

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dilakukan untuk mempermudah penulisan dan pemaparan masalah yang nantinya akan dibahas pada Bab IV, maka pada bab ini diuraikan landasan teori yang berkaitan dengan judul skripsi “Pengaruh kotornya *plate* pada *low temperature cooler* terhadap *diesel generator* dengan metode *fault tree analysis* di MV. Armada Purnama”. Asal mula adanya sistem pendinginan adalah dari teori tersebut dikembangkanlah suatu sistem yang dapat digunakan untuk mendinginkan permesinan dikapal.

1. Pengertian *diesel generator*

Diesel generator adalah pesawat yang dapat menghasilkan tenaga listrik (sumber pembangkit listrik dikapal) yang berfungsi untuk menjalankan *generator* sebagai penggerak pompa dan pesawat-pesawat baik lainnya.

2. Komponen-komponen utama pada *diesel generator* diatas kapal MV. Armada Purnama:

a. Dinamo *Starter*

Dinamo *starter* berfungsi untuk memutar *flywheel* pada saat memulai menghidupkan mesin. Tipe *dynamo Cummins 39 MT* membutuhkan voltase 24 V untuk menghidupkannya dan memiliki putaran searah jarum jam (CW).

b. *Alternator*

Alternator berfungsi menghasilkan arus listrik untuk pengisian pada aki. Tipe *alternator Cummins 1214 6504* dapat menghasilkan arus 55A.

c. *Fuel Filter*

Fuel Filter digunakan untuk menyaring bahan bakar yang akan masuk ke pompa injeksi. Tipe *fuel filter RACOR 900 FH*.

d. *Filter udara*

Filter udara berfungsi untuk menyaring udara yang masuk pada sistem pembakaran. Penggunaan *filter udara* pada mesin *diesel* sangat penting, karena udara akan dihisap langsung masuk ke *combustion chamber*.

e. *Oil filter*

Oil filter berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran yang terdapat di dalam oli, sebelum oli itu melumasi bagian-bagian mesin seperti poros engkol, mekanisme katup, dan lain sebagainya. Untuk menyaring oli dalam pelumasan dalam mesin.

f. *Cooler*

Cooler berfungsi untuk mencegah terjadinya *over heating* (panas berlebihan) dengan cara mendinginkan suatu fraksi panas dengan menggunakan media cairan dingin, sehingga akan terjadi perpindahan panas dari fluida yang panas ke media pendingin tanpa adanya perubahan suhu.

g. *Nozzle*

Nozzle berfungsi untuk mengabutkan bahan bakar agar dapat bercampur dengan udara sehingga pembakaran dapat berjalan sempurna.

h. *Bosch Pump*

Bosch Pump berfungsi untuk memompa bahan bakar masuk ke *nozzle* dengan tekanan tinggi menurut *firing order*.

i. *Turbocharger*

Turbocharger berfungsi untuk memberi tekanan udara sehingga membantu proses pembakaran pada mesin.

j. *Muffler*

Muffler merupakan saluran pembuangan pembakaran yang berbentuk gas.

k. *Generator*

Secara umum *generator* berfungsi untuk pembangkit listrik pada kapal.

3. *Low temperature cooler*.

Pengertian *Low temperature cooler* merupakan hal yang sangat penting untuk menunjang kerja suatu mesin *diesel*. Seperti yang dikemukakan oleh Maanen (1997), untuk pendinginan dari sebuah mesin *diesel* diperlukan suatu sistem yang terdiri dari pipa, pompa dan pendingin atau *cooler*. Jadi sistem tersebut sering berbentuk kompleks karena baik mesin induk maupun mesin bantu dihubungkan menjadi satu sistem pendinginan, termasuk beberapa pesawat bantu dan alat bantu lainnya.

Agar menjadi lebih jelas disini diperlihatkan sistem pendinginan terbuka yang bahan pendinginnya adalah air laut. Prinsipnya adalah sistem ini menggunakan air laut atau secara langsung memakai air laut yang untuk mendinginkan bagian mesin. Didalam mesin *diesel generator* akan ditimbulkan panas, maka pendinginan dilakukan oleh air laut yang mengalir dalam sirkulasi terbuka, selanjutnya air pendingin akan menyerahkan panas tersebut kepada air

tawar didalam pendinginan atau *cooler*. Sistem ini menggunakan sistem pendingin terbuka menggunakan air laut atau secara langsung memakai air laut yang mendinginkan bagian mesin.

