

Analisa Menurunnya Kerja Mesin Diesel Generator di MV. Lieke Dengan Metode *Fish Bone*

Prasetyo, D.^a, Mustoliq.^b,Raharjo, B.,J.^c,Nugroho, R.^d

^aDosen Prodi Teknika Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

^bDosen Prodi Teknika Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang,

^cDosen Prodi Teknika Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

^dTaruna(NIT.49124525.T) Jurusan Teknika Politeknik Ilmu Pelavaran Semarang

Abstraksi-- Mesin diesel generator merupakan bagian terpenting dari sebuah kapal sebagai tenaga pendorong, dimana kelancaran pengoperasian sebuah mesin diesel generator sangat dipengaruhi oleh perawatan yang optimal di luar dari komponen-komponen pendukung lainnya. Dan bagaimana mengatasi apabila terjadi kerusakan tersebut, agar tidak terulang kembali kerusakan sehingga mesin selalu dalam kondisi yang prima/baik dalam pelayaran, mengingat pentingnya fungsi dari mesin diesel generator maka harus dirawat dengan baik. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa, baut *cylinder head* yang sudah melebihi jam kerja merupakan salah satu penyebab patahnya baut pada *cylinder head* tersebut, kesalahan pada alat dan pemasangan tidak sesuai aturan menyebabkan tekanan pada saat mengikat tidak seimbang sehingga *cylinder head* tidak terpasang secara sempurna sehingga akan mengalami kerusakan, tekanan *nozzle* terlalu tinggi dan timing pembakaran terlalu cepat menyebabkan kompresi terlalu besar/melebihi kapasitas menyebabkan mesin menjadi panas dan kinerjanya menurun, *O ring watercooling* bocor dan permukaan pada blok *cylinder* dan *cylinder head* tidak rata menyebabkan terkena korosi akibat *jacket cooling* bocor sehingga oli akan bercampur dengan air pendingin, kurangnya perhatian dari pemasangan tidak sesuai aturan, sistem pembakaran, *jacket cooling*, *nozzle* menjadi penyebab kurang optimal kerja mesin diesel generator akibat patahnya baut *cylinder head*.

Kata kunci: *cylinder head*, *nozzle*, baut, *running hours*

I. PENDAHULUAN

Mesin *diesel* merupakan bagian terpenting dari sebuah kapal sebagian tenaga pendorong, dimana kelancaran pengoperasian sebuah mesin diesel sangat dipengaruhi oleh perawatan yang optimal di luar dari komponen-komponen pendukung lainnya. Dengan itu diperlukan ketelitian dan kemahiran dari para masinisnya dalam melaksanakan perawatan, perbaikan maupun dalam menganalisa faktor-faktor akibat terjadinya kerusakan pada mesin induk . dan bagaimana mengatasi apabila terjadinya kerusakan tersebut, agar tidak terulang kembali kerusakan sehingga mesin selalu dalam kondisi prima / baik dalam pelayaran.

Motor diesel ini umumnya sebagian besar dipergunakan sebagai mesin penggerak utama, dan pada proses dasarnya dari tenaga yang diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar yang di semprotkan dalam keadaan kabut ke ruang pembakaran yang berisikan udara dikompresikan. Proses pembakaran yang terjadi karena pensenyawaan yang cepat secara kimia antara bahan bakar dengan udara kompresi yang bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi didapat gaya mekanik, proses tersebut menghasilkan daya dorong torak, diteruskan batang torak yang bergantian terus menerus kemudian diteruskan ke poros (*shaft*) yang menjadi gaya putar, diteruskan ke baling-baling. Pada tanggal 7 Desember 2014 saat kapal dalam perjalanan dari Malaysia menuju Filiphine saat penulis melaksanakan praktek di atas kapal MT. Perla, penulis mengalami suatu kejadian dimana pada saat jaga dan melakukan pengecekan satu – persatu terhadap mesin – mesin, termasuk *main engine*, terdapat suatu hal yang tidak wajar di sekitar *main engine* yaitu

menginformasikan kepada masinis jaga. Dan akibat yang ditimbulkan dari patahnya baut *cylinder head* adalah lolosnya kompresi dan mengakibatkan berkurangnya kerja mesin induk.

Hal ini yang melatar belakangi peneliti tertarik untuk mengangkat masalah tersebut dan menuangkannya dalam suatu bentuk karya ilmiah berupa penelitian dengan judul: “Analisa menurunnya kerja mesin induk akibat patahnya baut *cylinder head* di kapal MT. Perla dengan metode *Fault Tree Analysis*”.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Pustaka

1. Pengertian baut

Menurut(id.wikipedia.org/wiki/baut) baut atau sekrup adalah suatu batang atau tabung dengan alur heliks pada permukaannya. Penggunaan utamanya adalah sebagai pengikat (*fastener*) untuk menahan dua objek bersama, dan sebagai pesawat sederhana untuk mengubah torsi (*torque*) menjadi gaya linear. Baut juga didefinisikan sebagai bidang miring yang membungkus suatu batang.

2. Fungsi baut

Fungsi utama baut adalah menggabungkan beberapa komponen sehingga tergabung menjadi satu bagian yang memiliki sifat tidak permanen. Maka dari itu komponen yang menggunakan sambungan ini dapat dengan mudah dilepas dan dipasang kembali tanpa merusak benda yang disambung

3. Prinsip kerja baut

Cara kerja baut seperti pesawat sederhana untuk mengubah torsi menjadi gaya linear. Sebagian besar baut dipererat dengan memutarnya searah jarum jam, yang disebut ulir kanan. Baut dengan ulir kiri digunakan pada kasus tertentu, misalnya pada saat baut akan menjadi pelaku torsi berlawanan arah jarum jam.

