

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran umum obyek yang diteliti

Permasalahan yang akan dikaji dalam skripsi ini yaitu tentang analisa menurunnya kerja mesin diesel generator diakibatkan oleh beberapa faktor yang terkait satu sama lain. Untuk itu kajian ini penulis berusaha memberikan gambaran yang jelas dalam mengutarakan fakta-fakta permasalahan yang terjadi pada baut *cylinder head* yang patah.

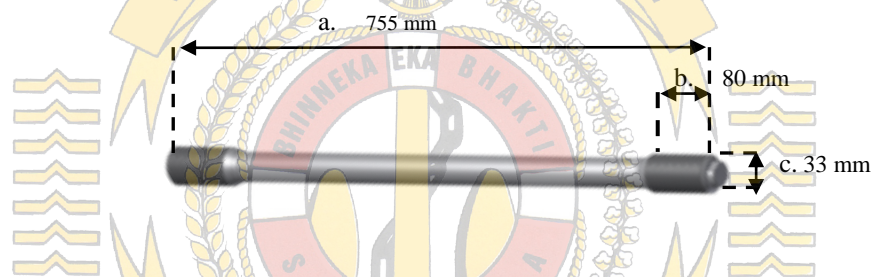
Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis mengumpulkan data-data dari baut *cylinder head* di kapal MV. Lieke. Adapun spesifikasi baut tersebut seperti dibawah ini:

<i>Name of Bolt</i>	: <i>Cylinder Head Bolt</i>
<i>Material</i>	: <i>Carbon Steel</i>
<i>Type</i>	: <i>metric</i>
<i>Length</i>	: <i>755 mm</i>
<i>Bolt Diameter</i>	: <i>33 mm</i>
<i>Nut Diameter</i>	: <i>55 mm</i>
<i>Pitch</i>	: <i>60°</i>
<i>Strength</i>	: <i>50,5 kgf-m</i>
Sumber: <i>Intruction manual book</i>	

Pada saat kapal MV. Lieke berlayar dari Portugal menuju Belgia, dalam perjalanan kapal untuk bertambat ke pelabuhan secara tiba-tiba kerja mesin diesel generator mengalami gangguan yang mengakibatkan berkurangnya kerja diesel generator, kejadian tersebut diketahui pada saat pengecekan di siang hari saat pengecekan diesel generator, yang biasanya bisa menghasilkan 450 kw ternyata hanya menghasilkan 300 kw. Bila suatu

generator mendapatkan pembebanan yang melebihi dari kapasitasnya, maka dapat mengakibatkan generator tersebut tidak bekerja atau bahkan mengalami kerusakan. Hal ini sangat tidak sesuai dengan yang di harapkan dari biasanya, oleh sebab itu kapten langsung bertanya kepada kepala kamar mesin selaku penanggung jawab. Setelah di analisa ternyata didapati patahnya baut *cylinder head*, maka dilakukan upaya pembongkaran untuk mencabut baut yang patah yang tertanam didalam blok *cylinder* tersebut.

Di bawah ini adalah cara mengukur spesifikasi baut *cylinder head* yang digunakan di mesin diesel generator kapal MV. Lieke.

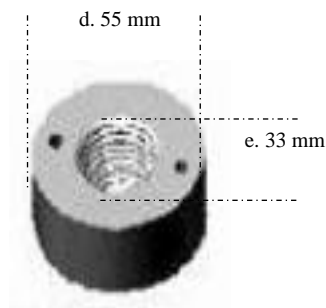


Gambar 4.1 baut *cylinder head*

Sumber : *manual book*

Keterangan :

1. Panjang baut dari *cylinder head* adalah 755 mm
2. Panjang ulir pada baut *cylinder head* adalah 80 mm
3. Diameter ulir pada baut adalah 33 mm



Gambar 4.2 mur lingkaran

Sumber : *manual book*

4. Diameter luar pada mur adalah 55 mm
5. Diameter dalam pada mur adalah 33 mm

B. Analisa hasil penelitian

Analisa merupakan langkah awal untuk mencari penyelesaian suatu masalah. Di dalamnya berisikan akibat timbulnya masalah sekaligus untuk mencari bagaimana penanggulangan dari masalah tersebut dan dapat kita jadikan pelajaran agar tidak terjadi hal yang serupa yang mengganggu pengoperasian kelancaran kapal. *Diesel Generator* membutuhkan perhatian khusus karena berperan penting dalam pelaksanaan pengoperasian kapal MV. Lieke.

Dengan metode *Fish Bone* ini, akan dapat diketahui kegagalan-kegagalan yang menjadi akibat terjadinya *unsidered event*, dan probabilitas terjadinya *unsidered event* tersebut. Mencari akibat-akibat *unsidered event* adalah analisa secara kualitatif. Dengan melakukan analisa kualitatif, maka dapat diketahui bagian mana dari sistem yang gagal dan perlu dilakukan tindakan perbaikan dan pencegahan berdasarkan kegagalan yang ada agar kejadian yang sama tidak terulang. Analisa kuantitatif dilakukan untuk mengetahui berapa probabilitas terjadinya *unsidered event*. Jika angka tersebut mendekati 1, maka sistem perlu diperbaiki atau dilakukan perawatan pada bagian-bagian yang gagal dari hasil kualitatif. *Fish Bone* dibangun berdasarkan pada salah satu *unsidered event* yang dapat terjadi pada sistem. Hanya bagian-bagian tertentu dari sistem yang berhubungan beserta kegagalan-kegagalan yang ada, yang dipakai untuk membangun *Fish Bone*.

Pada satu system bisa terdapat lebih dari satu *unsidered event* dan masing-masing *unsidered event* mempunyai representasi *Fish Bone* yang berbeda-beda diakibatkan faktor-faktor atau bagian-bagian sistem dan kegagalan yang mengarah pada satu kejadian berbeda dengan lainnya. Pada *Fish Bone*, *unsidered event* yang akan dianalisa disebut juga *top event*.