Menurut Endrodi (1985), agar motor *diesel* dapat bekerja terus-menerus dengan aman dan awet, maka panas yang diterima oleh komponen-komponen motor *diesel* misalnya dibagian silinder *liner*, silinder kepala, dan klep gas buang harus dipindahkan/dialihkan kepada zat pendingin. Jadi beberapa pilihan untuk zat pendingin, tetapi dengan berbagai pertimbangan untuk motor *diesel* kapal dipilih air laut sebagai media pendinginnya. Dengan demikian dapat dijelaskan bahwa selama motor *diesel* bekerja memerlukan pendinginan.

Selain panas yang ditimbulkan oleh hasil pembakaran bahan bakar, panas juga ditimbulkan akibat gesekan antara 2 logam, antara lain poros terhadap metalnya, ring-ring torak terhadap *liner*, kepala silang terhadap peluncurnya, sehingga logam-logam tersebut pada suhu tinggi akan meleleh. Oleh karena itu panas yang terkandung harus dapat dipindahkan ke media pendingin, seperti pendingin terbuka menggunakan air laut atau secara langsung memakai air laut. Sebagaimana kita ketahui fungsi pendinginan pada mesin *diesel generator* adalah untuk mencegah berkurangnya kekuatan material dan perubahan bentuk secara *thermis* dari bagian motor.

Maanen(1997), dalam ruang pembakaran sebuah motor *diesel* akan terjadi suhu 1800°K atau lebih pada waktu pembakaran. Selama awal pembuangan gas, setelah terjadi ekspansi dalam silinder. Jadi suhu gas pembakaran akan mencapai suhu 1000°K. Dinding ruang pembakaran (tutup silinder, bagian atas torak, bagian atas lapisan silinder), katup buang dan sekitarnya, termasuk

diantara pintu buang menjadi sangat panas. Untuk mencegah pengurangan dari kekuatan material dan perubahan bentuk secara *thermis* dari bagian mesin *diesel generator*, maka bagian-bagian tersebut harus didinginkan menggunakan media air laut. Khusus pada bagian silinder terdapat lapisan pelumasan yang harus tetap terjaga kondisinya karena pada bagian tersebut memerlukan pendinginan air laut.

Apabila panas tersebut tidak didinginkan maka akan mengakibatkan kerusakan. Pendinginan merupakan suatu kebutuhan, tetapi pendinginan dapat juga menjadi suatu kerugian, jika dilihat dari segi pemanfaatan energi panas, karena itu energi panas yang dihisap dalam pendinginan tersebut hendaklah sekecil-kecilnya dan diusahakan temperatur silinder yang seoptimal mungkin. Jadi pengertian pendinginan adalah usaha yang bertujuan untuk menjaga supaya temperatur didalam mesin *diesel generator* agar dapat seoptimal mungkin sesuai dengan kebutuhan yang dibutuhkan mesin. Tidak lancarnya sistem pendinginan dapat menimbulkan masalah pada komponen dan mengganggu kinerja pada mesin *diesel generator*, yang diakibatkan oleh:

4. Media pendingin

Untuk mempermudah pemahaman tentang sistem pendinginan, seperti yang di kemukakan oleh Maanen(1997), sebagai bahan pendingin untuk mesin *diesel generator* digunakan bahan seperti air laut, air tawar, minyak pelumas dan udara.

a. Air laut

Beberapa kelebihan air laut adalah :

- 1) Mudah didapatkan sehingga setelah digunakan dapat langsung dibuang.

2) Mempunyai sifat yang menguntungkan, yaitu panas yang dihasilkan tidak terlalu besar.

Kekurangan dari bahan pendingin ini adalah:

1) Mengandung prosentase mineral yang sangat tinggi sehingga bila terkena panas akan menjadi berkristal dan membentuk kerak yang sangat keras.

2) Mengandung kadar klorit dan sifat garam yang tinggi sehingga mengakibatkan pembentukan korosi yang sangat cepat dan keras.