Mur digunakan untuk mempererat baut pasangan ulir luar yang umumnya sudah dinormalisasikan. Kadang kala mur sering dibuat langsung dari kedua bagian pelat yang disambung. Gerak mur terhadap baut dianggap sebagai gerak putar dan gerak lurus, tetapi untuk pemeriksaan konstruksi hanya dihitung berdasarkan tekanan pada permukaan profil ulirnya, sehingga diperoleh tinggi mur yang memadai atau sesuai.

4. Jenis baut

Jenis-jenis baut yang digunakan

- Baut hex flange
- Baut kepala kecil hex flange
- Baut hex
- Baut ceket

5. Ring, mur dan ulir

- Ring

Untuk mengurangi efek gesekan antara kepala baut dengan benda kerja dapat ditambahkan *ring/washer* di antara kepala baut dan permukaan benda kerja. *Washer* berbentuk spiral dapat digunakan pada baut untuk

membantu mencegah kekuatan sambungan berkurang yang disebabkan baut mengendor akibat getaran.

b. Mur

Pada umumnya mur memiliki bentuk segi enam, tetapi untuk pemakaian khusus dapat dipakai mur dengan bentuk bermacam-macam. Mur biasanya terbuat dari baja lunak, meskipun untuk keperluan khusus dapat juga digunakan beberapa logam atau paduan logam lain.

Jenis mur yang umum digunakan adalah :

- 1) Mur segi enam (*hexagonal plain nut*). Digunakan pada semua industri,
- 2) Mur segi empat (*square nut*). Digunakan pada industri berat dan pada pembuatan bodi kereta ataupun pesawat.
- 3) Mur dengan mahkota atau dengan slot pengunci (*castellated nut & slotted nut*), merupakan jenis mur yang dilengkapi dengan mekanisme penguncian. Tujuannya adalah mengunci posisi mur agar tidak berubah sehingga mur tetap kencang.
- 4) Mur pengunci (*lock nut*), merupakan mur yang ukurannya lebih tipis dibandingkan mur pada umumnya. Mur pengunci biasanya dipasangkan di bawah mur utama, berfungsi sebagai pengunci posisi mur utama.

c. Ulir

Bagian yang terpenting dari mur dan baut adalah ulir. Ulir adalah sesuatu yang diputar disekeliling silinder dengan sudut kemiringan tertentu. Bentuk ulir dapat terjadi bila sebuah lembaran berbentuk segitiga digulung pada sebuah silinder. Dalam pemakaiannya ulir selalu bekerja dalam pasangan antara ulir luar dan ulir dalam. Ulir mengikat pada umumnya mempunyai profil penampang berbentuk segitiga samakaki. Jarak antara puncak-puncak yang berbeda satu putaran dari satu jalur disebut KISAR. Kisar pada ulir tunggal adalah sama dengan jarak baginya, sedangkan untuk ulir ganda dan tripal besarnya kisar berturut-turut sama dengan dua kali atau tiga kali jarak baginya. Berdasarkan arahnya ulir dibagi menjadi 2 yaitu :

- 1) Ulir kanan bergerak maju bila diputar searah jarum jam.
- 2) Ulir kiri bergerak mundur bila diputar searah jarum jam.

6. Metode *Fish Bone*

Diagram tulang ikan atau fishbone diagram adalah salah satu metode / tool di dalam meningkatkan kualitas. Sering juga diagram ini disebut dengan diagram Sebab-Akibat atau cause effect diagram. Penemunya adalah seorang ilmuwan jepang pada tahun 60-an. Bernama Dr. Kaoru Ishikawa, ilmuwan kelahiran 1915 di Tikyo Jepang yang juga alumni teknik kimia Universitas Tokyo. Sehingga sering juga disebut dengan diagram ishikawa. Metode tersebut awalnya lebih banyak digunakan untuk manajemen kualitas. Yang menggunakan data verbal (non-numerical) atau data kualitatif. Dr. Ishikawa juga ditengarai sebagai orang pertama yang memperkenalkan 7 alat atau metode pengendalian kualitas (7 tools). Yakni fishbone diagram, control chart, run chart, histogram, scatter diagram, pareto chart, dan flowchart.

Dikatakan Diagram Fishbone (Tulang Ikan) karena memang berbentuk mirip dengan tulang ikan yang moncong kepalanya menghadap ke kanan. Diagram ini akan menunjukkan sebuah dampak atau akibat dari sebuah permasalahan, dengan berbagai penyebabnya. Efek atau akibat dituliskan sebagai moncong kepala. Sedangkan tulang ikan diisi oleh sebab-sebab sesuai dengan pendekatan permasalahannya. Dikatakan diagram Cause and Effect (Sebab dan Akibat) karena diagram tersebut menunjukkan hubungan antara sebab dan akibat. Berkaitan dengan pengendalian proses statistik, diagram sebab-akibat dipergunakan untuk menunjukkan faktor-faktor penyebab (sebab) dan karakteristik kualitas (akibat) yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab itu.

Diagram Fishbone (Tulang Ikan)/ Cause and Effect (Sebab dan Akibat)/ Ishikawa telah menciptakan ide cemerlang

yang dapat membantu dan memampukan setiap orang atau organisasi/perusahaan dalam menyelesaikan masalah dengan tuntas sampai ke akarnya. Kebiasaan untuk mengumpulkan beberapa orang yang mempunyai pengalaman dan keahlian memadai menyangkut problem yang dihadapi oleh perusahaan Semua anggota tim memberikan pandangan dan pendapat dalam mengidentifikasi semua pertimbangan mengapa masalah tersebut terjadi. Kebersamaan sangat diperlukan di sini, juga kebebasan memberikan pendapat dan pandangan setiap individu. Jadi sebenarnya dengan adanya diagram ini sangatlah bermanfaat bagi perusahaan, tidak hanya dapat menyelesaikan masalah sampai akarnya namun bisa mengasah kemampuan berpendapat bagi orang – orang yang masuk dalam tim identifikasi masalah perusahaan yang dalam mencari sebab masalah menggunakan diagram tulang ikan.

