

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Dengan tinjauan pustaka, penulis memperoleh poin-poin pokok dari buku-buku yang berkaitan tentang AC dan berkaitan dengan permasalahan yang terjadi sebagai dasar untuk pembahasan penulisan skripsi taruna.

1. Menurut Hasibuan (2007, 179), pemeliharaan karyawan adalah usaha mempertahankan dan atau meningkatkan kondisi fisik, mental, dan sikap karyawan, agar mereka tetap loyal dan bekerja produktif untuk menunjang tercapainya tujuan perusahaan.

Secara hakiki kesehatan dan keselamatan kerja merupakan upaya atau pemikiran serta penerapannya yang ditujukan untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmaniah maupun rohaniyah tenaga kerja khususnya dan manusia pada umumnya, hasil karya dan budaya, untuk meningkatkan kesejahteraan tenaga kerja (Kuswono, 2016).

Kesehatan kerja (*health*), adalah suatu keadaan seorang pekerja yang terbebas dari gangguan fisik dan mental sebagai akibat pengaruh interaksi pekerjaan dan lingkungannya. Keselamatan kerja (*safety*), adalah suatu keadaan yang aman dan selamat dari penderitaan dan kerusakan serta kerugian di tempat kerja baik pada saat memakai alat, bahan, mesin-mesin dalam proses pengolahan, penyimpanan, maupun menjaga dan mengamankan tempat serta lingkungan kerja.¹⁾

2. “Teknologi merupakan sarana untuk meningkatkan kesejahteraan manusia” (Kurniawan, 2000).

Sejak awal perkembangannya, AC diabdikan untuk kehidupan manusia, seperti mempermudah pekerjaan, meningkatkan kenyamanan, bahkan mempertahankan hidup. Berawal dari alat pengawet makanan. Teknologi mesin pendingin berkembang menjadi alat pengondisi udara. Alat ini sangat dibutuhkan manusia, terutama mereka yang bertempat tinggal di wilayah yang mengalami iklim 4 musim. Temperatur udara musim panas di belahan bumi

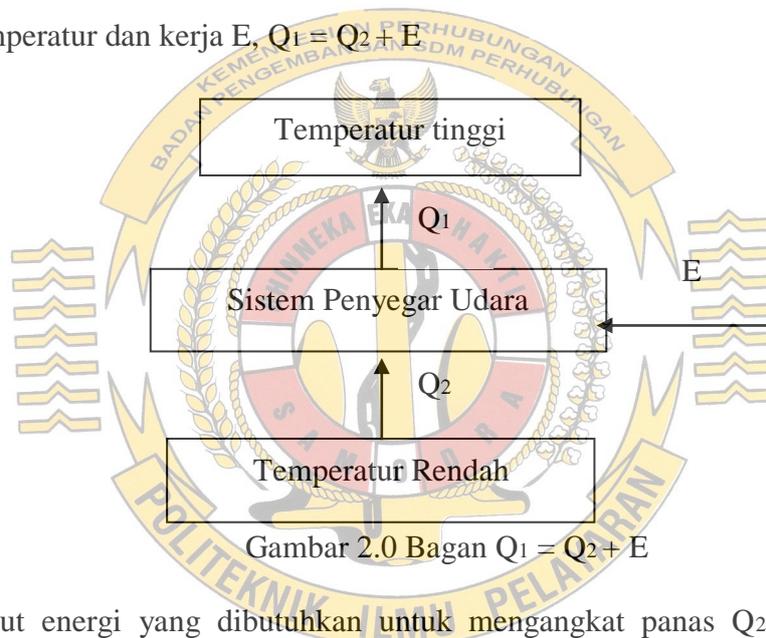
barat dapat sedemikian tinggi sehingga banyak mengakibatkan dehidrasi dan kematian. Mesin pengondisi udara membantu mereka dengan memberikan udara yang sejuk dan uap air yang cukup bagi tubuh. Di daerah tropis, mesin pengondisi udara lebih berfungsi sebagai pemberi kenyamanan daripada sebagai alat mempertahankan hidup. Secara alamiah tubuh manusia normal akan selalu berusaha menyesuaikan diri dengan keadaan lingkungan. Kerja pernapasan, aliran darah, dan pembakaran kalori diatur sesuai kondisi temperatur di sekelilingnya. Bila udara terlalu dingin misalnya, kalori yang dibakar diperbanyak dan aliran darah dipercepat agar temperatur tubuh tetap optimal. Sedangkan bila tubuh terlalu panas, pernapasan dipercepat dan pembuluh darah bergerak lebih dekat ke kulit agar perpindahan panas dari tubuh ke udara lebih cepat. Manusia membutuhkan lingkungan udara yang nyaman untuk dapat bekerja secara optimal. Tingkat kenyamanan ini ditentukan oleh empat faktor, yaitu temperatur udara, kelembapan udara, pergerakan udara, dan tingkat kebersihan udara (Kurniawan, 2000).

