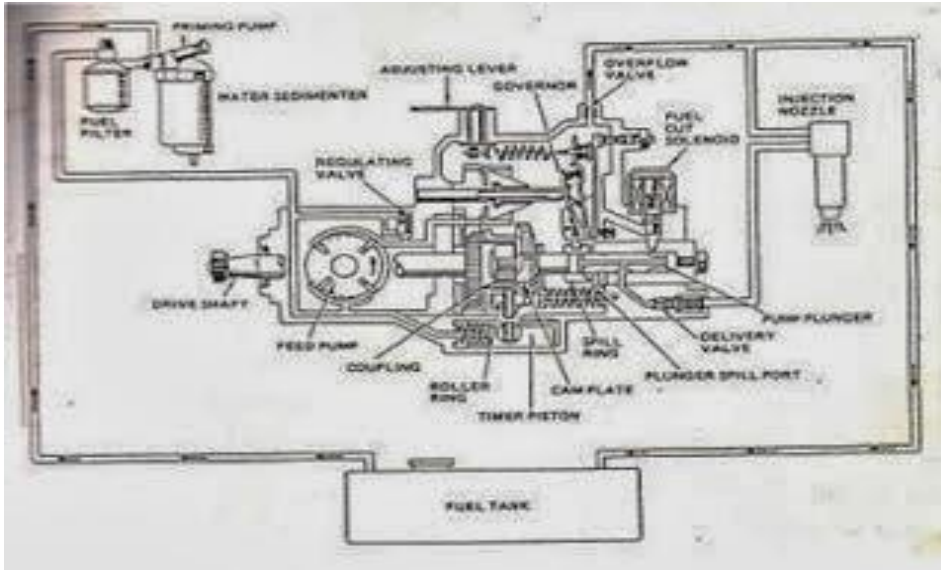
Pompa Injeksi Tipe Distributor Di Bedakan Menjadi 2 Tipe

1. TIPE DPA



Gambar 6.24

2. TIPE VE



Gambar 6.25

CARA KERJA POMPA INJEKSI TIPEDISTRIBUTOR

Pada sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi distributor, pompa injeksi hanya memiliki satu buah elemen pompa. Dengan demikian satu elemen pompa akan melayani empat buah silinder mesin diesel melalui saluran distribusi pada pompa.

SECARA UMUM KOMPONEN-

KOMPONEN INJEKSI BAHAN BAKAR MESIN DIESEL ADALAH:

- a) Tangki bahan bakar (*fuel tank*)
- b) Saringan bahan bakar (*fuel filter*)
- c) Pompa pemindah bahan bakar (*fuel transfer pump*)
- d) Pompa injeksi bahan bakar (*fuel injection pump*)
- e) Pipa-pipa injeksi bahan bakar (*fuel injection lines*)
- f) Injektor (*fuel injector*)
- g) Pipa-pipa pengembali bahan bakar (*fuel return lines*)

Di samping komponen-

komponen utama di atas, komponen sistem injeksi tambahan yang lain adalah:

- h) Pengatur kecepatan (*governor*)
- i) Pengatur untuk memajukan saat injeksi otomatis (*advancer/automatic timer*)

“SISTEM BAHAN BAKAR”

DIESEL PRINSIP KERJA SISTEM BAHAN BAKAR DIESEL

Pada mesin diesel hanya udara bersih yang dihisap dan dikompresikan. Bahan bakar dan udara dicampur di dalam silinder dengan cara setelah udara dikompresikan, bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar sehingga terjadi pembakaran. Persyaratan tekanan udara kompresi 1,5-4 Mpa (15-40 bar) sehingga temperatur udara naik 700-900°C. Bahan bakar harus dikabutkan halus, oleh pompa injeksi pada tekanan (100-250 bar).

Ada dua cara penyemprotan bahan bakar ke dalam ruang bakar yaitu, injeksi langsung dimana *injection nozzle* menyemprotkan bahan bakar, langsung ke ruang bakar utama (*main combustion chamber*) pada akhir langkah kompresi. Udara tertekan dan menerima pengaruh cepat, akibatnya suhu dan tekanannya naik bahan bakar cepat menguap dan menyala dengan sendirinya setelah disemprotkan.

Cara penyemprotan yang kedua ialah injeksi tidak langsung dimana bahan bakar disemprotkan oleh *injection nozzle* ke kamar depan (*precombustion chamber*). Komponen, udara, yang akan dikompresikan oleh torak, memasuki kamar pusat dan membentuk aliran turbulensi ditempat bahan bakar yang diinjeksikan. Tetapi sebagian bahan bakar yang belum terbakar akan mengalir ke ruang bakar utama melalui saluran transfer untuk menyelesaikan pembakaran.

Pada sistem bahan bakar mesin diesel, *feed pump* menghisap bahan bakar dari tangki bahan bakar. Bahan bakar disaring oleh *fuel filter* dan kandungan air yang terdapat pada bahan bakar dipisahkan oleh *fuel separator* sebelum dialirkan ke pompa injeksi bahan bakar. Dari pompa injeksi selanjutnya melalui pipa injeksi bahan bakar dialirkan ke injektor untuk diinjeksikan ke ruang bakar.

FUNGSI SISTEM INJEKSI BAHAN BAKAR MESIN DIESEL

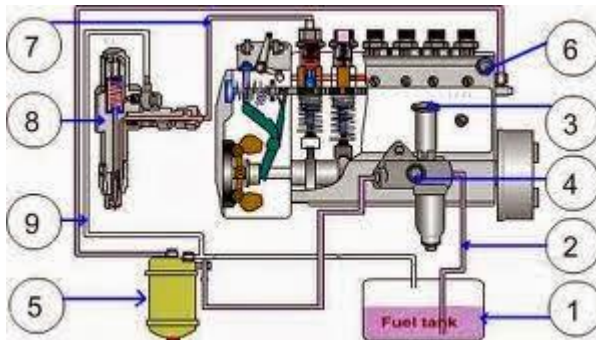
- A. Menyimpan bahan bakar.
- B. Menyaring bahan bakar.
- C. Memompa atau menginjeksi bahan bakar ke dalam ruang bakar silinder mesin.
- D. Mengabutkan bahan bakar ke dalam ruang bakar silinder mesin.
- E. Memajukan saat penginjeksian bahan bakar.
- F. Mengatur kecepatan mesin sesuai dengan bebannya melalui pengaturan penyaluran sistem bahan bakar.

SYARAT SISTEM INJEKSI BAHAN “BAKAR MESIN DIESEL”

- A. Memberikan sejumlah tertentu bahan bakar. Sistem injeksi bahan bakar harus setiap saat tertentu memberikan sejumlah tertentu bahan bakar ke tiap-tiap silinder mesin diesel.
- B. Menepatan saat penginjeksian bahan bakar. Bahan bakar harus diinjeksikan ke dalam silinder tepat pada saat kemungkinan mesin diesel mampu menghasilkan tenaga yang maksimum. Bahan bakar yang diinjeksikan terlalu cepat atau terlalu lambat selama langkah usaha menyebabkan terjadinya kerugian tenaga.
- C. Mengendalikan kecepatan pengiriman bahan bakar. Kerja mesin diesel yang halus pada tiap-tiap silinder, tergantung pada lama waktu yang diperlukan untuk menginjeksikan bahan bakar. Kecepatan mesin yang lebih tinggi harus dicapai dengan pemasukan bahan bakar yang lebih cepat pula.