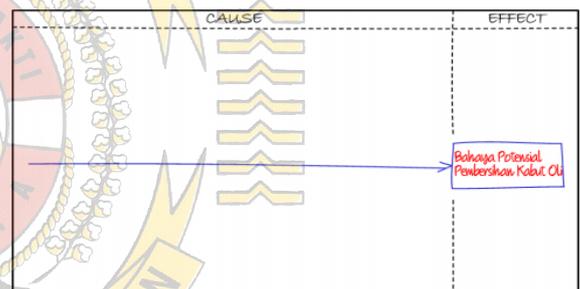
1. Langkah-Langkah Pembuatan Fishbone Diagram

Langkah 1: Menyepakati pernyataan masalah

Sepakati sebuah pernyataan masalah (problem statement). Pernyataan masalah ini diinterpretasikan sebagai “effect”, atau secara visual dalam fishbone seperti “kepala ikan”.

Tuliskan masalah tersebut di tengah whiteboard di sebelah paling kanan, misal: “Bahaya Potensial Pembersihan Kabut Oli”.

Gambarkan sebuah kotak mengelilingi tulisan pernyataan masalah tersebut dan buat panah horizontal panjang menuju ke arah kotak (lihat Gambar 1).



Langkah 2: Mengidentifikasi kategori-kategori

Dari garis horisontal utama, buat garis diagonal yang menjadi “cabang”. Setiap cabang mewakili “sebab utama” dari masalah yang ditulis. Sebab ini diinterpretasikan sebagai “cause”, atau secara visual dalam fishboneseperti “tulang ikan”.

Kategori sebab utama mengorganisasikan sebab sedemikian rupa sehingga masuk akal dengan situasi. Kategori-kategori ini antara lain:

- A. Kategori 6M yang biasa digunakan dalam industri manufaktur:
- B. Machine (mesin atau teknologi),
- C. Method (metode atau proses),
- D. Material (termasuk raw material, consumption, dan informasi),
- E. Man Power (tenaga kerja atau pekerjaan fisik) / Mind Power (pekerjaan pikiran: kaizen, saran, dan sebagainya),
- F. Measurement (pengukuran atau inspeksi), dan
- G. Milieu / Mother Nature (lingkungan).

Kategori 8P yang biasa digunakan dalam industri jasa:

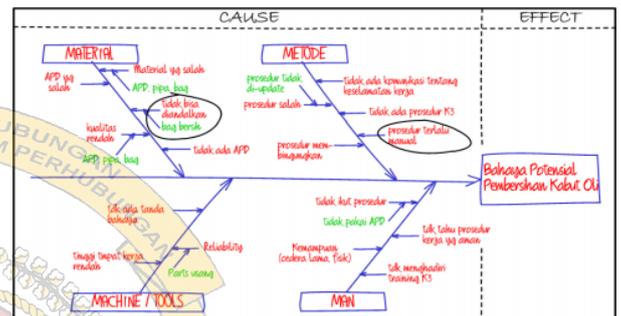
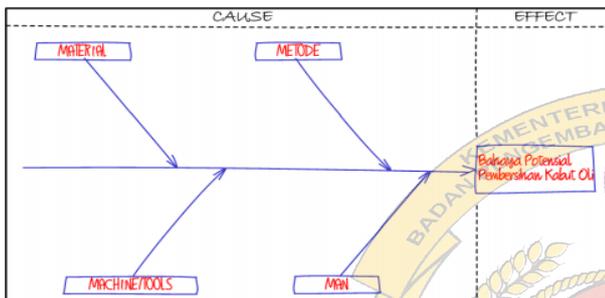
- A. Product (produk/jasa),
- B. Price (harga),
- C. Place (tempat),

- D. Promotion (promosi atau hiburan),
- E. People (orang),
- F. Process (proses),
- G. Physical Evidence (bukti fisik), dan
- H. Productivity & Quality (produktivitas dan kualitas).

Kategori 5S yang biasa digunakan dalam industri jasa:

- A. Surroundings (lingkungan),
- B. Suppliers (pemasok),
- C. Systems (sistem),
- D. Skills (keterampilan), dan
- E. Safety (keselamatan).

Kategori di atas hanya sebagai saran, kita bisa menggunakan kategori lain yang dapat membantu mengatur gagasan-gagasan. Jumlah kategori biasanya sekitar 4 sampai dengan 6 kategori. Kategori pada contoh ini lihat Gambar 2.



Langkah 3: Menemukan sebab-sebab potensial dengan cara brainstorming

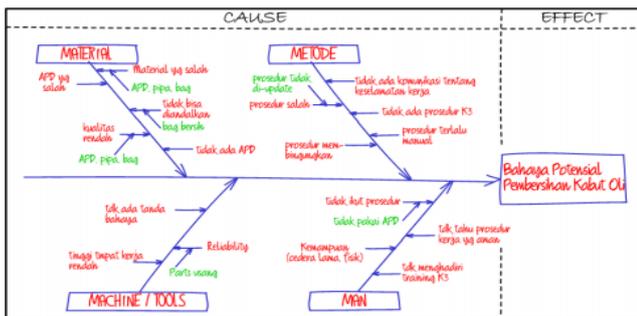
Setiap kategori mempunyai sebab-sebab yang perlu diuraikan melalui sesi brainstorming.

Saat sebab-sebab dikemukakan, tentukan bersama-sama di mana sebab tersebut harus ditempatkan dalam fishbone diagram, yaitu tentukan di bawah kategori yang mana gagasan tersebut harus ditempatkan, misal: "Mengapa bahaya potensial? Penyebab: Karyawan tidak mengikuti prosedur!" Karena penyebabnya karyawan (manusia), maka diletakkan di bawah "Man".