3. Definisi Pengkondisian udara nyaman (*comfort Air Conditioning*) adalah proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembapan, kebersihan, dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada di dalamnya (Stoecker, 1994).

Udara merupakan zat yang tak terpisahkan dari kehidupan di dunia, demikian juga dengan air. Udara dan air sangat penting bagi berlangsungnya kehidupan manusia. Setiap makhluk hidup membutuhkan udara dengan komposisi yang sesuai bagi kondisi tubuhnya. Udara tersusun atas nitrogen, oksigen, dan zat yang lain dimana komposisi udara dapat berubah secara signifikan di alam ini. Gas oksigen merupakan gas yang paling dibutuhkan manusia, disamping berbagai jenis gas yang lain. Kondisi lingkungan saat ini menunjukkan bahwa tingkat polusi udara sangat tinggi sehingga mengakibatkan terganggunya

kesehatan manusia. Tingkat pencemaran udara yang tinggi inilah yang menuntut manusia untuk beralih dari sistem penyejarian ruangan alami menuju sistem penyejarian udara buatan. Sistem penyejarian udara atau *Air Conditioning* (AC) merupakan instrumen yang saat ini banyak dipergunakan manusia untuk mengatasi masalah kenyamanan ruangan (Sunarno, 2005).

Berdasarkan hukum termodinamika pertama, panas Q_1 yang dikeluarkan dari siklus temperatur tinggi sama dengan jumlah panas Q_2 yang dikeluarkan pada temperatur dan kerja E , $Q_1 = Q_2 + E$.



Gambar 2.0 Bagan $Q_1 = Q_2 + E$

Input energi yang dibutuhkan untuk mengangkat panas Q_2 dari temperatur rendah ke temperatur tinggi membutuhkan kerja mekanik.²⁾

4. “AC (*Air Conditioning*) merupakan alat yang berfungsi untuk menyejukan ruangan” (Daryanto, 2016).

a. Menurut Sunarno (2005,176) AC pada umumnya dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis antara lain:

1) *AC Window*

Umumnya dipasang pada salah satu dinding ruang dengan batas ketinggian yang terjangkau dan tidak mengganggu si pemakai. AC ini biasa dipakai di perumahan. Tipenya ada dua yaitu jenis *window* dan *casement*.