Ada Dua Tipe Pompa Injeksi Pada Sistem Bahan Bakar Diesel Yaitu Pompa Injeksi *In-line* Dan Pompa Injeksi Distributor :

1. Pompa injeksi in-line

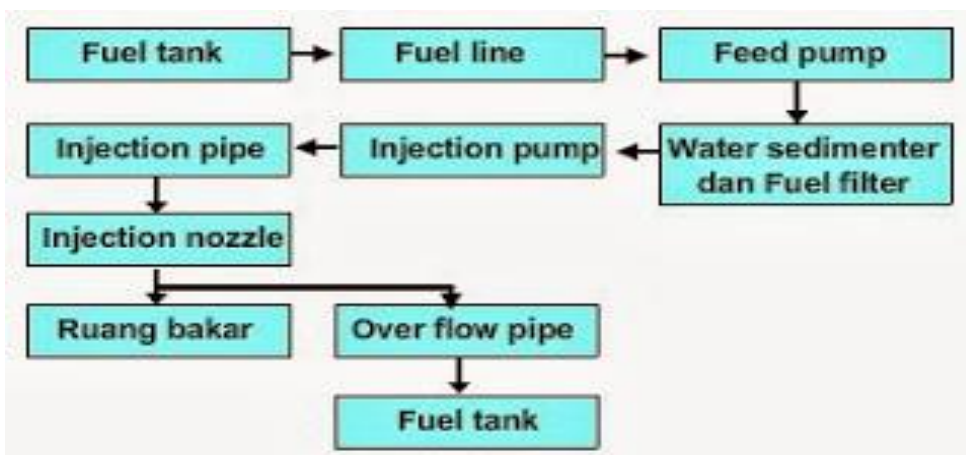


Gambar 6.26

Keterangan:

1. *Fuel tank* (tangki bahan bakar)
2. *Fuel line* (pipa bahan bakar)
3. *Priming pump* (pompa priming)
4. *Feed pump*
5. *Water Sedimenter dan Fuel filter*
6. *Injection pump* (pompa injeksi)
7. *Injection pipe* (pipa injeksi)
8. *Injection nozzle* (injektor)
9. *Over flow pipe* (pipa pengembali)

ALIRAN BAHAN BAKAR
POMPA INJEKSI *IN-LINE*



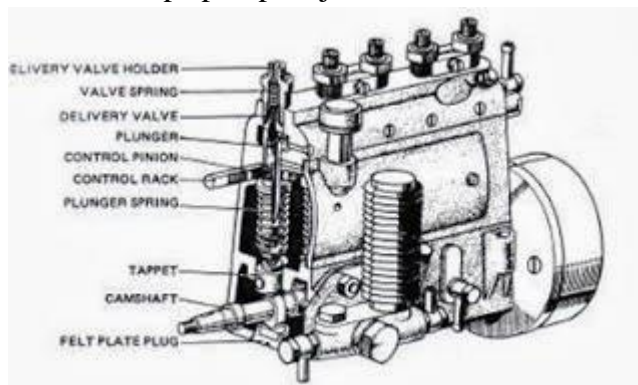
Gambar 6.27

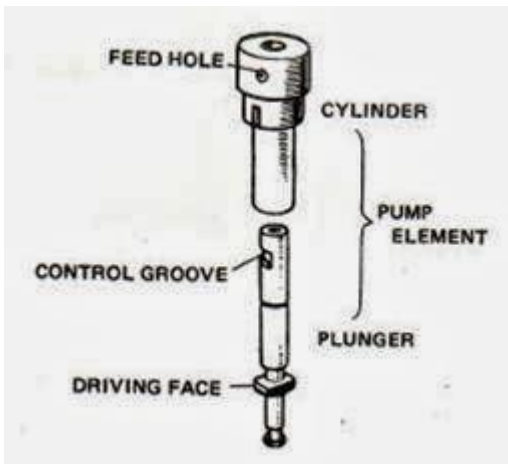
Cara Kerja Pompa Injeksi *in-line*

1. *Injection pump* mendorong bahan bakar menuju *Injection Nozzle* dengan tekanan dan dilengkapi dengan sebuah mekanisme untuk menambah dan mengurangi jumlah bahan bakar yang menuju *nozzle*. *Plunger* di dorong ke atas oleh *camshaft* dan dikembalikan oleh *Plunger Spring*.
Plunger bergerak ke atas dan ke bawah didalam *Plunger barrel* dan pada jarak *stroke* yang telah ditetapkan, guna mensuplai bahan bakar dengan tekanan. Dengan naik dan turunnya *Plunger* berarti akan membuka dan menutup *section* dan *discharge port* sehingga mengatur banyaknya injeksi bahan bakar. Dan pengaturan pergerakan naik turun *plunger* diatur oleh *governor*.
2. *Governor* yang terpasang pada pompa injeksi digunakan untuk mengatur kecepatan mesin. Kecepatan mesin ini sebanding dengan mengalirnya bahan bakar ke dalam silinder ruang bakar
3. Pada *governor* mekanik, pengaturan injeksi bahan bakarnya sesuai dengan kerja *governor* yang bekerja berdasarkan gaya sentrifugal. *Plunger* dari pompa injeksi berputar oleh gerakan dari batang gerigi pengatur bahan bakar (*Control Rod*), dengan demikian mengatur jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam silinder.
4. *Control Rod* dihubungkan ke *governor* melalui *floating lever*. Bila, putaran mesin naik, batang gerigi pengatur bahan bakar bergerak mengurangi jumlah bahan bakar yang diinjeksikan. Bila putaran mesin turun, batang gerigi pengatur bahan bakar (*Control Rod*) bergerak menambah bahan bakar yang diinjeksikan. Dengan demikian *governor* adalah suatu mekanisme untuk *lever ratio* dari *floating lever*.
5. Jika mesin berputar idling, gaya sentrifugal dari bobot *Flyweight*.. adalah kecil. Jika gaya, sentrifugal ini tidak cukup besar untuk mengatasi tahanan dari batang gerigi pengatur bahan bakar (*control Rod*) mesin dapat.