Sebab-sebab ditulis dengan garis horisontal sehingga banyak "tulang" kecil keluar dari garis diagonal.

Pertanyakan kembali "Mengapa sebab itu muncul?" sehingga "tulang" lebih kecil (sub-sebab) keluar dari garis horisontal tadi, misal: "Mengapa karyawan disebut tidak mengikuti prosedur? Jawab: karena tidak memakai APD" (lihat Gambar 3).

Satu sebab bisa ditulis di beberapa tempat jika sebab tersebut berhubungan dengan beberapa kategori.



Langkah 4: Mengkaji dan menyepakati sebab-sebab yang paling mungkin

Setelah setiap kategori diisi carilah sebab yang paling mungkin di antara semua sebab-sebab dan sub-subnya.

Jika ada sebab-sebab yang muncul pada lebih dari satu kategori, kemungkinan merupakan petunjuk sebab yang paling mungkin.

Kaji kembali sebab-sebab yang telah didaftarkan (sebab yang tampaknya paling memungkinkan) dan tanyakan, "Mengapa ini sebabnya?"

Pertanyaan "Mengapa?" akan membantu kita sampai pada sebab pokok dari permasalahan teridentifikasi.

Tanyakan "Mengapa?" sampai saat pertanyaan itu tidak bisa dijawab lagi. Kalau sudah sampai ke situ sebab pokok telah teridentifikasi.

Lingkirlah sebab yang tampaknya paling mungkin pada fishbone diagram (lihat Gambar 4).

Dari contoh di atas, fishbone diagram dapat menemukan akar permasalahan, yaitu kabut oli selama ini dibersihkan dengan ditampung di bagplastik yang rentan robek dan selama tidak ada bag plastik ada kemungkinan oli menetes jika kran rusak, solusi bisa dengan menambahkan containment tray atau safety cabinet yang permanen menempel pada pipa.

Jika masalah rumit dan waktunya memungkinkan, kita bisa meninggalkan fishbone diagram di dinding selama beberapa hari untuk membiarkan ide menetas dan membiarkan orang yang lalu lalang turut berkontribusi. Jika fishbone diagram terlihat timpang atau sempit, kita bisa mengatur ulang fishbone diagram dengan kategori sebab utama yang berbeda. Kunci sukses fishbone diagram adalah terus bertanya "Mengapa?", lihatlah diagram dan carilah pola tanpa banyak bicara, dan libatkan orang-orang di "grass root" yang terkait dengan masalah karena biasanya mereka lebih mengerti permasalahan di lapangan.

Rujukan:

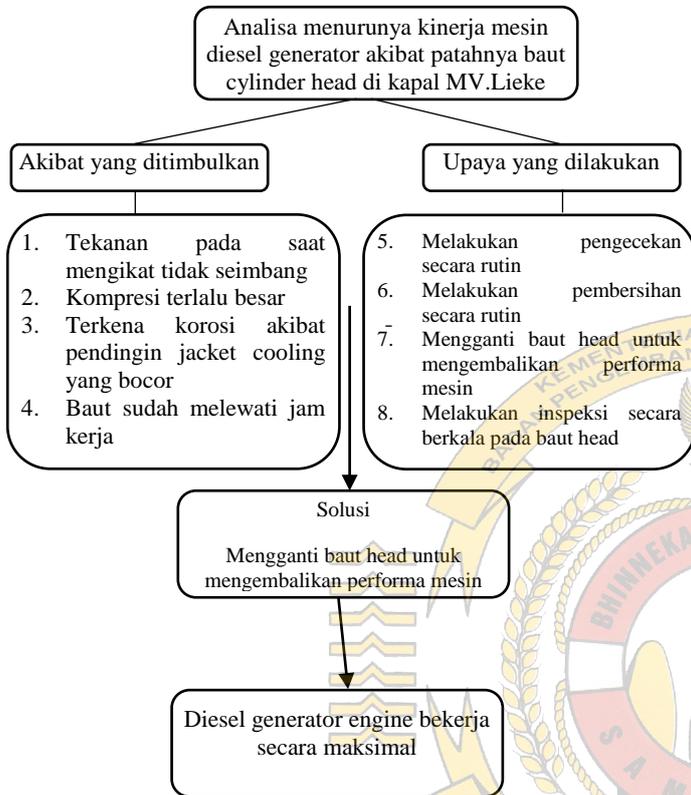
DitjenNak. (2000). Panduan pelatihan total quality management dan meningkatkan sistem-sistem organisasi. Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Purba, H.H. (2008, September 25). Diagram fishbone dari Ishikawa. Retrieved from <http://hardipurba.com/2008/09/25/diagram-fishbone-dari-ishikawa.html>

Tague, N. R. (2005). The quality toolbox. (2th ed.). Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press. Available from <http://asq.org/quality-press/display-item/index.html?item=H1224>

Name of Bolt : Cylinder head bolt
 Material : light steel
 Type : planted bolt
 Length : 48 inch
 Diameter : 22 inch
 Pitch : 60°
 Strength : 50,5 kgf-m
 Sumber: Intruction manual book

B. Kerangka Pikir Penelitian



Pada saat kapal MV. Lieke berlayar dari Portugal menuju Belgium, dalam perjalanan secara tiba-tiba kerja mesin diesel generator mengalami gangguan yang mengakibatkan berkurangnya kerja mesin, kejadian tersebut diketahui pada saat pengecekan di siang hari saat pengecekan mesin, yang biasanya bisa menempuh perjalanan selama 7 hari dengan kecepatan rata-rata 12 knot menjadi 10 hari karena rata rata kecepatan hanya mencapai 9 knot. 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.