Simbol-simbol dan istilah yang digunakan dalam *Fish Bone* adalah simbol kejadian, simbol gerbang. Simbol kejadian adalah simbol yang berisi keterangan kejadian pada sistem. Simbol lingkaran digunakan untuk menyatakan *basic event* atau *primary event* atau kegagalan mendasar yang tidak perlu dicari akibatnya. Artinya, simbol lingkaran merupakan batas akhir akibat suatu kejadian. *Intermediate event* adalah simbol persegi panjang berisi kejadian yang muncul dari kombinasi kejadian-kejadian input gagal yang masuk ke gerbang. Simbol gerbang dipakai untuk menunjukkan hubungan diantara kejadian *input* yang mengarah pada kejadian *output* dengan kata lain, kejadian *output* diakibatkan oleh kejadian *input* yang berhubungan dengan cara tertentu.

Gerbang OR dipakai untuk menunjukkan bahwa kejadian yang akan muncul terjadi jika satu atau lebih kejadian gagal yang merupakan masukannya terjadi. Kejadian A terjadi jika *basic event* B terjadi, *basic event* C tidak terjadi. Kejadian A juga terjadi jika *basic event* C terjadi, *basic event* B tidak terjadi. Kejadian A terjadi jika kedua *basic event* terjadi. Gerbang AND digunakan untuk menunjukkan kejadian *output* muncul hanya jika semua *input* terjadi.

Menggambar tulang ikan kesalahan kerusakan ulir mur baut. Gambar tulang ikan kesalahan dibuat untuk mengidentifikasi semua kerusakan yang terjadi pada ulir mur baut. Pembuatan tulang ikan kesalahan (*Fish Bone*) dilakukan dengan menggunakan simbol-simbol *Boolean*. Standarisasi simbol-simbol tersebut diperlukan untuk komunikasi dan konsistensi pohon kesalahan (*Fish Bone*). Pada analisa ini penulis mengkombinasikan dengan menggunakan gerbang logika. Dengan menggunakan gerbang logika maka akibat dari dasar suatu masalah dapat terpecahkan. Gerbang logika yang dipakai penulis adalah gerbang logika OR. Gerbang AND akan berlogika 1 atau keluarannya akan berlogika 1 apabila semua masukan berlogika 1, namun apabila semua atau salah satu masukannya berlogika 0 maka keluarannya akan berlogika 0. Gerbang OR akan berlogika 1 apabila keluaran yang di inginkan berlogika 0 maka masukan harus bernilai 0 semua. Yang dimaksud dengan angka 0 adalah kejadian normal dan 1 adalah kejadian tidak norma

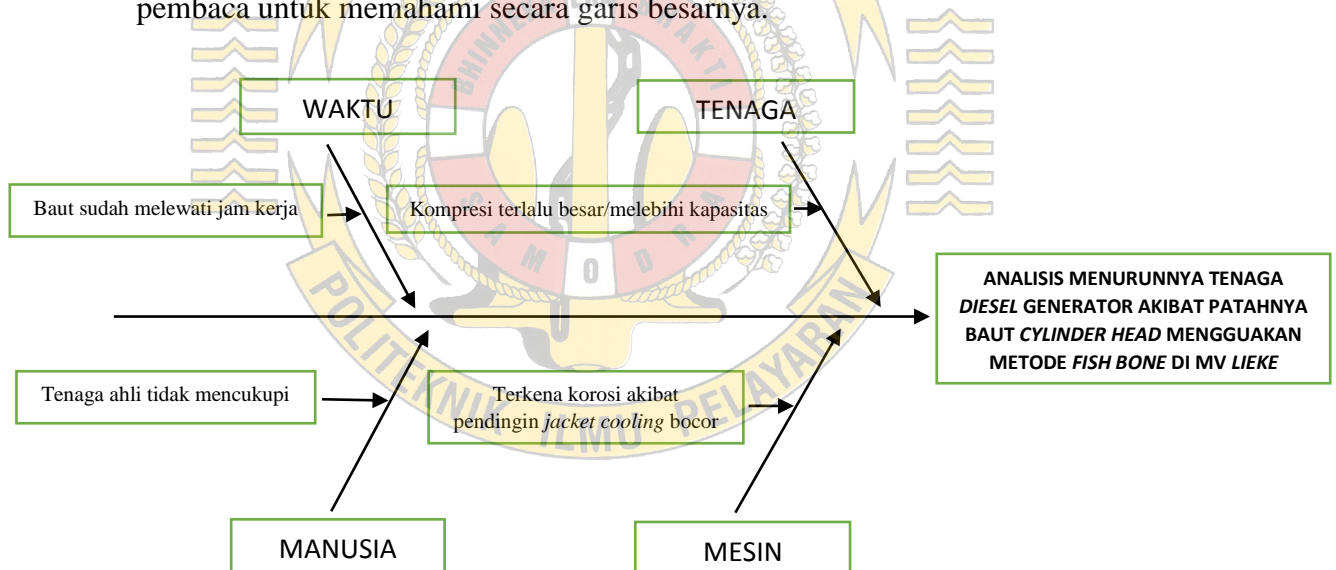
Tabel 4.1 Tabel kebenaran AND dan OR

<i>INPUT</i>			<i>OUTPUT</i>	
A	B	C	AND	OR
0	0	0	0	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Sumber : Svein Kristiansen (2004:3)

Untuk menganalisa penyebab menurunnya kerja mesin induk akibat patahnya baut cylinder head, penulis menggunakan metode *fish bone* (metode tulang ikan) dan mengkombinasi gerbang AND dan OR sehingga perlu membuat gambar diagram tulang ikan terlebih dahulu. Dan dengan metode *fish bone* (FB) ini, dapat diketahui kegagalan-kegagalan yang menjadi penyebab terjadinya kejadian yang tidak diinginkan dan probabilitas terjadinya kejadian yang tidak diinginkan tersebut.

Diagram tulang ikan yang penulis buat berdasarkan pada kerangka pikir yang telah disusun pada bab sebelumnya. Dari kerangka pikir tersebut diterapkan dengan membuat diagram tulang ikan yang berfungsi mempermudah pembaca untuk memahami secara garis besarnya.



Gambar 4.3 FB menurunnya tenaga *diesel* generator akibat patahnya baut *cylinder head*.