POMPA INJEKSI *INLINE* (sebaris)

Pompa injeksi bahan bakar berfungsi untuk menekan bahan bakar dengan tekanan yang cukup melalui kerja elemen pompa. Seperti telah diuraikan di atas bahwa pompa injeksi bahan bakar berupa pompa injeksi sebaris





Gambar 6.28 Pompa Injeksi Sebaris Tipe *Bosch* (PE) & Elemen Pompa Injeksi In Line

Pompa Injeksi Sebaris

Pompa injeksi sebaris banyak digunakan untuk mesin diesel yang bertenaga besar, karena pompa injeksi ini mempunyai kelebihan bahwa tiap elemen pompa melayani satu silinder mesin. Elemen pompa injeksi *in line* yang terdiri dari plunyer (*plunger*) dan silinder (barrel) yang keduanya sangat presisi, sehingga celah antara plunyer dan silindernya sekitar $1/1000$ mm. Ketelitian ini cukup baik untuk menahan tekanan tinggi saat injeksi, walaupun pada putaran rendah.

Sebuah alur diagonal yang disebut alur pengontrol (*control groove*), adalah bagian dari plunyer yang dipotong pada bagian atas. Alur ini berhubungan dengan bagian atas plunyer oleh sebuah lubang. Bahan bakar yang dikirimkan oleh pompa pemindah masuk ke pompa injeksi dengan tekanan rendah. Plunyer bergerak turun naik dengan putaran poros nok pompa injeksi.

BAB 7

PERMESINAN DECK

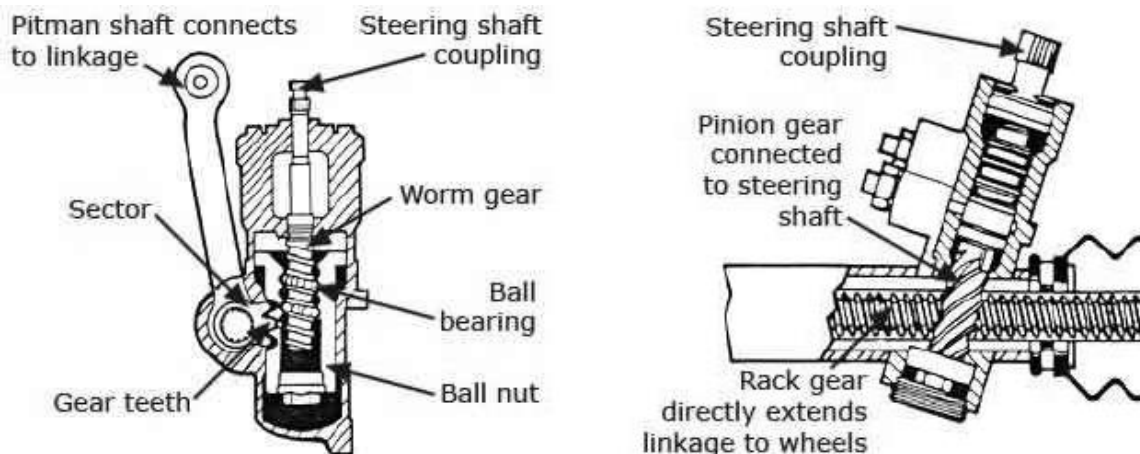
7.1 Permesinan Geladak (*Deck Machineries*)

Permesinan geladak atau *deck machinery* adalah peralatan – peralatan yang terletak padageladak utama dan berfungsi untuk membantu dalam berolah gerak di pelabuhan ketika akan bersandar,

berlabuh atau pada saat bongkar muat. Pada perencanaan ini terdapat permesinan geladak antara lain :

1. Mesin Kemudi (*Steering gear dan Rudder*)

Mesin Kemudi ini berfungsi untuk *manuvering*, menjaga kapal dalam sebagaimana dikehendaki. Mesin ini terdiri dari daun kemudi, batang kemudi, tiller, sistem hidroulik.



Gambar 7.1 Steering Gear Components

2. Mesin Jangkar (*Windlass*)

Jangkar berfungsi untuk menahan kapal agar tidak terbawa arus pada saat berlabuh. Dalam besarnya jangkar dipengaruhi oleh displacement kapal dan luas proyeksi badan kapal bangunan atas rumah geladak di atas garis air muat musim panas. Mesin jangkar terdiri dari jangkar, rantai, windlass, pompa hidroulik, motor listrik. Spesifikasi kapal sangat menentukan besarnya daya yang dibutuhkan untuk menarik masing-masing anchor dan 60 mata rantai pada kecepatan rata-rata yang tidak kurang dari 0.15m/s. Dan juga harus mampu menurunkan anchor