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 Engine* 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

III.METODOLOGI

Proses penelitian merupakan suatu proses yang terkait dan tersusun secara sistematis. Rangkaian tersebut disusun dalam sebuah prosedur penelitian yang berisi tahap-tahapan dan setiap tahapan merupakan bagian yang menentukan untuk tahapan selanjutnya. Dalam penelitian ilmiah dibutuhkan dua syarat, yaitu pemahaman konsep dasar ilmu pengetahuan dan penguasaan metode penelitian. Dari kedua syarat tersebut akan melahirkan teknik secara alamiah. Sudah tentu, metode yang dipilih berhubungan erat dengan prosedur, alat serta penelitian yang digunakan. Prosedur memberikan kepada peneliti urutan pekerjaan yang harus dilakukan dalam penelitian. Teknik penelitian mengatakan alat-alat pengukur apa yang dibutuhkan dalam melaksanakan suatu penelitian, sedangkan metode penulisan memandu peneliti tentang urutan bagian penelitian yang dilakukan.

IV.DISKUSI

A. Gambaran umum obyek yang diteliti

Permasalahan yang akan dikaji dalam skripsi ini yaitu tentang analisa menurunnya kerja mesin induk akibatkan oleh beberapa faktor yang terkait satu sama lainnya. 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:

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.

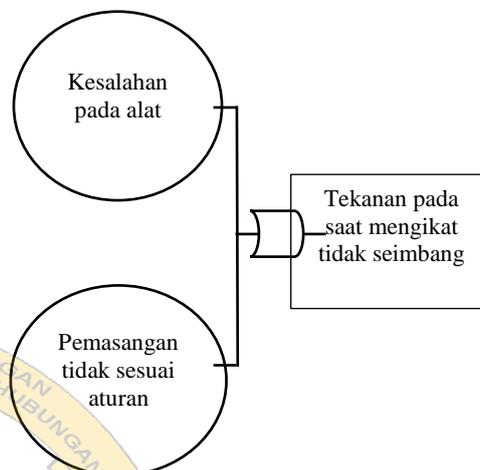
Menggambar tulang ikan kerusakan ulir mur baut. Gambar tulang ikan dibuat untuk mengidentifikasi semua kerusakan yang terjadi pada ulir mur baut. Pembuatan tulang ikan (fish bone) dilakukan dengan menggunakan simbol-simbol Boolean. Standarisasi simbol-simbol tersebut diperlukan untuk komunikasi dan konsistensi tulang ikan (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 masukannya 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. Untuk menganalisa kerusakan ulir mur baut, penulis menggunakan metode fault tree analysis dan mengkombinasi AND dan OR sehingga perlu membuat gambar diagram pohon kesalahan terlebih dahulu. Gambar 6 Fish Bone kurang optimalnya kinerja mesin diesel generator akibat patahnya baut cylinder head.

Berdasarkan diagram menyatakan pohon kesalahan diatas dan dibuktikan dengan tabel kebenaran bahwa kurang optimalnya kinerja mesin induk akibat patahnya baut cylinder head diakibatkan oleh empat hal pokok, yang disimpulkan dengan gerbang OR.

1. Tekanan pada saat mengikat tidak seimbang
Hal ini perlu di perhatikan ketika pemasangan baut pada cylinder head, pemasangan harus di lakukan dengan cara menyilang. Setiap cylinder head memiliki 6 baut utama. Pengencangannya dilakukan secara menyilang agar kekuatan merata di setiap baut.
2. Kompresi terlalu besar/melebihi kapasitas
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.
3. Terkena korosi akibat pendingin 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 silinder head yang tidak bisa menahan tekanan dan panasnya temperatu 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.
4. 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 diesel generator pada kapal.

C. Pembahasan masalah

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



Gambar 7 Tulang Ikan Tekanan tidak Seimbang

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 dapat mengakibatkan kurang optimal kinerja diesel generator 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.

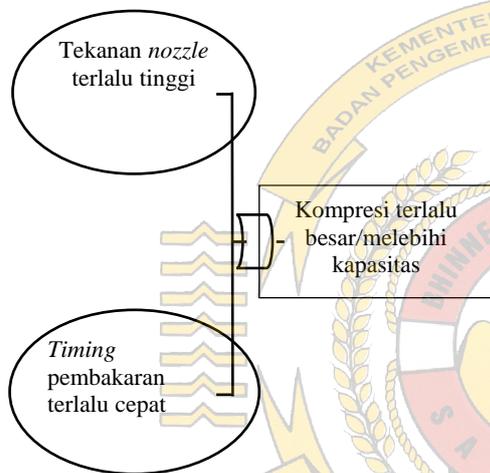
Untuk mencegah seperti ini, pada pengencangan baut dan mur digunakan kunci momen. Kunci Momen (Torque Wrench) digunakan untuk mengukur gaya puntir yang dikerahkan pada waktu mengencangkan ikatan baut dan mur agar mencapai kekencangan tertentu. Kunci Sok dapat dipasang pada kunci momen ini dengan ukuran 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 diesel generator.

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 seimbangnyanya tekanan pada saat mengikat baut *cylinder head*.



Gambar 8 tulang ikan kompresi terlalu besar

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 diesel generator 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.

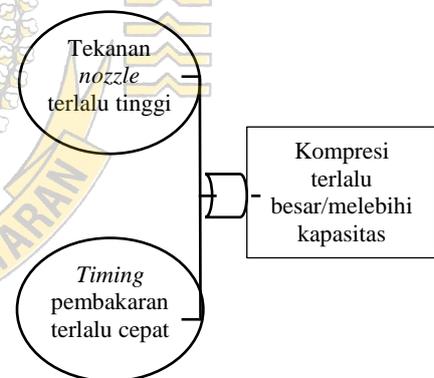
Untuk mencegah seperti ini, pada pengencangan baut dan mur digunakan kunci momen. Kunci Momen (*Torque Wrench*) digunakan untuk mengukur gaya puntir yang dikerahkan pada waktu mengencangkan ikatan baut dan mur agar mencapai kekencangan tertentu. Kunci Sok dapat dipasang pada kunci momen ini dengan ukuran 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 diesel generator.