Dengan kelebihan dan kekurangan di atas, kebanyakan kapal menggunakan media air laut sebagai bahan pendingin secara langsung atau disebut pendinginan terbuka, maksudnya adalah bahan pendingin air laut ini digunakan untuk mendinginkan bahan pendingin yang lain seperti air tawar, namun tidak menutup kemungkinan air laut digunakan sebagai bahan pendingin langsung. Bila pendingin itu dipakai, maka disinilah letak hal yang membahayakan dari konstruksi, yaitu selain menimbulkan cepatnya korosi atau proses kropsnya material. Juga bila terjadi kebocoran maka air laut akan tercampur dengan objek sehingga mengganggu proses pendinginan dan akan mempercepat kerusakan pada permesinan.

b. Air tawar

Bahan pendingin air tawar dikapal sangat mahal harganya, tetapi lebih baik jika dibandingkan dengan air laut, karena sifat air laut yang mengakibatkan korosi dan kerak. Air tawar lebih baik karena selain resiko lebih kecil juga biasa digunakan sebagai bahan pendingin untuk semua mesin. Udara sangat diperlukan, bahwa sangat penting bahwa air tawar tersebut yang

dirubah bentuknya, sehingga tidak menimbulkan kerak, karena bentuk kerak akan menurunkan daya pindah panas dan terjadinya endapan atau lumpur yang menyebabkan penyumbatan, sehingga akan menghambat proses sirkulasi air pendingin tersebut.

c. Minyak pelumas

Sebagai bahan pendingin, minyak lumas digunakan langsung pada obyek yang bergesekan seperti pada *crankcase*, minyak lumas langsung mendinginkan bagian-bagian didalamnya, seperti poros engkol, batang gerak, dan bagian-bagian lain yang bergerak. Sifat minyak lumas sebagai bahan pendingin sangat kurang menguntungkan dibandingkan dengan air. Selain itu kenaikan suhu minyak pelumas dalam torak tidak boleh terlalu tinggi, karena mengingat akan terjadinya kemungkinan perubahan oksidasi cepat dari minyak pelumas dengan pengendapan zat yang terjadi pada bagian yang didinginkan.

d. Udara

Sebagai bahan pendingin, seperti halnya untuk silinder dan tutup silinder pada mesin *diesel* kecil, udara tidak digunakan pada motor *diesel* dikapal. Sebagai akibat massa jenis yang sangat rendah dan panas jenis dari udara, maka diperlukan pemindahan volume yang sangat besar sekali, sehingga *ventilator* yang digunakan harus memiliki daya penggerak yang besar.

5. Tipe sistem pendinginan

Ada beberapa tipe sistem pendinginan di atas kapal yang menunjang kerja dari mesin *diesel*. Menurut teori yang ada tipe sistem pendinginan yang digunakan dikapal ada 2 macam.

Seperti yang dikemukakan Endrodi (1985), sistem pendinginan yang digunakan di kapal ada dua tipe, yaitu:

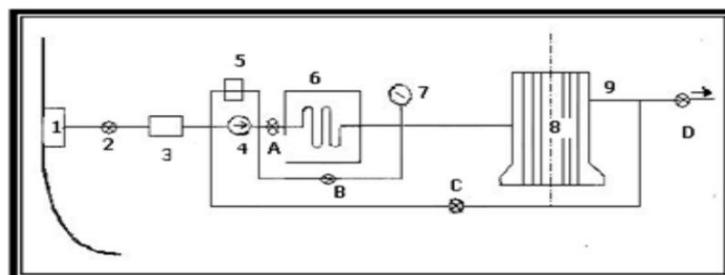
- 1) Sistem pendinginan terbuka
- 2) Sistem pendinginan tertutup

Dari dua tipe sistem pendinginan tersebut dapat didefinisikan sebagai berikut:

- 1) Sistem pendinginan terbuka

Pendinginan terbuka yang dimaksud adalah pendinginan mesin *diesel* dengan media air laut secara langsung keuntungan dari sistem pendinginan terbuka adalah sistem yang cukup sederhana, dan tidak perlu tanki ekspansi *cooler* sehingga biaya lebih murah dan media pendingin/air laut selalu tersedia.