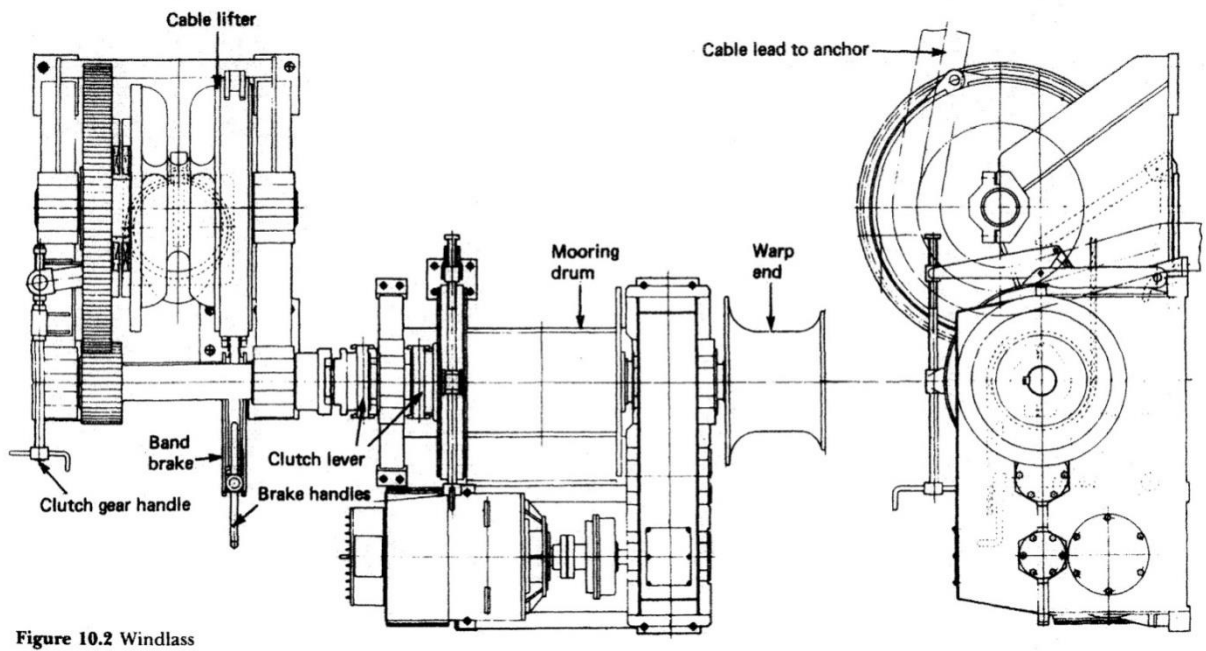


Figure 10.2 Windlass

Gambar 7.2 Windlass

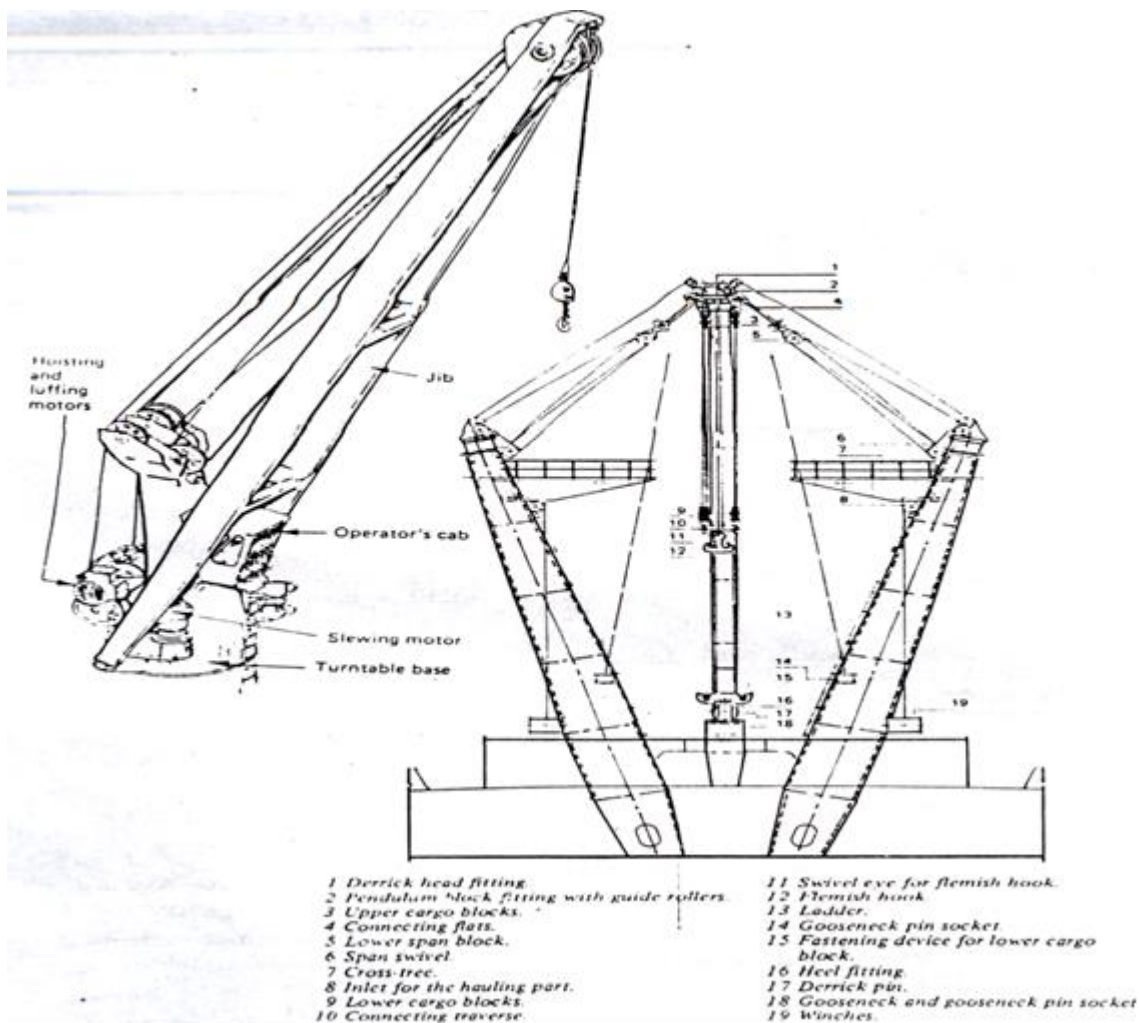
pada daya rendah dengan membalik permesinan dandengan gravitasi pada pengontrolan menggunakan tangan melalui gesekan rem.

3. Mesin Tambat (*Capstan*)

Peralatan ini berfungsi untuk mengikat kapal pada saat kapal sandar/berlabuh. Sistem ini terdiri dari *Bollard, Fairlead dan roller chock, warping winch/capstan*. Desain sistem *moring* ini biasanya didasarkan pada perencanaan untuk menahan kapal terhadap semua gaya yang merugikan yang mungkin dialami kapal selama beroperasi. Berdasar hasil penelitian 90% angin kencang yang terjadi pada pelabuhan komersial berkecepatan 35 knot

4. Mesin Bongkar Muat

Sistem bongkar muat untuk kapal tanker secara dasar dibedakan dua tipe yaitu *piped* atau *free-flow* atau kombinasi keduanya. Kecuali untuk tipe pompa *deep well* dan *submersible* satu atau lebih ruang pompa harus disediakan, jumlahnya ditentukan berdasar jumlah *grade* muatan yang dibawa, seperti hal ini juga menentukan jumlah pompa dan ukuran serta kompleksitas sistem. Penggerak pompa biasanya ini juga menentukan jumlah pompa dan ukuran serta kompleksitas sistem. Penggerak pompa biasanya *stuffing box* cair dan gas. Peralatan ini berfungsi untuk membongkar atau memuat muatan dalam kapal. Sistem ini terdiri dari Pipa – pipa, out *fitting*, dan juga pompa- pompa.



Gambar 7.3 Mesin Bongkar Muat (Crane)

5. Mesin Sekoci

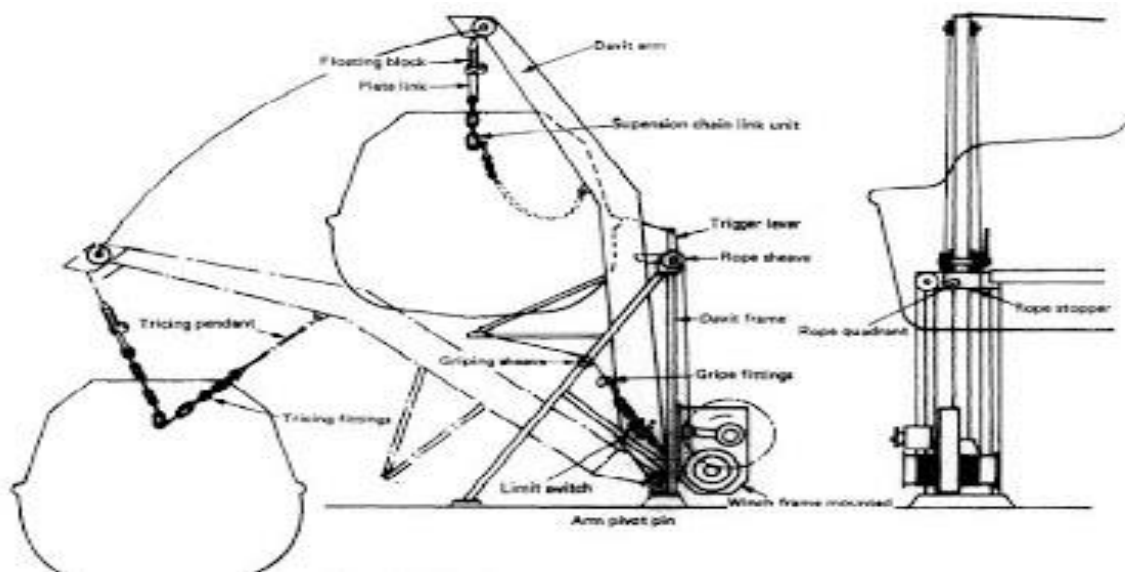
Peralatan ini berfungsi sebagai keselamatan bila kapal terjadi kecelakaan. Karena menyangkut keselamatan crew kapal maka alat – alat keselamatan ini harus sesuai dengan standar. Sehingga bila terjadi kecelakaan maka semua crew dapat diselamatkan. Peralatan yang harus disediakan diantaranya terjadi kecelakaan maka semua crew dapat diselamatkan. Peralatan yang harus disediakan diantaranya sebagaimana diatur dalam *class* ataupun regulasi internasional lain seperti *SOLAS*, dimana juga mengatur mengenai tempat-tempat aman yang harus dilapisi dengan material tahan api. *Rules* dan rekomendasi :