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 seimbangnyanya tekanan pada saat mengikat baut *cylinder head*.



Gambar 9 Tulang ikan kompresi terlalu besar

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 diesel generator akibat patahnya baut *cylinder head*.

c. 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 melalui *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 distel 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*.

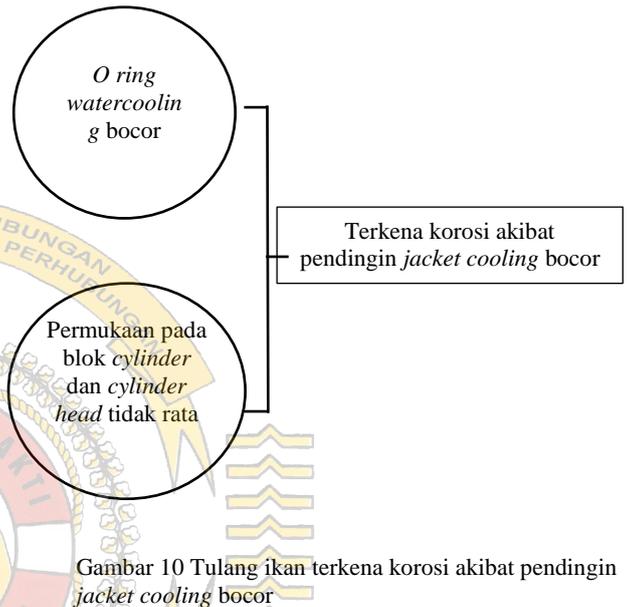
Saat tekanan bahan bakar yang dipompakan oleh pompa injeksi menjadi lebih besar daripada beban pegas tekanan, maka tenaganya mendorong jarum *nozzle* ke atas. Hal ini mengakibatkan pegas tekanan menjadi mampat dan bahan bakar diinjeksikan ke ruang pembakaran. Tekanan *nozzle* yang terlalu tinggi dapat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

d. *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 untuk menyetel saat pengabutan yang sesuai standar yang ditetapkan pabrik pembuat mesin diesel 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*.



Gambar 10 Tulang ikan terkena korosi akibat pendingin *jacket cooling* bocor

Terkena korosi akibat pendingin *jacket cooling* bocor diakibatkan oleh dua faktor yaitu *O ring water cooling* yang bocor dan permukaan pada *blok 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*.

e. *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 :

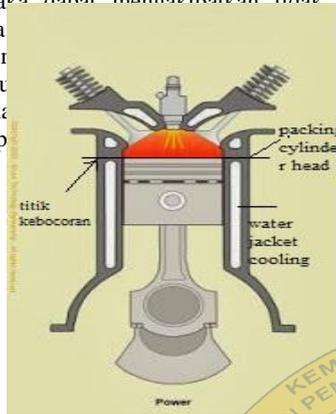
1. Mesin tak bertenaga karena terjadi kebocoran gas (kebocoran tekanan kompresi)
 2. Oli bercampur dengan air pendingin yang berakibat pada kerusakan komponen mesin yang lain.
- f. Permukaan pada blok *cylinder* dan *cylinder head* tidak rata

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.

g. Baut sudah melewati jam kerja

Kepala silinder atau *cylinder head* adalah satu komponen utama mesin, *cylinder head* ini dipasangkan pada blok silinder, yang diikat dengan baut-but 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 kepala silinder. Jika ada tiap baut akan dapat rusak karena tekanan yang tidak terpasang secara sempurna. Akibatnya mesin dapat mengalami overheating karena kompresi yang tidak seimbang pada *cylinder head*.



Gambar 11 skema terjadinya kebocoran

Hal ini yang mengakibatkan patahnya baut *cylinder head* karena O ring water cooling yang berada di dalam packing *cylinder head* tidak mampu menahan tekanan dan panasnya temperatur water cooling, dan setelah diteliti lebih lanjut ditemukan kebocoran pada packing sambungan antara *cylinder head* dan cylinder blok nomor 2. Dari sela-sela tersebut ditemukan rembesan air pendingin dan mengenai baut *cylinder head* yang mengakibatkan korosinya baut *cylinder head* dan lama kelamaan akan menyakibatkan baut *cylinder head* tidak mampu mengikat dengan kuat antara *cylinder head* dan cylinder block pada nomor 2. Dan mengakibatkan baut silinder head patah karena baut mengalami korosi.

2. Bagaimana upaya untuk mengatasi kurang optimal kinerja mesin diesel generator akibat patahnya baut *cylinder head* ?

Dalam manajemen *maintenance*, maka akan sangat baik bila semua aktifitas itu dapat direncanakan sebelumnya dengan matang sebelum dikerjakan. *Preventive maintenance* secara teratur, kadang tidak dapat mencegah pekerjaan *maintenance*, perbaikan secara mendadak (*Emergency Work*), tanpa terencana akibat kerusakan mendadak dari mesin. Hal ini karena *Preventive maintenance* hanya bekerja pada basis waktu tanpa pernah mengamati kondisi mesin. *Emergency work* ini sangat dihindari karena membutuhkan biaya yang sangat besar (tenaga lembur, *shutdown* yang lama karena kurang *spare part*, tenaga ahli sedang cuti, waktu produksi terganggu lama, dll). *Emergency* ini harus dihindari, dan karena aktifitas rutin saja tidak bisa secara efektif mencegahnya maka diperlukan aktifitas pemantauan kondisi mesin untuk memprediksi kondisi mesin. Sehingga sebelum terjadi kerusakan, dapat dipersiapkan/direncanakan aktifitas antisipasinya. Sehingga itu menjadi aktifitas yang memang terencana (*Planned Work*), dengan demikian diharapkan waktu *shutdown* bisa diminimalkan karena semuanya dipersiapkan dengan matang