Kekurangan dari sistem pendinginan terbuka adalah pada suhu lebih dari 50°C akan terjadi kerak-kerak garam yang menyebabkan mempersempit pipa. Resiko korosi sangat besar sehingga mesin akan cepat rusak dan apabila berlayar didaerah dingin maka pengaturan suhu air masuk mesin sulit diatur, karena suhu air laut terlalu rendah, sehingga silinder *liner* dapat retak. Perbedaan suhu yang sangat tinggi antara didalam silinder *liner* dan suhu air laut diluar silinder *liner*.



Gambar 2.1

Sistem pendingin terbuka (Langsung)

Keterangan :

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------|
| 1. <i>Sea chest</i> (Saringan laut) | 6. Tangki pendingin |
| 2. <i>Valve</i> (katup) | 7. <i>Thermometer</i> |
| 3. Saringan | 8. Mesin induk |
| 4. Pompa | 9. Pipa buang |
| 5. <i>Safety valve</i> | |

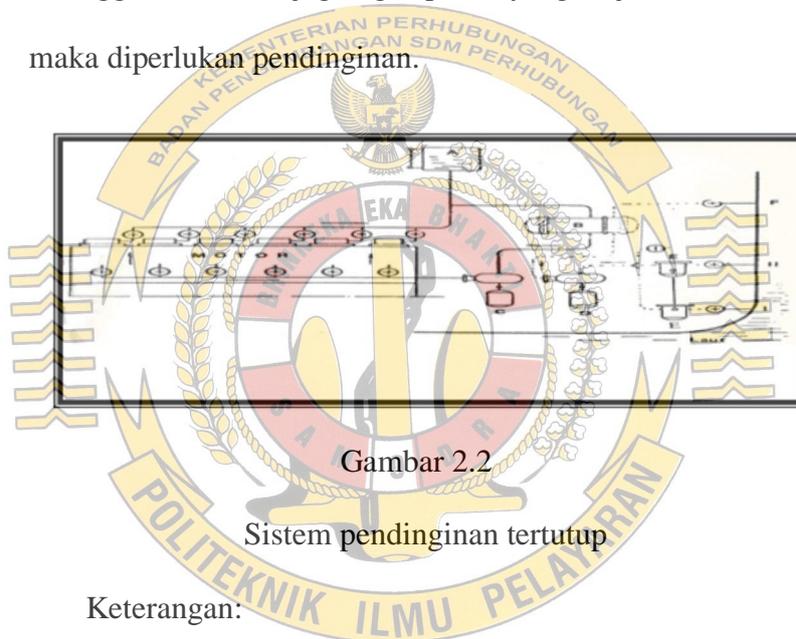
2) Sistem pendinginan tertutup

Pendinginan tertutup yang dimaksud adalah mesin *diesel* didinginkan dengan media air tawar dan selanjutnya air tawar yang keluar dari silinder kepala didinginkan melalui *cooler* air tawar dengan pendingin air laut. Keuntungan dari sistem pendinginan tertutup adalah dengan media air tawar, maka resiko korosi dapat dicegah/dihindari, serta pengaturan suhu masuk dan suhu keluar dari air pendinginan akan lebih mudah diatur lewat *cooler*.

Kekurangan dari sistem pendinginan yang tertutup adalah ketergantungan terhadap persediaan air tawar pendingin dan sistem penataan pipa menjadi lebih mahal, karena adanya *cooler*, tanki ekspansi dan pipa-pipa. Pada *fresh water cooler* terhadap katup air laut atau *sea chest* yang terletak dibawah dan diatas. *Sea chest* atas dibuka saat kapal memasuki area pelabuhan dan alur sungai karena dikhawatirkan adanya lumpur yang akan terhisap oleh pompa air laut pendingin.

Sedangkan *sea chest* bawah dibuka saat kapal sedang berlayar dilaut bebas dengan maksud hisapan pompa akan lebih kuat dan kapasitas pompa akan lebih maksimum. Adanya *fresh water expansion*

tank berfungsi untuk ruang berkembangnya air tawar pendingin, ketika panas yang berlebih mencegah agar tidak terjadi pecahnya pipa-pipa pada instalasi sistem pendinginan. Selain itu berfungsi sebagai pengontrol bila jumlah air di sistem pendinginan berkurang, sekaligus untuk menambahnya. Mesin *diesel* bekerja terus menerus untuk menghasilkan suatu usaha. Dari proses diatas timbul suatu panas, sehingga untuk menjaga agar panas yang terjadi tidak melampaui batas maka diperlukan pendinginan.