Sumber : Svein Kristiansen (2004:21)

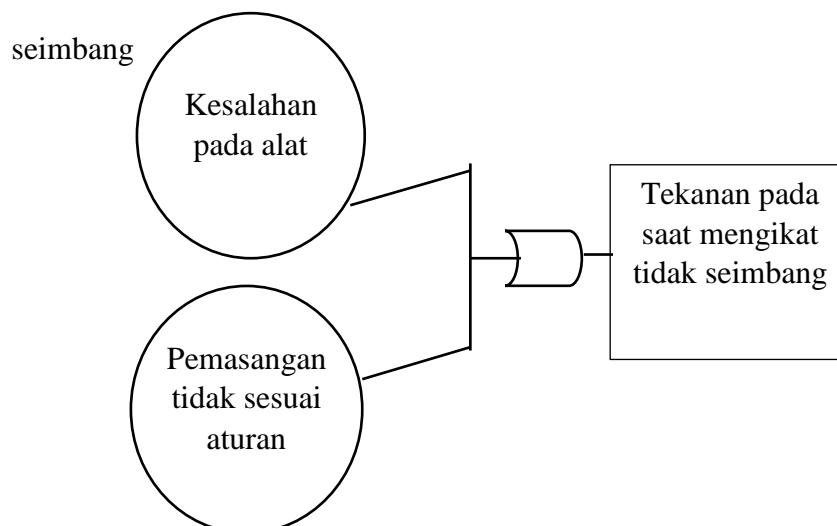
Tabel 4.2 Tabel kebenaran

Tekanan pada saat mengikat tidak seimbang	Kompresi terlalu besar	Terkenan korosi akibat pendingin <i>jacket cooling</i> bocor	Baut sudah melewati jam kerja	<i>Output</i>
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

Sumber : Svein Kristiansen (2004:3)

Gerbang AND akan berlogika 1 atau keluarannya akan berlogika 1 apabila salah satu masukannya 1, namun apabila semua masukannya berlogika 0 maka keluarannya akan berlogika 0. Dari penjelasan gerbang AND bisa dijelaskan tabel diatas bahwa jika salah satu komponen terjadi kerusakan maka akan menyebabkan produksi yang tidak maksimal. Berikut ini adalah masalah yang menyebabkan patahnya baut pada cylinder head.

1. Analisa penyebab yang pertama yaitu tekanan pada saat mengikat tidak



Gambar 4.4 Tulang Ikan

Sumber: Svein Kristiansen (2004 : 27)

Tekanan pada saat mengikat tidak seimbang diakibatkan oleh dua faktor yaitu kesalahan pada alat dan pemasangan tidak sesuai aturan, dua faktor tersebut yang mengakibatkan tekanan pada saat mengikat tidak seimbang jika tekanan pada saat mengikat tidak seimbang dapat mengakibatkan kurang optimal kinerja mesin induk akibat patahnya baut *cylinder head*.

a) Kesalahan pada alat

Mengencangkan ikatan baut dan mur merupakan pekerjaan yang membutuhkan pengalaman. Pengencangan yang terlalu kuat dapat menimbulkan tegangan yang berlebihan pada benda yang diikatnya. Pengencangan yang terlalu kuat sangat berbahaya pada pengikatan temperatur kerjanya berubah-ubah, seperti motor bakar misalnya. Pengencangan (misalnya *cylinder head*) dilakukan pada saat temperatur mesin dingin. Hal yang terjadi dialami penulis pada saat praktek di kapal MV. Lieke yaitu patahnya baut pada *cylinder head* yang mengakibatkan bocornya kompresi dan menurunnya kinerja mesin diesel generator.

Untuk mencegah seperti ini, pada pengencangan baut dan mur digunakan kunci momen. Kunci momen (*Torque Wrench*) digunakan untuk mengukur gaya puntir yang dikerahkan pada waktu mengencangkan ikatan baut dan mur agar mencapai kekencangan

tertentu. Kunci Sok dapat dipasang pada kunci momen ini dengan ukuran yang sesuai dengan yang dibutuhkan berbagai macam ukuran baut dan sebagainya.

Kesalahan pada alat merupakan salah satu faktor pemasangan baut *cylinder* menjadi tidak seimbang di karenakan alat yang digunakan sudah rusak. Alat untuk membuka baut pada *cylinder head* yaitu kunci *moment/torsi* . Kunci *moment/torsi* memiliki setelan yg bisa di atur untuk mengikat baut *cylinder head*. Jika setelan kunci rusak dapat mengakibatkan pengikatan baut pada *cylinder head* menjadi tidak seimbang dan dapat mengakibatkan pemasangan head tidak sempurna.

Oleh karena itu dilakukan penggantian kunci tersebut.

b) Pemasangan tidak sesuai aturan

Pemasangan baut *cylinder head* tidak sesuai aturan dapat mengakibatkan tekanan pada saat mengikat menjadi tidak seimbang, aturan dalam pemasangan baut *cylinder head* yang berjumlah 6 buah yaitu dengan memasang keseluruhan baut dalam keadaan kendur, kemudian kencangkan/ikatkan baut dengan cara menyilang dan memberikan torsi yang sama pada setiap bautnya agar tekanan baut menjadi seimbang dan tidak mengakibatkan patahnya baut yang dapat mengakibatkan menurunnya kinerja mesin induk.

Hal yang terjadi dialami penulis pada saat praktek di kapal MV. *Lieke* mengenai tekanan pada saat mengikat tidak seimbang, tidak

dialami oleh taruna yang praktek kerja. Karena sewaktu di tanyakan kepada kepala kamar mesin pada saat pemasangan kepala *cylinder* dan pengikatan baut kepala *cylinder* sudah sesuai dengan *manual book* yang ada, pemasangan pengikatan baut *cylinder head* sudah secara menyilang dan dengan tekanan yang diijinkan oleh *manual book*. Jadi mengenai pengikatan kerataan tekanan pada baut *cylinder head* tidak ada faktor yang menyebutkan bahwa patahnya baut *cylinder head* diakibatkan oleh tidak seimbangnya tekanan pada saat mengikat baut *cylinder head*.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat dibuat tabel kebenaran sebagai berikut:

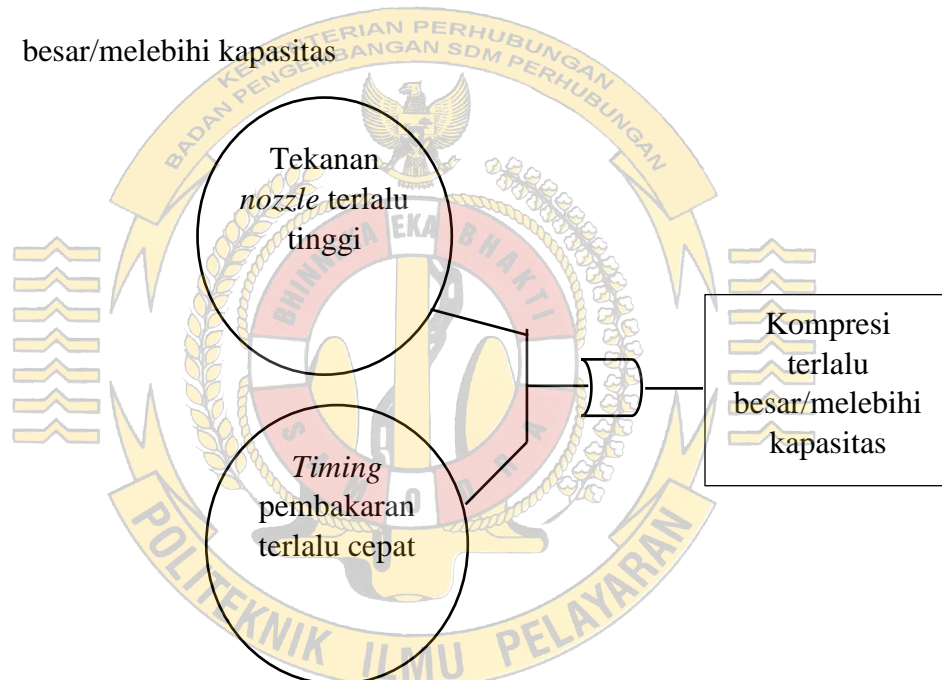
Table 43 Kebenaran tekanan pada saat mengikat tidak seimbang

Kesalahan pada alat	Pemasangan tidak sesuai aturan	Output
0	0	0
0	1	1
1	1	1
1	1	1

Sumber : Svein Kristiansen (2004:3)

Gerbang OR akan berlogika 1 atau keluarannya akan berlogika 1 apabila salah satu masukannya 1, namun apabila semua masukannya berlogika 0 maka keluarannya akan berlogika 0. Dari penjelasan gerbang OR bisa dijelaskan tabel diatas bahwa jika salah satu komponen terjadi kerusakan maka akan menyebabkan patahnya baut. Jadi tekanan yang tidak seimbang disebabkan karena kesalahan pada alat dan pemasangan tidak sesuai aturan.

2. Analisa penyebab yang kedua yaitu masalah pada kompresi yang terlalu besar/melebihi kapasitas



Gambar 4.5 Tulang Ikan
Sumber : Svein Kristiansen (2004:3)

Jika kompresi melebihi batas mengakibatkan baut menjadi lebih cepat rusak karna menahan kompresi yang terlalu tinggi. Kompresi yang tinggi mengakibatkan suhu mesin menjadi terlalu panas yang mengakibatkan kinerja mesin menjadi menurun dan sistem pelumasan menjadi tidak sempurna karna tidak sesuai standar kompresi yang sudah di tentukan.

Kompresi terlalu besar/melebihi kapasitas diakibatkan oleh dua faktor yaitu tekanan *nozzle* terlalu tinggi dan *timing* pembakaran terlalu cepat, dua faktor tersebut yang mengakibatkan kompresi terlalu besar/melebihi kapasitas jika kompresi terlalu besar/melebihi kapasitas dapat mengakibatkan kurang optimal kinerja mesin induk akibat patahnya baut *cylinder head*.

a) Tekanan *nozzle* terlalu tinggi

Nozzle adalah alat mekanis yang dirancang untuk mengontrol arah atau karakteristik aliran fluida saat keluar (atau masuk) suatu ruang tertutup atau pipa melalui suatu lubang. *Nozzle* merupakan pipa atau tabung yang bervariasi luas penampang, dan dapat digunakan untuk mengarahkan atau memodifikasi aliran cairan (cairan atau gas).

Nozzle bahan bakar disebut juga dengan pengabut atau ada yang menyebut dengan *injector*. Disebut *injector* karena tugas dari komponen ini adalah menginjeksi, dan disebut pengabut karena bahan bakar keluar dari komponen ini dalam bentuk kabut, sedangkan disebut *nozzle* karena ujung komponen ini luas penampangnya makin mengecil.

Injector berfungsi untuk menghantarkan bahan bakar diesel dari *injection pump* ke dalam silinder pada setiap akhir langkah kompresi dimana torak (piston) mendekati posisi TMA. *Injector* yang dirancang sedemikian rupa merubah tekanan bahan bakar dari *injection pump* yang bertekanan tinggi untuk membentuk kabut yang bertekanan

antara 60 sampai 200 kg/cm², tekanan ini mengakibatkan peningkatan suhu pembakaran didalam silinder meningkat menjadi 600°C. Tekanan udara dalam bentuk kabut melau *injector* ini hanya berlangsung satu kali pada setiap siklusnya yakni pada setiap akhir langkah kompresi saja sehingga setelah sekali penyemprotan dalam kapasitas tertentu dimana kondisi pengabutan yang sempurna maka *injector* yang dilengkapi dengan jarum yang berfungsi untuk menutup atau membuka saluran *injector* ini sehingga kelebihan bahan bakar yang tidak mengabut akan dialirkan kembali kebagian lain atau ke tangki bahan bakar sebagai kelebihan aliran (*overflow*).

Nozzle sering digunakan untuk mengontrol laju aliran, kecepatan, arah, massa, bentuk, dan / atau tekanan dari aliran yang muncul dari mereka. *Nozzle injection* adalah bagian yang menerima bahan bakar bertekanan tinggi dan menginjeksikannya ke dalam ruang pembakaran. Saat tekanan bahan bakar yang dipompakan oleh pompa injeksi menjadi lebih besar daripada beban pegas tekanan, maka tenaganya mendorong jarum *nozzle* ke atas. Hal ini mengakibatkan pegas tekanan menjadi mampat dan bahan bakar diinjeksikan ke ruang pembakaran.