- a. Kesalahan pada alat

Hal yang terjadi di kapal MV.Lieke adalah patahnya baut pengikat pada *cylinder head* saat kapal dalam pelayaran dari Portugal ke Belgium dengan membawa muatan berupa besi batangan, tiba-tiba ditengah pelayaran mesin diesel generator mengalami penurunan kerja, setelah diteliti ternyata baut pengikat pada *cylinder head* patah dan patahnya baut tersebut mengakibatkan tertundanya pelayaran menuju ke Belgium. Kemudian kkm melakukan upaya perbaikan untuk melepas baut yang patah tersebut dengan cara:

1. Mengebor baut tersebut dengan kedalaman tertentu
2. Kemudian baut di tap
3. Lalu baut yang rusak di masukan baut yang berukuran 32mm
4. Lalu baut di las
5. Kemudian menyemprotkan WD-40 untuk melicinkan dan membuka baut secara manual

Sebaiknya membuka baut blok *cylinder head* dalam keadaan mesin dingin. Karena dalam keadaan mesin panas, kondisi lubang dan baut akan mengembang dan mencengkeran lebih keras. Sehingga pada saat panas membuka dan menutup baut (yang terbuat dari baja/besi) bisa merusak/memakan ulir lubang di blok mesin yang lebih lunak karena terbuat dari aluminium. Gunakan kunci yang baik saat membuka baut agar tidak merusak kepala baut. Rekomendasi pada saat membuka dengan kunci sok dan saat menutup dengan kunci pas. Perhatikan arah putaran buka/tutup baut. Kesalahan yang sering terjadi adalah salah memutar arah sehingga saat membuka malah jadi mengencangkan (dan dipaksa hingga doll/slek). Kemudian penggunaan kunci sok pada saat mengencangkan juga cenderung *over torque/over power*.

Sebelum menutup lubang mur *cylinder head*, bersihkan bagian drat lubang di blok mesin dengan lap untuk menghilangkan sisa-sisa gram/kotoran yang dapat mengikis drat lubang. Juga bersihkan baut dan lumasi dengan oli bersih untuk mempermudah pemasangan. Sebaiknya gunakan kunci pas saat memutar baut. Pada saat posisi terakhir mengencangkan, perhatikan jangan sampai berulang dan terlalu kencang. Karena begitu baut sudah tidak bisa diputar hanya perlu ditambahkan pengencangan sedikit, maka baut sudah terikat sempurna, apabila dipaksakan bisa doll/slek.

Dalam melaksanakan *maintenance* atau *overhaul* adalah merupakan suatu usaha atau kegiatan agar mesin dalam kondisi yang baik dan dapat di cegahny kerusakan yang parah. Di atas kapal MV.Lieke perawatan mesin diesel generator di lakukan rutin dalam jangka waktu sekali melakukan pelayaran. Salah satu perawatan yaitu *overhaul* dengan membuka *cylinder head*, berdasarkan dalam hal ini mengenai aturan pembukaan baut pada *cylinder head*. Untuk itu perlu di perhatikan tata cara melepas baut pada *cylinder head* dengan mengikuti instruksi yang ada pada *manual book*.

Dalam pelaksanaan perawatan secara berencana di atas kapal selalu mengikuti buku instruksi karena tersedianya suku cadang adalah hal yang sangat penting. Umumnya pengadaan suku cadang di atas kapal adalah suku cadang yang diisyaratkan oleh peraturan-peraturan lainnya yang ada hubungannya dan sering dipergunakan. Dan suku cadang yang sering digunakan sedikit jumlahnya, ini semua tergantung keperluan bagi mesin induk guna menunjang pemeliharaan. Kesalahan pada alat merupakan satu satunya faktor yg menykan patahnya baut pada *cylinder head* dan upaya untuk memperbaikinya hanya mengganti baut yang patah dan mengganti alat pemasangan baut yang baru.

- b. Tekanan *nozzle* terlalu tinggi

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 crifice* pada bagian ujung *nozzle* kedalam *cylinder*. Tekanan penginjeksian dapat distel dengan menambah atau mengurangi jumlah *washer* pada *spring*. Penyetelan dilakukan guna untuk mengatur pengabutan yang di keluarkan *nozzle* dan merubah tekanan *nozzle* sesuai standar yang di tentukan.

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*.

c. *Timing* pembakaran terlalu cepat

Upaya untuk memperbaiki *timing* pembakaran yang terlalu cepat adalah menyetel ulang sudut dari *timing injection pump* dengan poros engkol agar roda gigi pada *injection pump* dan poros engkol menjadi *syncron* dan pembakaran bisa kembali sesuai dengan standar mesin diesel