Gambar 2.2

Sistem pendinginan tertutup

Keterangan:

1. Expansi *fresh water tank*
2. Bejana pendingin
3. Pompa air tawar
4. Pompa air laut
5. Saringan-saringan
6. Saringan buang untuk air laut
7. Saluran pemasuk untuk permukaan air rendah
8. Saluran pemasuk untuk permukaan tinggi/keruh

6. Metode *fault tree analysis*

Fault tree analysis (FTA) merupakan satu dari teknik yang paling sering digunakan dalam resiko analisis adalah model pohon kesalahan. Analisa pohon kesalahan (FTA) dapat digunakan untuk mengidentifikasi subsistem yang paling penting untuk pengoperasian pada sebuah sistem yang telah diberikan atau untuk menganalisa bagaimana kejadian tak terduga. *Fault tree analysis* merupakan metode analisa, dimana terdapat suatu kejadian yang tidak diinginkan disebut *undersired event* terjadi pada sistem, dan yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya *undersired event* tersebut. (Kristiansen, 2005: 225).

Fault tree analysis adalah analisa kegagalan deduktif dimana keadaan yang tidak diinginkan dari sistem dianalisis menggunakan logika untuk menggabungkan serangkaian tingkat yang lebih rendah. Metode analisis ini terutama digunakan dalam bidang teknik keselamatan dan rekayasa keandalan untuk memahami bagaimana sistem bisa gagal, untuk mengidentifikasi cara terbaik untuk mengurangi resiko angka kejadian kecelakaan keselamatan atau sistem fungsional. *Fault tree analysis* digunakan pada penelitian di ruang angkasa, tenaga nuklir, kimia dan proses farmasi, petrokimia dan identifikasi faktor resiko yang berkaitan dengan kegagalan suatu sistem yang ada.

Fault tree analysis merupakan metode yang efektif untuk menemukan inti dari suatu permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan yang kemudian timbul tidak berasal pada satu titik kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci pada sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*).

Metode *fault tree analysis* juga merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu resiko yang berperan langsung terhadap terjadinya kegagalan. *Fault tree analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor-faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan suatu gerbang logika sederhana. Gerbang logika berfungsi untuk menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi.

a. Kelebihan dan kekurangan metode *fault tree analysis*

Fault tree analysis mempunyai kelebihan dan kekurangan, yaitu:

1) Kelebihan

- a). Dalam kasus sebuah sistem yang kompleks pohon kesalahan memberikan cara yang baik dan logis untuk mengintegrasikan berbagai penyebab. Konstruksi diagram pohon dapat menentukan probabilitas nilai-nilai dan membantu memberikan pemahaman yang

lebih baik dari suatu sistem.

- b). Pohon kesalahan dapat digunakan untuk melakukan analisis sensitivitas sehingga perbedaan dari berbagai penyebab dapat dibandingkan, dampak terhadap keseluruhan sistem dengan menganalisa perubahan tersebut dengan kemungkinan nilai.

2) Kekurangan

Pengalaman dan pengetahuan yang banyak diperlukan untuk membuat bangunan pohon yang tepat. Kesalahan memasukkan sebuah masukan dapat menyebabkan memberikan hasil yang tidak benar. (Chengi Kuo, 2007: 131)

b. Prinsip kerja metode *fault tree analysis*

- 1) Kegagalan sistem atau kecelakaan
- 2) *Fault tree analysis* terdiri dari urutan peristiwa yang mengarah kepada kegagalan sistem atau kecelakaan
- 3) Membuat urutan peristiwa dengan menggunakan gerbang logika “AND” atau “OR” atau gerbang logika lainnya.
- 4) Kejadian di atas dan semua peristiwa terdapat beberapa penyebab dan ditandakan dengan persegi panjang dan kejadian yang dijelaskan di persegi panjang.
- 5) Akhir dari peristiwa mengarah pada dimana tingkat kegagalan data yang memungkinkan, ini adalah penyebab utama yang dilambangkan lingkaran dan merupakan keputusan untuk membatasi metode ini. (Kristiansen, 2005: 227)