- *Bureau Veritas, Rules for the Classification of Steel Ships*
- *M. Khetagurov, Marine Auxiliary Machinery and System*
- *Soekarsono, N.A., Ship Outfittings*

Plat kapal merupakan plat yang berbeda dengan plat pada umumnya. Kelebihan plat kapaltentunya terkandung unsur lain selain baja sebagai unsur utama. Unsur

campuran pada plat kapal berpengaruh terhadap laju korosi yang terjadi pada kapal nantinya. Unsur-unsur campuran berpengaruh terhadap laju korosi yang terjadi pada kapal nantinya. Unsur-unsur campuran Plat kapal dibuat dari peleburan bijih besi dalam tungku sembur yang mempunyai struktur kerucut dan tungku tersebut tentunya terbuat dari bahan tahan api. Panas peleburan menggunakan kokas dan batu kapur agar kerak pada bijih besi dapat terangkat dan tidak tercampur. Kandungan dalam tiap lembar plat adalah 92-97 persen merupakan besi. Sisanya terdapat kandungan karbon, silikon, mangan, belerang, dan fosfor. Tentunya dalam cetakan plat kotor yang terbawa harus di minimalisir untuk menjaga kualitas dari plat tersebut.

Baja secara luas dapat diartikan sebagai paduan antara besi dan karbon. Untuk kandungan karbon bervariasi berkisar antara 0,1% dan ketika baja telah mengeras menjadi 1,8% dari kandungan seluruh plat. Proses pengasaman digunakan untuk memperbaiki plat besi yang rendah dengan memasukkan unsur Fosfor dan unsur sulfur. Kedua unsur tersebut kaya akan silikon dan menghasilkan terak asam yang dibutuhkan plat. Unsur fosfor merupakan kapur yang menghasilkan terak dasar. Dari 85% unsur baja yang diproduksi menggunakan teknik modern dan kualitas tentunya juga baik dengan unsur bijih unggul.



Gambar 7.4 Mesin Sekoci (*Davit Launch*)

Dalam plat kapal terdapat tahapan proses yang mana merupakan tahapan untuk mencapai kualitas plat yang baik. Proses tersebut antara lain

1. *Open heart Process.*
2. *Electric Furnaces yaitu proses.*
3. *Oxygen Process.*
4. *Chemical Additional*

Masing-masing proses mempunyai cara tersendiri dalam memperlakukan bijih besi logam sampai menjadi plat. *Open hearth* proses merupakan proses peleburan

bijih besi dalam tungku besar yang mana untuk memproduksi baja dalam jumlah besar. Setelah *open hearth* proses dilanjutkan *electric furnace* yang mana difungsikan sebagai penyulingan bahan untuk memberikan komposisi yang dibutuhkan. Proses *electric furnace* sering digunakan untuk produksi bermutu tinggi.

Kemudian *Oxygen* proses adalah salah satu proses modern. Sebuah jet oksigen dengan kemurnian tinggi diarahkan ke permukaan logam cair untuk memperbaiki baja tersebut. Proses berikutnya adalah *chemical additional to steel* yang mana proses ini adalah penambahan bahan kimia yang adalah *chemical additional to steel* yang mana proses ini adalah penambahan bahan kimia yang

Pabrik pembuatan plat kapal memproduksi dalam jumlah banyak sehingga ukuran plat ditentukan oleh pabrikan sehingga lajur plat pada pembuatan kapal baru harus menyesuaikan dengan buatan pabrik. Jika tidak memungkinkan sebuah kapal untuk memuat satu lajur plat maka dilakukan pemotongan plat sesuai dengan bukaan kulit kapal yang telah direncanakan. Plat menetapkan sebuah ukuran untuk dibuat secara massal karena jika dibuat per biji maka pabrik akan mengalami kerugian pada bidang produksi. Jika pihak galangan ingin memesan plat dengan ukuran khusus maka pihak galangan harus mengeluarkan biaya lebih untuk produksi plat yang tidak sesuai pasaran.

Baja untuk kapal konstruksi lambung biasanya mengandung 0,15-0,23% kandungan produksi plat yang tidak sesuai pasaran. Fosfor dan sulfur terlalu tinggi dapat merugikan pengelasan dari baja dan dapat terjadi keretakan jika mengandung sulfur yang tinggi. Baja untuk kapal digolongkan oleh badan klasifikasi. Dalam hal ini *LR (Lloyd's Register)* dan produsen melakukan inspeksi pengujian yang telah ditentukan oleh pabrik baja sebelum pengiriman. Semua plat bersertifikat ditandai dan diberikan keterangan sesuai aturan yang diberlakukan.

Sifat-sifat baja dapat berubah karena perlakuan panas terhadap baja tersebut. Hal ini tentunya sangat berpengaruh pada proses pengelasan. Perlakuan panas terhadap baja tergantung dari bahan baja tersebut. Adapun proses-proses perlakuan panas terhadap baja antara lain.

1. *Annealing*

Merupakan proses yang terdiri atas pemanasan baja sampai 850,0-950°C dan didinginkan dalam tungku dengan sangat lambat. Hal ini dapat mengurangi tekanan internal untuk melunakkan baja dan dapat membuat kualitas baja tetap baik ketika perlakuan panas berikutnya.

2. *Normalizing*

Yaitu proses memanaskan baja perlahan kemudian didinginkan. Untuk proses pendinginan dipercepat agar baja lebih kuat dan keras.

3. *Quenching*

Baja dipanaskan sampai suhu tertentu kemudian baja panas dipadamkan menggunakan air. Proses tersebut menghasilkan baja yang keras dan struksur yang lebih baik.

4. *Tempering.*

Merupakan kelanjutan proses quenching dan pemanasan samapi 680⁰C. Dan kemudiandidinginkan dalam minyak atau air.