Penyetelan *timing* pembakaran di lakukan dengan cara memutar roda *flywheel* sesuai dengan arah putaran mesin sampai piston pada silinder pertama dalam posisi di atas (*Top Dead Centre*). Pada saat putaran mesin terasa berat, hal ini menunjukkan adanya kompresi di mana kedua katup menutup penuh. Roda *flywheel* diputar lagi sedikit sehingga garis tanda TDC atau FB pada *pully* peredam putaran harus berimpit/segaris dengan tanda garis tetap di bodi motor. Luruskan tanda (--) pada kopling pengikat poros pompa dengan tanda (--) pada kopling pengikat poros roda gigi pompa yang ikut berputar bersama mesin. Dengan sudah lurusnya kedua tanda (--) pada kedua kopling menunjukkan bahwa pompa penekan sudah siap untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar pada silinder no. 1. Sekarang putarlah roda *flywheel* ke arah kebalikkan putaran mesin dan cocokkan garis tetap yang ada di bodi motor dengan tanda (--) pada *pully* peredam putaran dan menunjukkan angka 24 derajat. Kemudian kendorkan baut penyetel *timing* dan setelah kopling poros pompa - pompa dengan cara memutar kopling tersebut, searah putaran mesin dengan mengambil posisi sebelum TMA. Sampai tanda (--) pada kopling pengikat poros pompa segaris dengan tanda (--) pada kopling pengikat poros roda gigi pompa, setelah selesai baru baut penyetel *timing* kita keraskan kembali. Dan mesin bila di start akan hidup, bila semua penyetelan mesin sudah baik termasuk penyetelan celah katup, pembuangan udara palsu, sirkulasi sistem bahan bakar bekerja dengan baik. Dengan dilakukannya upaya ini maka pembakaran di mesin kembali normal kemudian masalah kinerja mesin yang menurun karena patahnya baut *cylinder head* dapat ditanggulangi dengan hasil kinerja mesin yang kembali normal.

d. *O ring water cooling bocor*

Gasket kepala silinder yang bagus adalah yang memenuhi persyaratannya. Persyaratannya antara lain harus tahan terhadap panas dan tekanan tinggi yang dihasilkan pada saat proses pembakaran. Umumnya gasket kepala silinder ini dibuat dari bahan *carbon clad sheet steel*. *Carbon clad sheet steel* ini merupakan gabungan antara *carbon* dengan lempengan baja, karbon pada gasket ini menempel pada *graphite*, pada intinya keduanya berguna untuk mencegah kebocoran dan menambah kemampuan melekat pada gasket.

Jadi fungsi dari gasket kepala silinder adalah sebagai perapat antara kepala silinder dan blok silinder yang bertujuan mencegah terjadinya kebocoran gas pembakaran, oli dan air pendingin. Jika gasket mengalami kebocoran upaya untuk menanggulangi adalah mengganti dengan gasket yang baru .

e. Permukaan pada blok *cylinder* dan *cylinder head* tidak rata
Cylinder head blok, itu bisa centang atau melengkung atau tidak rata akibat korosi. biasanya di jalur lobang cairan pendingin. Pada mesin motor berpendingin air, *cylinder head* tidak rata akan berbahaya, jika ada kompresi bocor atau oli rembes/bocor keluar atau bahkan ke ruang bakar dan akan menyakan asap kenalpot putih. Dan kinerja mesin menjadi tidak optimal, bahkan *black out*

Upaya menanggulangi dengan cara membubut bagian permukaan yang tidak rata, kemudian mengganti gasket pada *cylinder block* dan memasang dengan aturan pemasangan yang sesuai dengan buku instruksi yang tersedia.

f. Baut sudah melewati jam kerja

Baut yang sudah melewati jam kerja disarankan agar di ganti, karena sudah tidak memiliki tingkat kekuatan seperti baut yang masih baru, karena besi memiliki sifat memuai bila terkena panas. Maka lakukan penggantian baut yang lama dengan yang baru karena masa kerja baut yang sudah lama akan menyakan mudah patah dalam *cylinder head*.

III. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, tentang analisis menurunnya tenaga mesin diesel generator di MV.Lieke dengan metode *fish bone* (analisa tulang ikan). Sebagai bagian akhir dari penelitian ini peneliti memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan masalah yang dibahas dalam penelitian ini, yaitu:

A. Simpulan

Maka peneliti dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh tidak optimalnya kerja mesin diesel generator yang di akibatkan oleh patahnya baut pada *cylinder head* terjadi karena kesalahan pada alat, pemasangan tidak sesuai aturan, tekanan *nozzle* terlalu tinggi, *timing* pembakaran terlalu cepat, *packing water cooling* bocor, permukaan pada blok *cylinder* dan *cylinder head* tidak rata dan baut sudah melewati jam kerja.
2. Semua permasalahan yang telah di uraikan pasti memiliki dampak positif dan negative. Tetapi secara menyeluruh dampak negative yang paling banyak terjadi. Semua faktor-faktor yang menyebabkan patahnya baut *cylinder* mengakibatkan menurunnya kerja mesin diesel generator dan berdampak pada kelancaran pengoperasian kapal dalam pelaksanaan pelayaran.
3. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi kurang optimalnya mesin diesel generator akibat patahnya baut *cylinder head* dengan melakukan penggantian pada baut yang patah dengan mengikuti buku panduan (*manual book*).

B. Saran

Maka peneliti dapat memberikan saran sebagai berikut:

1. Masinis dan *crew* kapal harus selalu mengecek dan memeriksa apakah terjadi penurunan kerja pada mesin diesel generator. Di samping itu juga harus melakukan pengecekan pada akibat akibat yang mungkin dapat mengakibatkan patahnya baut pada *cylinder head*.
2. Sebelum memasang baut seharusnya melihat dan mengacu kepada *instruction book*, perlu di perhatikan langkah-langkah dalam pemasangan baut dikarenakan tiap mesin diesel memiliki standar yang berbeda-beda.
3. Melakukan perawatan rutin terhadap faktor-faktor yang dapat menyebabkan patahnya baut pada *cylinder head* agar tidak terjadi penurunan kerja mesin diesel geerator di kapal MV.Lieke.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kristiansen, Svein, 2013, “ *Maritime Transportation Safety Management Risk Analysis*”

- [2] Kuo, Chengi, 2010, 2010, “ *Safety Management and it's Maritime Aplication*”
- [3] https://id.wikipedia.org/wiki/Baut_v