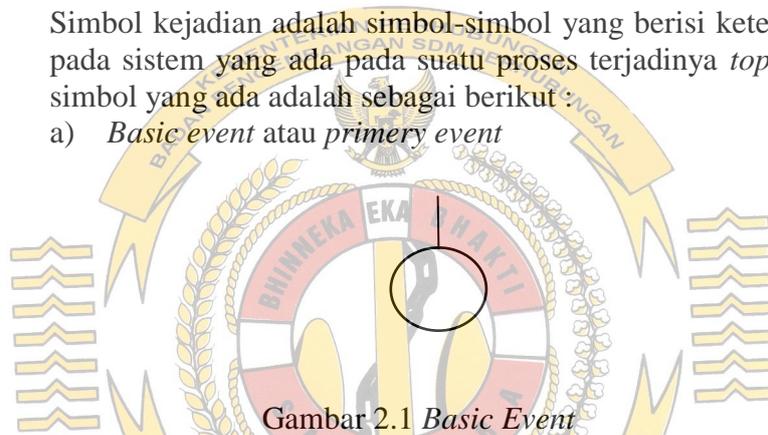
c. Simbol dan istilah dalam metode *fault tree analysis*

Simbol-simbol yang digunakan adalah simbol kejadian, simbol gerbang dan simbol transfer, berikut adalah bentuk simbol dan pengertian dari tiap-tiap simbol, baik simbol kejadian, simbol *transfer* dan simbol gerbang yang digunakan pada metode *fault tree analysis*.

1) Simbol kejadian

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

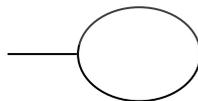
a) *Basic event* atau *primary event*



Gambar 2.1 *Basic Event*

Simbol lingkaran ini digunakan untuk menyatakan *basic event* atau *primary event* atau kegagalan mendasar yang tidak perlu dicari penyebabnya. Artinya simbol lingkaran ini merupakan batas akhir penyebab suatu kejadian.