Tekanan injeksi dapat disetel dengan cara membedakan ketebalan *shim* penyetel, yang secara efektif mengubah beban pada pegas. Bahan bakar dialirkan dari injection pump masuk ke *nozzle hole*. Ketika tekanan bahan bakar melebihi tekanan yang telah ditetapkan, tekanan bahan bakar akan mengalahkan kekuatan *spring* dan mendorong *needle valve* ke atas dan menyemprotkan bahan bakar dari *injection*

criffice pada bagian ujung *nozzle* kedalam *cylinder*. Tekanan penginjeksian dapat disetel dengan menambah atau mengurangi jumlah *washer* pada *spring*.

Tekanan penginjeksian *nozzle* harus dikalibrasi dengan alat tes *nozzle* atau yang disebut *nozzle tester*. Alat ini terdiri dari tabung minyak, kalibrasi meter, *sprayer* dan pegangan pegas.

Tabung minyak berfungsi sebagai tempat solar untuk mengetes *injector* tersebut, dalam hal ini Solar berfungsi sebagai simulasi mesin diesel sesungguhnya. Kalibrasi meter sendiri berfungsi untuk menentukan besar kecilnya tekanan pada setiap *nozzle* yang dites.

Pengukuran ini disesuaikan dengan tekanan normal masing-masing setiap *nozzle*.

Saat tekanan bahan bakar yang dipompakan oleh pompa injeksi menjadi lebih besar daripada beban pegas tekanan, maka tenaganya mendorong jarum *nozzle* ke atas. Hal ini mengakibatkan pegas tekanan menjadi mampat dan bahan bakar diinjeksikan ke ruang pembakaran.

Tekanan *nozzle* yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan kompresi menjadi terlalu tinggi, dan dapat mengakibatkan menurunnya kinerja mesin induk akibat patahnya baut *cylinder head*. Kemudian mesin pun akan menjadi lebih cepat panas dan dapat mengakibatkan keausan dan umur mesin menjadi lebih pendek. Jika kompresi terlalu tinggi dapat mengakibatkan *connecting rod* menjadi oleng. Kemudian jika kompresi tinggi dapat mengakibatkan lepasnya baut pengikat *cylinder*

head karna tidak kuat menahan kompresi yang terlalu besar. Maka harus menyetel ulang tekanan pada *nozzle*.

b) *Timing* pembakaran terlalu cepat

Penyetelan saat pengabutan yang terlalu maju sebelum TMA, memiliki kecenderungan terjadinya detonasi atau *knocking*, yang dapat mengakibatkan rusaknya komponen mesin.

Dari simpulan tersebut diatas disarankan kepada mekanik atau teknisi yang melakukan pekerjaan perawatan dan perbaikan mesin diesel generator untuk menyetel saat pengabutan yang sesuai standar yang ditetapkan pabrik pembuat mesin diesel generator tersebut, sehingga dapat menghasilkan kerja mesin (*engine performance*) yang optimal (daya, momen putar dan pemakaian bahan bakar spesifik) dan tanpa terjadi kecenderungan detonasi atau *knocking*.

Waktu pengabutan bahan bakar pada mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) adalah proses pengaturan sudut relatif posisi piston dan sudut kecepatan (*angular velocity*) poros engkol untuk memicu pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar sebelum akhir langkah kompresi. Jika waktu terlalu cepat mengakibatkan kompresi menjadi tinggi karena penyemprotan/pengabutan bahan bakar lebih awal dan pembakaran lebih cepat terjadi, tetapi jika *timing* pembakaran terlalu cepat dapat merusak komponen komponen pada ruang bakar dan dapat mengakibatkan kinerja mesin diesel generator menjadi menurun.

Maka diperlukan pengaturan ulang *timing* pembakaran. Setelah di analisa dengan teliti, bahwa kompresi pada mesin diesel generator di kapal MV. Lieke sudah sesuai dengan standar. Karena setelah dilihat dari alat ukur untuk mengetahui tekanan dari kompresi mesin yang bekerja.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat dibuat tabel kebenaran sebagai berikut:

Tabel 4.4 Kebenaran tekanan pada saat mengikat tidak seimbang

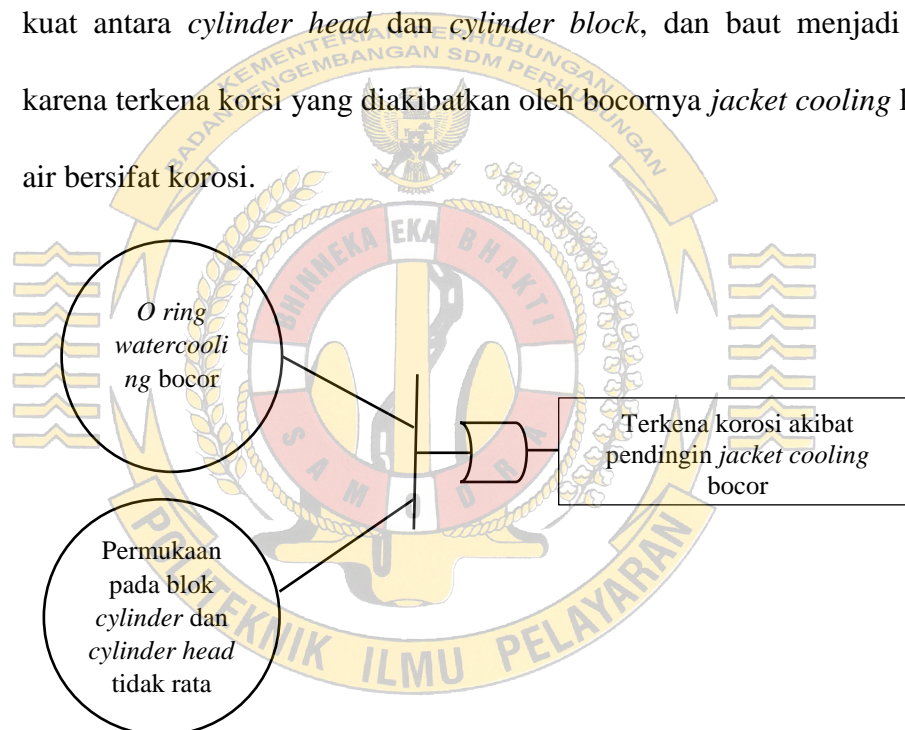
Tekanan <i>nozzle</i> terlalu tinggi	<i>Timing</i> pembakaran terlalu cepat	<i>Output</i>
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Sumber : Svein Kristiansen (2004:3)

Gerbang OR akan berlogika 1 atau keluarannya akan berlogika 1 apabila salah satu masukannya 1, namun apabila semua masukannya berlogika 0 maka keluarannya akan berlogika 0. Dari penjelasan gerbang OR bisa dijelaskan tabel diatas bahwa jika salah satu komponen terjadi kerusakan maka akan menyebabkan patanya baut cylinder head. Jadi kompresi terlalu besar disebabkan karena tekanan *nozzle* terlalu tinggi dan *timing* pembakaran terlalu cepat.