5. *Stress Relieving*

Mengurangi tekanan internal suhu baja akan naik sehingga tidak ada perubahan struktur bahan terjadi serta perlahan-lahan didinginkan. Pada awalnya badan klasifikasi LR memberikan spesifikasi yang berbeda untuk setiap baja. Namun pada tahun 1959, badan klasifikasi membuat kesepakatan untuk membakukan semua kebutuhan plat. Sekarang ada lima kualitas baja yang berbeda menurut badan klasifikasi dalam konstruksi kapal. Adapun tiap grade di beri perbedaan yaitu grade A, grade B, grade C, grade D, dan grade E. Untuk grade A merupakan baja yang mempunyai kualitas bagus untuk sebuah bangunan kapal. Sedangkan grade B adalah jenis baja ringan yang mempunyai kualitas lebih bagus dari pada baja grade A. Baja grade B merupakan baja dimana tebal platnya yang diperlukan untuk daerah kritis. Sedangkan Grade C, D, dan E memiliki tingkat kelenturan yang baik.

Pada setiap baja mempunyai kekuatan tarik terutama pada bangunan kapal. Kekuatan tarik plat baja pada sebuah kapal terjadi paling besar pada daerah lambung kapal terutama kapal tanker, kontainer dan cargo. Hal ini membuat konstruksi pada bagian dek mengalami penurunan ketebalan untuk mengurangi berat pada kapal. Maka pada kulit bawah dan frame pada bagian midship lebih tebal karena mengalami defleksi yang besar pula. Kekuatan tarik baja adalah aplikasi penting dalam sebuah bangunan kapal karena sebuah plat baja juga mengalami kelelahan saat proses pengelasan. Selain kekuatan tarik baja perlu diperhatikan juga tingkat korosi dari baja tersebut dan dilakukan pemeriksaan untuk mewaspadai hal tersebut. Baja dengan kekuatan tarik yang lebih tinggi digunakan untuk konstruksi lambung yang telah disetujui oleh pihak badan klasifikasi. Spesifikasi meliputi metode pembuatan,

Komposisi kimia, perlakuan panas, dan sifat mekanik dari baja tersebut. Penempaan baja merupakan sebuah metode yang digunakan untuk membentuk sebuah logam dengan memberikan panas pada baja. Pemanasan terhadap baja adalah dengan menaikkan suhu panas, kemudian baja di tempa dengan palu sehingga membentuk bagian yang diinginkan.

Analysis Plat baja yang digunakan untuk kapal merupakan baja yang berbeda dengan jenis bajayang ada pada umumnya. Sebagai perbandingan sebuah plat baja untuk kapal mempunyaikandungan campuran selain baja sebagai unsur utama plat. Plat baja kapal mempunyai berbagaicampuran unsur kimia diantaranya karbon, fosfor dan sulfur.

Plat baja untuk kapal mempunyai kelebihan pada tingkat ketahanan terhadap korosi airlaut. Selain mempunyai kekuatan tarik yang lebih bagus, plat baja kapal

mempunyai kadar karbon sebagai pelindung dari korosi. Untuk itu plat baja pada kapal dibuat khusus. Adapun tingkat kekerasan atau kekuatan tarik dari plat baja kapal lebih baik dari pada plat baja lainnya. Untuk sertifikasi plat baja pada kapal melewati tahap pengujian atau serangkaian tes uji material. Hal tersebut tentunya harus mendapat persetujuan dari badan klasifikasi. Uji material

Pada plat kapal ditujukan untuk mengetahui performa dari material karena plat kapal ketika dilaut mengalami beberapa defleksi yang terjadi akibat gesekan antara aliran air laut dengan badankapal atau plat kapal. Jadi pengujian untuk plat kapal juga berbeda dengan plat yang bukan untuk plat kapal tersebut. Setelah dilakukan serangkaian uji material maka sertifikat dikeluarkan untuk mendapat nilai jual yang sesuai dengan kebutuhan pasar. Sertifikat dibuat atas persetujuan laboratorium uji material dengan badan klasifikasi kapal tersebut. Setelah itu pihak galangan selakupembuat kapal dapat menggunakan plat tersebut sesuai dengan kebutuhan konstruksi kapal.

7.2 Conclusion

Plat baja pada kapal merupakan plat yang mempunyai kualitas bagus dari pada plat-plat yang digunakan pada umumnya. Hal tersebut dikarenakan sebuah kapal akan melakukan pelayaran di laut maka sifat korosif dari air laut merupakan problem dan selain itu tekanan dari air laut juga mempengaruhi ketahanan dari plat baja tersebut. Proses pembuatan plat merupakan peleburan bijih besi didalam tungku yang tahan terhadap api. Adapun tahapan-tahapan pembuatan plat baja adalah :

1. *Open heart Process* yaitu proses peleburan bijih besi.
2. *Electric Furnaces* yaitu proses penyulingan bijih besi cair.
3. *Oxygen Process* yaitu proses memperbaiki cairan logam.
4. *Chemical Additional to steel* yaitu proses penambahan cairan kimia sesuai kebutuhan.

Dari proses tersebut maka produksi plat dibuat secara massal dengan ukuran yang sama. Hal ini dikarenakan pabrikan plat baja tentunya tidak ingin menambah biaya produksi untuk jenis plat dengan ukuran berbeda. Pada sebuah plat baja untuk kapal mempunyai kandungan lain seperti fosfor, sulfur, dan karbon.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji W, Suryo, (2005), Engine Propeller matching.
- Ir.Jusak J.H.,SE.,M.Mar.E.(2006)
- Kuiper.G, (1992), The Wageningen Propeller Series, Netherlands.
- Sv.Aa Harvald, (1992), Tahanan dan Propulsi Kapal, Airlangga University Press, Surabaya.
- Santoso, Agoes, Notes on Marine Engineering
- Taylor, (1972), Principle of Naval Architecture Vol.II. The Society of Naval & Marine Engineering, New York.
- Widarto, 2008, Teknik Permesinan, Jakarta : Depdiknas.
- Smith, W.F. 1996 Principles of Materials Science and Engineering.
2nd Edition.Mc Graw-Hill : Singapore.
- Vernon, Jhon, 1998. Introduction in Engineering Material, McGraw-Hill Inc, New York.
- Intercoolers.2016.
- Maintenance of Turbocharger.2006. *Turbocharger* manual book.semua halaman.
- Maintenance of intercooler.2006.intercooler manual book.
- Perawatan intercooler.
- Teknologi motor disel. *Turbocharger*.2012.

Soal jawab pilihan ganda 50 soal

1. Di bawah ini yang tidak termasuk bagian *turbocharged* adalah.....

- a. poros turbin
- b. roda blower
- c. saluran udara masuk
- d. katup

2. Untuk menambahkan pemasukkan udara ke dalam silinder dengan jalan memanfaatkan Tenaga yang terbuang oleh gas buang untuk menggerakkan turbin yang terhubung dengan blower udara isap ini merupakan fungsi suatu alat yang dinamakan.....