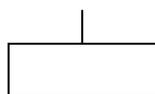
b) *Conditioning event*



Gambar 2.2 *Conditioning event*

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

c) *Top event* atau *Intermediate event*

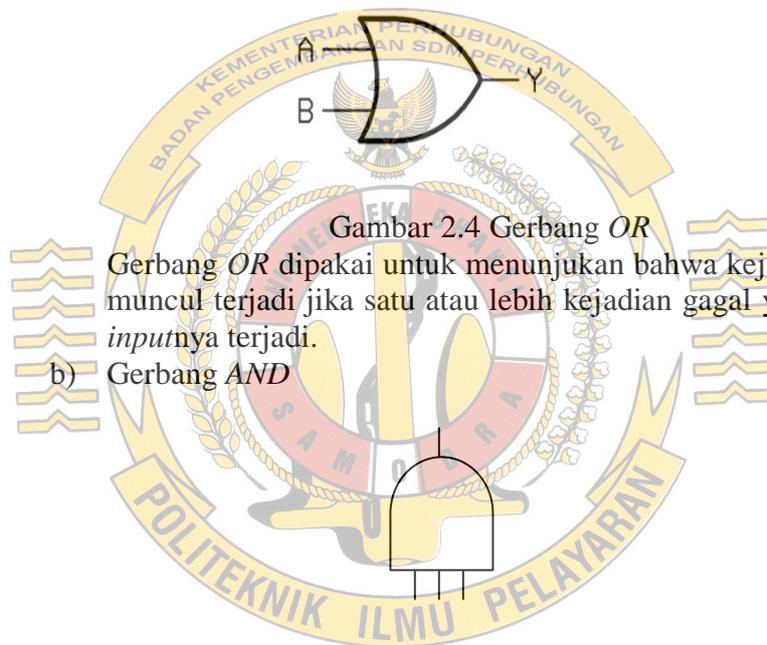


Gambar 2.3 *Intermediate event*

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

2) Simbol gerbang

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

a) Gerbang *OR*Gambar 2.4 Gerbang *OR*

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

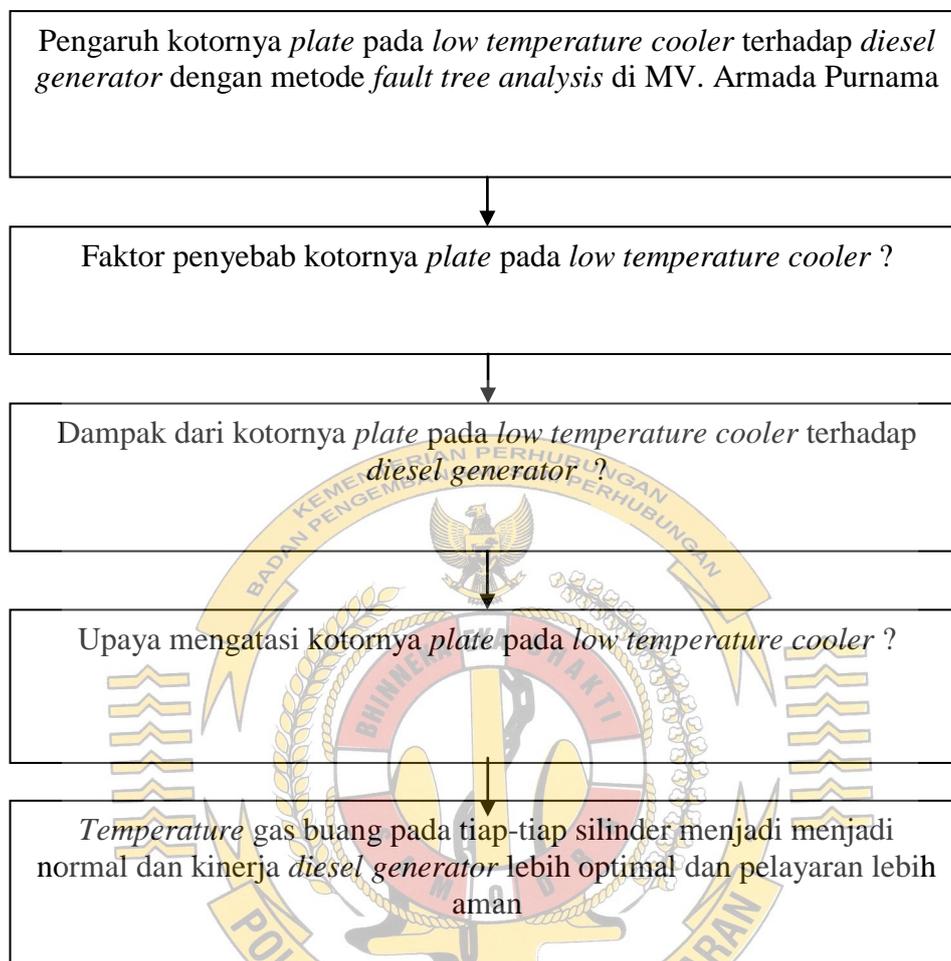
b) Gerbang *AND*Gambar 2.5 Gerbang *AND*

Gerbang *AND* dipakai untuk menunjukkan bahwa kejadian yang akan muncul terjadi jika semua kejadian yang akan masuk terjadi sekaligus.

3) *Cut set*

Cut set yaitu hasil yang diperoleh dari pengujian masing-masing *intermediate event* sampai *basic event* untuk memperoleh penyebab dari *top event*.

B. Kerangka Pikir Penelitian



Berdasarkan kerangka pikir di atas, dapat dijelaskan bermula dari topik yang akan dibahas yaitu pengaruh kotornya *plate* pada *low temperature cooler* terhadap *diesel generator*, yang akan menghasilkan faktor-faktor penyebab dari kejadian tersebut.

Dari faktor-faktor tersebut yaitu penyebab kotornya *plate* pada *low temperature cooler* mempunyai suatu dampak yang dialami, Sehingga timbul upaya ataupun usaha yang dilakukan untuk menanggulangi masalah yang ada. Setelah upaya penanganan masalah telah dilaksanakan, maka dihasilkan *Temperature* gas buang pada tiap-tiap silinder menjadi menjadi normal dan kinerja *diesel generator* lebih optimal dan pelayaran lebih aman.