- Analisa penyebab yang ketiga yaitu terkena korosi akibat pendinging *jacket cooling bocor*

Apabila *jacket cooling* mengalami kebocoran maka pendinginan mesin menjadi tidak efisien karena air dalam *jacket cooling* keluar melalui seal atau *o ring* yang berada di dalam *packing cylinder head* yang tidak bisa menahan tekanan dan panasnya temperatur *water cooling*. Dan air keluar sehingga mengenai baut *cylinder head* yang lama kelamaan akan mengakibatkan korosi pada baut, dan baut tidak bisa lagi mengikat secara kuat antara *cylinder head* dan *cylinder block*, dan baut menjadi patah karena terkena korsi yang diakibatkan oleh bocornya *jacket cooling* karena air bersifat korosi.



Gambar 4.6 tulang ikan

Sumber : Svein Kristiansen (2004:3)

Terkena korosi akibat pendingin *jacket cooling* bocor diakibatkan oleh dua faktor yaitu *O ring water cooling* yang bocor dan permukaan pada *block cylinder* dan *cylinder head* tidak rata, dua faktor tersebut yang mengakibatkan korosi akibat *jacket cooling* bocor jika *jacket cooling*

bocor dapat mengakibatkan kurang optimal kinerja mesin induk akibat patahnya baut *cylinder head*.

a) *O ring Watercooling* bocor

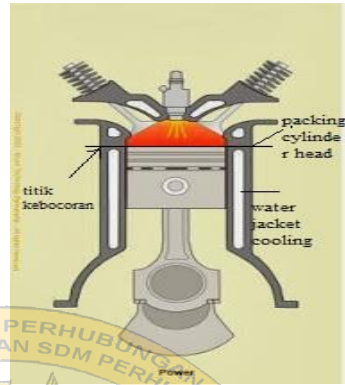
Salah satu komponen pada mesin yang tidak boleh terlupakan adalah gasket kepala silinder. Gasket ini berada diantara kepala silinder dengan blok silinder. Hal ini karena fungsinya adalah sebagai perapat antara kepala *cylinder* dengan blok silinder agar tidak terjadi kebocoran gas, air pendingin dan oli. Dengan dipasang gasket maka akan membuat rapat antara kepala silinder dengan blok silinder, tanpa gasket maka akan terjadi kebocoran gas, kebocoran oli dan kebocoran air pendingin. Ada beberapa kasus yang diakibatkan oleh kerusakan perpak atau gasket kepala silinder seperti:

1. Mesin tak bertenaga karena terjadi kebocoran gas (kebocoran tekanan kompresi)
2. Oli bercampur dengan air pendingin yang berakibat pada kerusakan komponen mesin yang lain.

b) Permukaan pada blok *cylinder* dan *cylinder head* tidak rata

Tidak ratanya permukaan pada blok *cylinder* dan *cylinder head* diakibatkan oleh *jacket cooling* yang bocor yang mengakibatkan panas mesin yang tinggi maka permukaan *cylinder head* akan oleng atau tidak rata karna kurangnya pendinginan dari air pendingin. Dan jika permukaan blok *cylinder* tidak rata maka

kompresi akan bocor dan mengakibatkan kurang optimalnya kinerja mesin induk.



Gambar 4.7 Skema Kebocoran

Tabel 4.5 kebenaran terkena korosi akibat pendingin jacket

cooling

Sumber : Svein Kristiansen (2004:3)

<i>O ring Watercooling</i> bocor	Permukaan pada <i>blok cylinder</i> dan <i>cylinder head</i> tidak rata	<i>Output</i>
0	0	0
0	1	1
1	1	1
1	1	1

Gerbang OR akan berlogika 1 atau keluarannya akan berlogika 1 apabila salah satu masukannya 1, namun apabila semua masukannya berlogika 0 maka keluarannya akan berlogika 0. Dari penjelasan gerbang OR bisa dijelaskan tabel diatas bahwa jika salah satu komponen terjadi kerusakan maka akan menyebabkan patahnya baut *cylinder head*. Jadi korosi akibat pendingin *jacket cooling* bocor disebabkan karena *O ring watercooling* bocor dan permukaan blok *cylinder* dan *cylinder head* tidak rata.