2) Ibid

2) AC *Split*

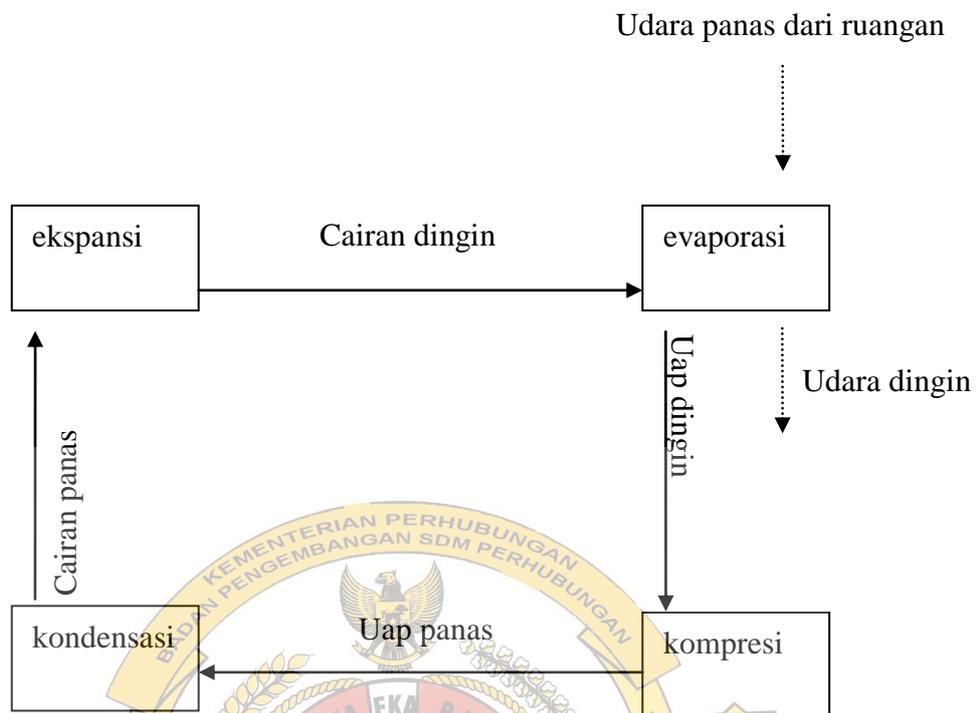
Bentuk AC *split* hampir sama dengan AC *Window*. Perbedaannya terletak pada kondenser AC *split* yang terpisah dan diletakkan di luar ruangan.

3) AC *Central*

Merupakan dasar dari kebanyakan jenis penyejuk udara. AC jenis ini biasa digunakan pada unit perkantoran, hotel, supermarket dimana sistem pengendalian terdapat pada satu tempat. Pada AC *central*, motor listrik, kipas udara, koil udara, pelembab udara dan penyaring udara terletak pada satu kotak. Udara dingin dan udara sirkulasi dilairkan melalui saluran sirkulasi udara. Pada umumnya AC *Accommodation Plant* yang terdapat di kapal termasuk jenis AC *central*.

b. Menurut Sunarno (2005,163), siklus pendinginan terdiri dari empat proses, yaitu :

- 1) Evaporasi, merupakan proses pertukaran udara panas ruangan dengan *refrigerant*.
- 2) Kompresi, yang memiliki dua fungsi. Pertama, untuk menghisap *refrigerant* dari evaporator dan menekannya ke kondenser. Yang kedua, untuk meningkatkan tekanan *refrigerant*.
- 3) Kondensasi, juga memiliki dua fungsi yang penting. Yang pertama adalah untuk membuang panas yang disimpan *refrigerant* pada evaporator dan yang kedua adalah untuk mengubah fase *refrigerant* dari uap menjadi cairan.
- 4) Ekspansi, mengubah cairan *refrigerant* yang panas menjadi cairan yang dingin dengan menurunkan tekanannya.



Gambar 2.1 Bagan siklus pendinginan

c. Menurut E.G Pita, sebuah pengkondisian udara yang modern harus mencakup hal-hal sebagai berikut:

- 1) Mengontrol suhu udara pada nilai yang diinginkan untuk setiap waktu dengan cara pemanasan atau pendinginan.
- 2) Mengontrol gerakan udara pada kecepatan yang diinginkan.
- 3) Mengontrol kelembapan udara (kandungan uap air) dengan cara humidifikasi atau dehumidifikasi.
- 4) Mengantarkan udara luar yang diperlukan.
- 5) Mengontrol udara luar yang diperlukan.
- 6) Mengontrol kualitas udara dengan membersihkan atau menghilangkan partikel yang kotor atau bau gas yang ada.
- 7) Mengontrol suara yang dihasilkan oleh sistem tersebut.