- a. *turbocharged*
- b. pompa injeksi
- c. *accumulator*
- d. pompa tangan

3. Proses penyerapan panas yang terjadi pada ekonomiser di pergunakan untuk....

- a. menaikkan temperature uap
- b. menaikkan temperature air dan uap
- c. menaikkan temperature air pengisian
- d. semua jawaban benar

4. Pengaturan jumlah bahan bakar masuk aux. boiler di atur oleh....

- a. Relief valve
- b. Control valve
- c. Safety valve
- d. Salah semua

5. Fungsi flame detector sebagai berikut.....

- a. Memonitor nyala api dalam ruang bakar
- b. Memonitor panas dalam ruang bakar
- c. Memonitor jumlah bahan bakar
- d. a,b,c salah semua

6. Proses penyerapan panas yang terjadi pada superheater dipergunakan untuk.....
- Menaikkan temperature air
 - Merubah fasa air menjadi uap
 - Menaikkan temperatur uap
 - Menaikkan temperature air dan uap
7. Fungsi dari katup venting pada drum adalah,kecuali....
- Untukmenghindari terjadi vacuum pada saat cooling down
 - Untuk mengurangi tekanan lebih pada drum
 - Untuk menaikkan temperatur upper drum
 - Untuk membuang udara pada saat akan pengisian awal
8. Apabila over pressure pada boiler maka safety valve akan bekerja sesuai urutannya....
- Drum – superheater
 - Superheater – drum
 - Superheater dan drum bekerja bersamaan
 - Semua salah
9. Proses perpindahan panas yang dominan terjadi pada boiler bahan bakar adalah.....
- Proses perpindahan panas dengan radiasi dan konduksi
 - Proses perpindahan panas dengan konveksi
 - Proses perpindahan panas dengan konduksi
 - Proses perpindahan panas dengan ridiasi
10. Pada sistem pendingin yang fungsinya memproses penguapan dengan cara pengambilan panas yang menyebabkan bahan ruangan atau apapun lainnya menjadi dingin adalah
- Kondensor
 - Evaporator
 - Kompresor
 - Blower
11. Yang bukan merupakan motor bakar dibawah ini adalah...
- Motor diesel 2 tak
 - Motor bensin 2 tak
 - Motor uap
 - Motor diesel 4 tak

12. Berdasarkan putarannya motor diesel dibedakan menjadi...
- 1 jenis putaran
 - 2 jenis putaran
 - 3 jenis putaran
 - 4 jenis putaran
13. Dalam penggunaannya motor diesel dipakai untuk kendaraan yang membutuhkan tenaga besar. Dibawah ini penggunaan motor diesel yang tidak cocok digunakan pada kendaraan...
- Kapal laut
 - Traktor
 - Pesawat terbang
 - Truck
14. Motor diesel mempunyai kelebihan dibanding motor bensin. Yang tidak termasuk kelebihan motor diesel adalah...
- Tenaga yang dihasilkan besar
 - Suaranya keras
 - Bahan bakarnya harganya murah
 - Asapnya tidak terlalu berbahaya
15. Proses pembakaran terjadi karena ada beberapa unsur menjadi satu. Adapun unsure-unsur tersebut adalah...
- Udara, bahan bakar, panas
 - Udara dan panas
 - Bahan bakar dan udara
 - Panas dan bahan bakar
16. Cara yang paling tepat dibawah ini untuk menghentikan proses pembakaran adalah...
- Menutup kran bahan bakar
 - Tidak adanya panas
 - Menghilangkan salah satu unsur segitiga api
 - Jawaban A,B,C dan D benar semua

17. Alat untuk menyemprotkan bahan bakar pada motor diesel dinamakan...

- a. Injektor
- b. Feed Pump
- c. Priming pump
- d. Injection pump

18. Agar bahan bakar dapat terbakar maka bahan bakar yang disemprotkan kedalam ruang bakar harus berbentuk...

- a. Cair
- b. Uap
- c. Kabut halus
- d. Kabut kasar

19. Panas untuk proses pembakaran pada motor diesel dihasilkan dari ...

- a. Percikan api busi
- b. Pemampatan pada silinder
- c. Semprotan bahan bakar
- d. Gesekan yang menimbulkan panas

20. Pada motor diesel udara segar yang dimasukkan kedalam silinder menggunakan berapa metode...

- a. 1 metode
- b. 2 metode
- c. 3 metode
- d. 4 metode

21. Untuk menaikkan daya motor perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut kecuali...

- a. Memperbesar lubang silinder
- b. Meningkatkan putaran motor
- c. Menambah jumlah bahan bakar
- d. Memperbesar frekuensi pembakaran

22. Di bawah ini beberapa komponen gas buang yang membahayakan kecuali...

- a. Asap hitam
- b. Karbon monoksida (CO)
- c. Oksigen (O₂)
- d. Hidrokarbon yang tak terbakar (UHC)

23. Penyebab bunyi yang keras pada motor diesel disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut, kecuali...
- a. Bunyi tumbukan katup dan dudukannya
 - b. Tekanan pembakaran yang tinggi
 - c. Tumbukan torak dan dinding silinder
 - d. Penyemprotan bahan bakar oleh injector
24. Hal-hal berikut merupakan penyebab terjadinya ledakan diesel kecuali...
- a. Penyalaan bahan bakar yang jelek
 - b. Tekanan isap rendah
 - c. Jumlah penyalaan yang sesuai
 - d. Turbulensi di dalam ruang bakar
25. Untuk mengantisipasi agar tidak terjadi ledakan diesel maka upaya yang harus dilakukan sebagai berikut, kecuali...
- a. Pemilihan ruang bakar yang tepat
 - b. Memilih ukuran penyemprot bahan bakar yang tepat
 - c. Memakai bahan bakar yang memudahkan dalam penyalaan
 - d. Memilih minyak pelumas yang tepat
26. peralatan yang bukan termasuk sistem refrigerant adalah.....
- a. cooler
 - b. box fan
 - c. cold storage
 - d. air conditioner
27. Refrigerant adalah bahan.....
- a. Pemanas
 - b. Pendingin
 - c. penguap
 - d. Perantara
28. Persyaratan utama refrigerant adalah.....
- a. mudah panas
 - b. mudah menguap
 - c. ramah lingkungan
 - d. tahan panas

29. Prinsip terjadinya suatu pendinginan di dalam sistem refrigerasi adalah.....

- a. pengisolasian uap dingin
- b. kolektivitas uap panas
- c. penyerapan kalor oleh suatu zat panas
- d. penyerapan kalor oleh suatu zat pendingin

30. Kebanyakan kompresor-kompresor yang di pakai saat ini adalah dari jenis.....

- a. torak
- b. rotari
- c. roda gigi
- d. sentrifugal

31. Pada sistem refrigerasi evaporator berfungsi sebagai.....

- a. penampungan
- b. pencairan
- c. penguapan
- d. pembilasan

32. Pada sistem refrigersi kondensor berfungsi sebagai.....

- a. memompa refrigerent cair menjadi gas
- b. merubah refrigerent cair menjadi gas
- c. merubah refrigerent gas menjadi cair
- d. mengalirkan uap tekanan tinngi

33. Suatu indeks yang biasa dipergunakan bagi bahan bakar motor diesel untuk menunjukkan tingkat kepekaannya terhadap detonasi dinamakan...