4. Analisa penyebab yang keempat yaitu baut sudah melewati jam kerja

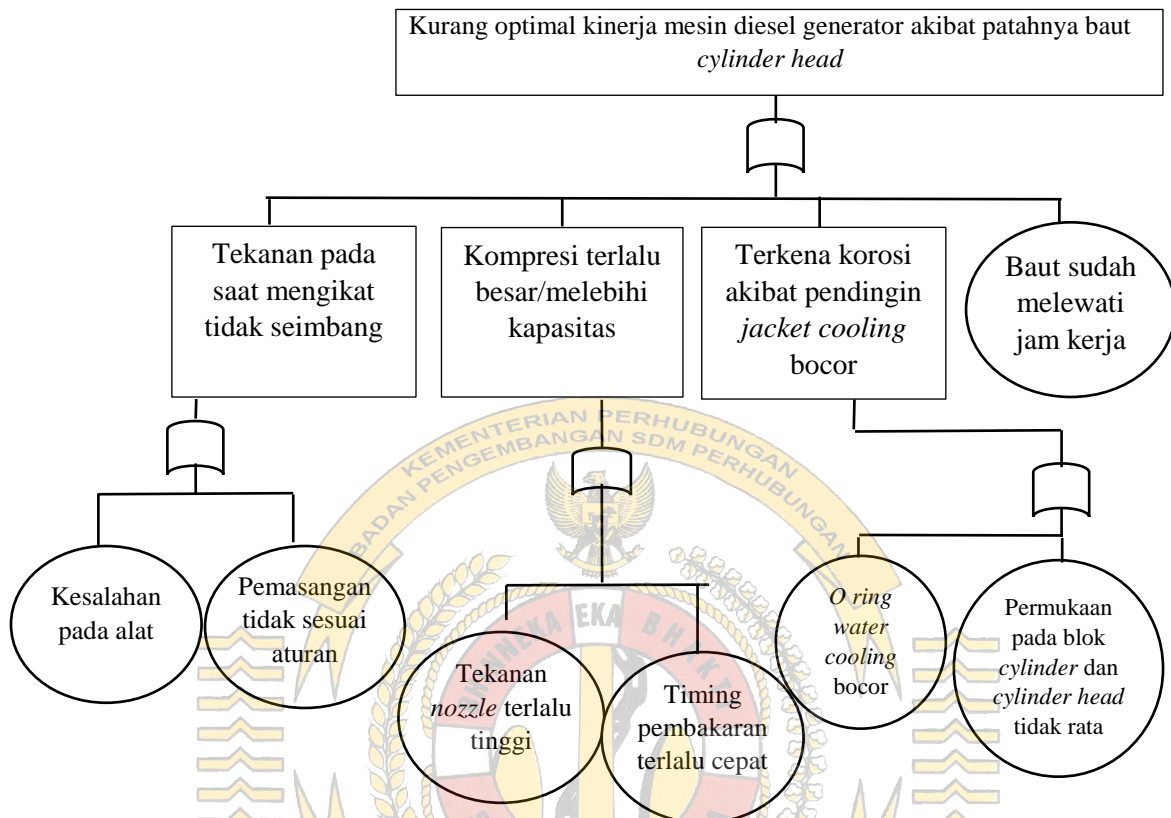
Jam kerja itu sendiri adalah waktu yang ditentukan untuk melakukan pekerjaan. Lamanya jam kerja berlebih dapat meningkatkan kesalahan kerja karena keausan yang meningkat dan jam istirahat yang berkurang. Jadi baut yang digunakan sudah melampaui batas waktu penggunaannya dan harus dilakukan penggantian dengan yang baru . penggunaan baut yang sudah melewati jam kerjanya dapat mengakibatkan pengikatan baut yang tidak maksimal . Efek dari pengikatan yang tidak maksimal dapat mengakibatkan rembesnya kompresi pada *cylinder head* dan mengurangi kerja mesin induk pada kapal.

Kepala silinder atau *cylinder head* adalah satu komponen utama mesin, *cylinder head* ini dipasangkan pada blok silinder, yang diikat dengan baut-baut yang terbuat dari besi tuang atau paduan aluminium.

jumlah baut yang terdapat pada *cylinder head* adalah 6 buah, dalam melepas baut ini ada urutan-urutan tertentu dan dilakukan secara bertahap, pada umumnya untuk melepas baut-baut *cylinder head* adalah dari luar ke dalam secara urut dan bertahap. Kemudian sebaliknya untuk memasang baut *cylinder head* adalah dari dalam ke arah luar.

Apabila pemasangan baut *cylinder head* tidak sesuai prosedur maka dapat mengakibatkan tidak seimbang tekanan pada tiap baut, jika tekanan berbeda pada tiap baut akan dapat mengakibatkan *cylinder head* tidak terpasang secara sempurna. Pemasangan yang tidak sempurna dapat mengakibatkan berkurangnya kinerja mesin induk, karena kompresi akan keluar melalui celah-celah *cylinder head*. kompresi yang seharusnya adalah tidak keluar dalam ruang bakar untuk mendapatkan performa mesin induk.

Dari data yang didapat maka dapat dibuat suatu diagram yaitu diagram *fish bone*, *fish bone* dari kurang optimal kinerja mesin diesel generator akibat patahnya baut *cylinder head* adalah sebagai berikut :



Gambar 4.8 Gambar *fish bone* kurang optimal kinerja mesin diesel generator akibat patahnya baut *cylinder head*

Sumber : Svein Kristiansen (2004 : 28)

Setelah membuat tulang ikan tentang kurang optimal kinerja mesin diesel generator akibat patahnya baut *cylinder head*, langkah yang harus dilakukan selanjutnya adalah membuat minimal *cut set*.

Penentuan minimal *cut set* didasarkan pada gambar tulang ikan yang didapat. Berikut ini adalah penjabaran seluruh kejadian yang terjadi berdasarkan tulang ikan yang didapat dengan menggunakan metode aljabar *Boolean*,

Pertama beri pemisahan pada tiap-tiap gerbang dan masing-masing kejadian. Misalkan:

T adalah *top event*, P adalah *primary event* atau *basic event*, G adalah *intermediate event*. Dan misalkan:

T = Tentang kurang optimal kinerja mesin diesel generator akibat patahnya baut *cylinder head*.

P1 = Baut sudah melewati jam kerja.

P2 = Kesalahan pada alat .

P3 = Pemasangan tidak sesuai aturan.

P4 = Tekanan *nozzle* terlalu tinggi.

P5 = Timing pembakaran terlalu cepat.

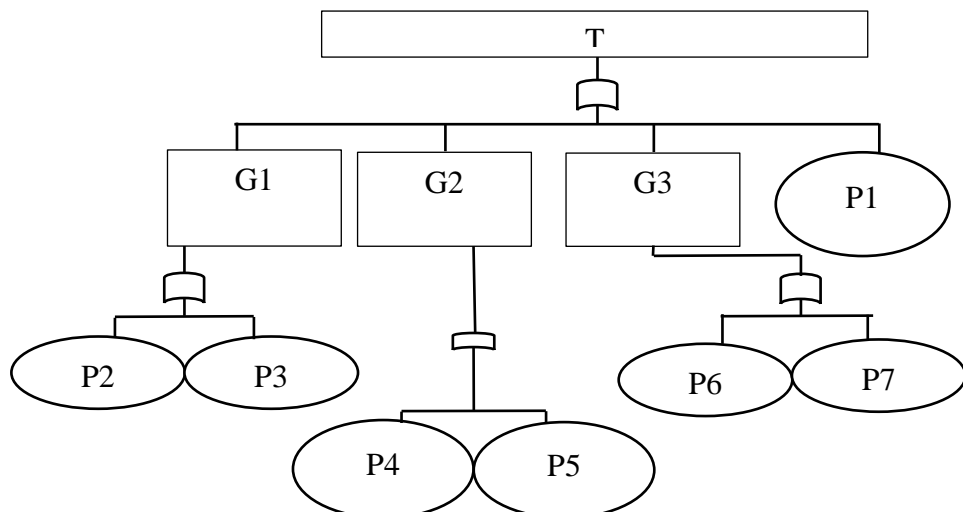
P6 = *O ring water cooling* bocor.

P7 = Permukaan pada blok *cylinder* dan *cylinder head* tidak rata.

G1 = tekanan pada saat mengikat tidak seimbang.

G2 = kompresi terlalu besar/ melebihi kapasitas.

G3 = terkena korosi akibat *jacket cooling* yang bocor.



Gambar 4.9 Gambar aljabar *Boolean* tentang kurang optimal kinerja mesin diesel genertor akibat patahnya baut *cylinder head*.

Dari gambar bisa didapat persamaan *Booleanya*:

$$T=P1+G1+G2+G3$$

$$G1=P2+P3$$

$$G2=P3+P4$$

$$G3=P6+P7$$

Menggunakan pendekatan dari atas ke bawah, didapat:

$$T=P1+G1+G2+G3 \text{ (karena } G1=P2+P3, G2=P4+P5, G3=P6+P7)$$

$$T=P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7$$

Maka minimal *cut set* adalah $\{P1\}, \{P2\}, \{P3\}, \{P4\}, \{P5\}, \{P6\}, \{P7\}$

Analisa kualitatif adalah untuk mendapatkan kombinasi kegagalan yang mengakibatkan *top event* pada suatu sistem atau minimal *cut set* itu sendiri. Dari minimal *cut set* dapat diketahui berapa banyak kejadian yang dapat langsung mengakibatkan *top event* terjadi. Jika terdapat satu *basic event* yang dapat langsung mengakibatkan *top event* terjadi, maka *basic event* tersebut lebih dahulu di perhatikan dalam perbaikan sistem di bandingkan dengan yang di akibatkan dua *basic event*, karena jika dapat enam *basic event* dalam minimal *cutset*, berarti keenam *basic event* tersebut harus terjadi baru kemudian *top event* terjadi.

Hasil analisa kualitatif dari kurang optimal kinerja mesin diesel generator akibat patahnya baut *cylinder head*, yaitu :

1. Baut sudah melewati jam kerja (P1).
2. Kesalahan pada alat (P2).
3. Pemasangan tidak sesuai aturan (P3).
4. Tekanan *nozzle* terlalu tinggi (P4).
5. *Timing* pembakaran terlalu cepat (P5).
6. *O ring water cooling* bocor (P6).
7. Permukaan pada blok *cylinder* dan *cylinder head* tidak rata (P7).

Dengan mengetahui faktor yang mengakibatkan kurang optimal kinerja mesin diesel generator akibat patahnya baut *cylinder head*, seorang *engineer* dapat langsung melakukan perbaikan pada bagian sistem yang mengalami kerusakan. Dari perhitungan aljabar *Boolean* di dapat faktor akibat kurang optimal kinerja mesin diesel generator akibat patahnya baut *cylinder head*

Masalah yang dibahas yaitu:

C. Pembahasan masalah

1. Faktor-faktor apakah yang mengakibatkan kurang optimalnya kinerja mesin diesel generator akibat patahnya baut *cylinder head*?

Banyak permasalahan penyebab menurunnya kerja mesin diesel generator akibat patahnya baut *cylinder head*, faktor itu diantaranya adalah:

- a. Apakah baut sudah melewati jam kerja?

Baut sudah melewati jam kerja dibuktikan patahnya baut karena terkenanya korosi yang mengakibatkan baut tidak bisa mengikat *cylinder head* dan blok *cylinder* dengan kuat

- b. Apakah kesalahan pada alat?

Pada kesalahan alat dapat dilihat dari aus atau rusaknya ulir pada baut bahkan dapat mengakibatkan hingga patahnya baut *cylinder head* pada saat pembongkaran dan pemasangan blok *cylinder head*

- c. Apakah pemasangan tidak sesuai aturan?

Yang di maksud dengan pemasangan tidak sesuai aturan adalah pada saat pemasangan tidak mengikuti aturan-aturan yang ada pada *manual book* saat pengikatan baut tidak sesuai dengan aturan dan sewaktu baut pada posisi miring atau tidak sejajar namun tetap memaksa untuk melakukan pengikatan, mengakibatkan baut *cylinder head* patah.

- d. Apakah tekanan nozzle terlalu tinggi?

Tekanan nozzle yang terlalu tinggi mengakibatkan pengabutan pada nozzle sangat halus sehingga mengakibatkan pembakaran menjadi besar, dan jika tekanan kompresi terlalu besar bisa mengakibatkan terangkatnya *cylinder head* dan baut *cylinder head* akan mengalami patah karna tidak kuat menahan tekanan kompresi

- e. Apakah *timing* pembakaraan terlalu cepat?

Timing pembakaran yang terlalu cepat mengakibatkan lebih awal sebelum batas sudut pembakaran yang ditentukan oleh *manual book*, maka kompresi akan melonjak naik .

f. Apakah *O ring watercooling* bocor?

Mengakibatkan keluarnya air pendingin dari *jacket cooling* menetes mengenai baut *cylinder* dan mengakibatkan baut *cylinder head* mengalami korosi dan jika baut mengalami korosi baut tidak bisa mengikat secara kuat, baut akan patah karna korosi yang mengikis terus menerus.

g. Apakah permukaan pada blok *cylinder* dan *cylinder head* tidak rata?

Permukaan tidak rata atau melengkung akibat korosi jika permukaan blok tidak rata maka *packing* tidak tertekan dengan rata, memungkinkan air pendingin bocor dan air pendingin keluar mengenai baut *cylinder* sehingga baut mengalami korosi dan patah.