- a. Bilangan kwadrat
- b. Bilangan cetan
- c. Bilangan ganjil
- d. Bilangan genap

34. Untuk mengurangi ledakan maka nilai oktan suatu bahan bakar harus....

- a. Sedang
- b. Nol
- c. Tinggi
- d. Rendah

35. Pada motor diesel sistim penyemprotan bahan bakar kedalam ruang bakar terdiri dari...
- Penyemprotan langsung saja
 - Penyemprotan tak langsung saja
 - Penyemprotan langsung dan penyemprotan tak langsung
 - Penyemprotan bertingkat
36. Pada sistem refrigerasi , katup ekspansi berfungsi untuk...
- Mengalirkan uap bertekanan tinggi ke evaporator
 - Mengalirkan uap bersuhu tinggi ke evaporator
 - Mengalirkan refrigerant cair menjadi gas ke evaporator
 - Mengontrol jumlah refrigerant yang masuk ke evaporator
37. Pada sistem refrigerasi, fungsi compressor adalah...
- Menghisap uap refrigerant yang bertekanan rendah ke evaporator
 - Menghisap kalor refrigerant yang bertekanan rendah dari evaporator
 - Menghisap panas refrigerant yang bertekanan rendah dari evaporator
 - Memompa uap kondensor yang bertekanan rendah dari evaporator
38. Pada sistem refrigerasi, fungsi compressor selanjutnya setelah proses tersebut pada jawaban soal nomer 5 adalah...
- Mengompresikan dan membersihkan uap bertekanan rendah yang masuk ke evaporator
 - Mengompresikan dan membersihkan uap bertekanan tinggi yang masuk ke evaporator
 - Mengembalikan uap bertekanan tinggi menjadi bertekanan rendah ke evaporator
 - Mengompresikanya menjadi uap bertekanan rendah yang masuk ke kondensor
39. Sistem perporosan adalah sistem mengenai shaft pada kapal yang terhubung dengan propeller atau baling-baling kapal biasa disebut juga dengan...
- Shafting system
 - Propeller system
 - Stern Tube
 - Steering gear

40. Manakah dibawah ini yang merupakan kelebihan turbocharger...
- a. Lebih responsive
 - b. Lebih ramah lingkungan
 - c. Lebih ekonomis
 - d. Semua jawaban benar
41. Manakah dibawah ini merupakan kekurangan turbocharger...
- a. Lebih ekonomis
 - b. Lebih responsive
 - c. Lebih berisik
 - d. Lebih murah
42. Dibawah ini merupakan komponen turbocharger, kecuali...
- a. Baling-baling
 - b. Steering gear
 - c. Kompresor
 - d. Stern tube
43. Melakukan perawatan turbin dan compressor serta intercooler merupakan tindakan...
- a. Perawatan turbocharger
 - b. Merusak mesin
 - c. Memperbaiki mesin
 - d. Melumasi mesin
44. Mesin kemudi disebut juga dengan...
- a. Stern tube
 - b. Shafting
 - c. Steering gear
 - d. Propeller
45. Apa yang dimaksud dengan Windlass...
- a. mesin kemudi
 - b. mesin crane
 - c. mesin jangkar
 - d. mesin sekoci

46. Mesin tambat dikenal juga dengan istilah...

- a. capstain
- b. mesin jangkar
- c. mesin kemudi
- d. mesin crane

47. Manakah dibawah ini merupakan mesin bongkar muat

- a. Mesin jangkar
- b. Mesin kemudi
- c. Mesin tambat
- d. Mesin Crane

48. Mesin sekoci disebut juga dengan nama...

- a. mesin derek
- b. mesin kemudi
- c. Davit launch
- d. Rudder

49. Dibawah ini merupakan safety equipment di dek kapal, kecuali...

- a. Spanner
- b. Pliers
- c. Liferaft
- d. Sharkjaw

50. Dibawah ini merupakan bagian kemudi kapal, yaitu...

- a. Stern tube
- b. Shafting
- c. Rudder
- c. Crane

Kunci jawaban soal pilihan ganda

1. D	16. D	31.C	46.A
2. A	17. A	32.B	47.B
3. C	18. C	33.D	48.C
4. B	19. B	34.C	49.C
5. A	20. B	35.C	50.C
6. C	21. C	36.D	
7. B	22. C	37.B	
8. B	23. D	38.D	
9. D	24. C	39.A	
10. B	25. D	40.B	
11. C	26. B	41. C	
12. C	27. B	42.C	
13. D	28. C	43.A	
14. B	29. D	44.C	
15. A	30. A	45.C	



BIOGRAFI

Saya adalah seorang laki-laki kelahiran kota kendal dan dilahirkan tepat pada tanggal 7 Desember 1979. Ayah dan ibu saya memberikan saya nama Victor Wiku Widyo Bharoto. Ayah saya bernama Washi Subroto dan ibu saya bernama Herny Purwastuti. Di keluarga, saya adalah anak kedua dari 5 bersaudara. Kaka saya yang pertama bernama Daniel dan yang ketiga adik saya bernama Andreas, yang keempat bernama Brahma dan yang paling akhir bernama Galatia Hera sudah pulang kerumah Bapa disurga.

Saya menempuh pendidikan di kota Semarang sejak SD, SMP dan STM. SDN 1,2,7 Semarang adalah tempat dimana saya menyelesaikan pendidikan dasar. Setelah lulus, saya melanjutkan ke jenjang SMP di, SMP Masehi 3 PSAK Semarang. Selepas SMP saya menempuh pendidikan di STM YPP Semarang. Selepas STM, saya melanjutkan kuliah di Universitas IKIP Semarang.

Saya menempuh pendidikan dengan sangat baik. Hal ini dibuktikan dengan prestasi yang selalu saya raih. Bahkan saat ini sudah mendapat gelar Sarjana pendidikan, dan mendapat gelar *Master Marine Engineer* . Tentu saja ini saya lakukan karena Visi misi saya mengembangkan dunia pendidikan khususnya mesin kapal. Saat ini saya bekerja sebagai dosen tetap di Politeknik Bumi Akpelni dan pengalaman sebelas tahun berlayar saya salurkan

kepada generasi anak bangsa. Puji Tuhan saya 2019 mendapat penghargaan dosen terbaik dilingkungan saya bekerja. Bagi saya belajar keras dan bekerja keras adalah sesuatu yang harus dilakukan. Tidak ada kesuksesan yang dapat diraih tanpa adanya kerja keras.