Kegunaan dari pengkondisian udara :

Ada dua kegunaan dari pengkondisian udara, yaitu untuk kenyamanan (*comfort*) dan pengendalian proses (*process control*).

1) Kenyamanan (*comfort*), mengacu kepada penyediaan kondisi udara yang menghasilkan atau menciptakan kepuasan orang.

a. Pengendalian proses (*process control*), mengacu kepada penyediaan kondisi udara untuk pengendalian proses, bahan, peralatan atau barang di dalamnya.

d. Berikut merupakan bagian dan fungsi komponen dari *air conditioner*

menurut *operational manual book* halaman 2 :

- 1) Kompresor : Mengompres *refrigerant* keluar dari evaporator. Tekanan tinggi dari *refrigerant* memungkinkan *refrigerant* untuk berubah menjadi bentuk cair efisien.
 - 2) Kondensor : Alat penukar panas yang mengubah tekanan tinggi dan suhu tinggi *refrigerant* dari bentuk gas ke keadaan cair. Di dalam kondensor di sekeliling mengalir air pendingin yang menyerap panas dari *refrigerant*.
 - 3) Katup ekspansi : Mengkonversi keadaan *refrigerant* cair dari "tekanan tinggi dan suhu tinggi" ke "tekanan rendah dan suhu rendah".
 - 4) Evaporator : Jenis penukar panas sirip dan tabung mendinginkan udara melewatinya. Rendah tekanan dan suhu rendah *refrigerant* mengalir melalui tabung, menyerap panas dari udara dari kisi-kisi sehingga mudah menguap.
 - 5) *Fan* : Menghisap udara ruangan ke dalam mesin dan meniup udara terdinginkan kembali ke ruangan.
 - 6) Filter udara : Menghilangkan debu dan kotoran dari udara.
 - 7) Dryer : Untuk menghilangkan debu di sirkuit pendingin.
5. "Komponen lain yang sangat penting didalam sistem tata udara sentral seluruhnya udara (*all air central conditioning system*) adalah *central air*

handling unit (AHU). Komponen utama dari AHU umumnya dari koil pendingin (*cooling coil*), *fan*, motor *fan* dan filter udara.” (Djuhana, 2013)

“Udara yg didinginkan / dipanaskan di dalam unit disalurkan melalui *air-duct* menuju ke ruang-ruang akomodasi” (*operation manual book*, 2014).

Udara dingin digerakkan oleh *fan* masuk *air-ducting* / saluran udara (gambar 2.2) dan melalui *outlet* / lubang keluar udara masuk ke dalam ruangan. Udara dari dalam ruangan kembali ke *return outlet* (*grille* / lubang isap) (gambar 2.3) masuk ke *ducting return* (saluran kembali) dan melalui filter untuk pembersihan udara, masuk melewati celah-celah / permukaan *coil* evaporator (koil pendinginan), dan kembali digerakkan *fan* (kipas udara). Gambar diagram *air ducting* MV. Clipper brilliance diperlihatkan di daftar gambar nomor 2.4.

6. Secara umum kerusakan yang terjadi pada AC ada empat macam, yaitu sebagai berikut :
 - a. AC tidak dapat bekerja sama sekali.
 - b. AC bekerja namun pendinginannya kurang baik.
 - c. AC bekerja namun udara ruangan terlalu dingin.
 - d. AC bekerja tetapi timbul suara berisik yang mengganggu pendengaran (Daryanto, 2016).

Menurut kutipan tersebut kebisingan suara merupakan salah satu kerusakan umum yang terjadi pada *air conditioner*.

7. Pengertian bising dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP. 48/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan didefinisikan sebagai bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan.

Kebisingan didefinisikan sebagai suara yang tidak dikehendaki yang timbul dari berbagai peralatan–peralatan, baik peralatan industri ataupun rumah tangga yang dapat menimbulkan gangguan pada kesahatan, kenyamanan, dan gangguan pada pendengaran. Bising dalam kesehatan kerja diartikan sebagai

suara yang dapat menurunkan pendengaran baik secara kuantitatif (peningkatan ambang pendengaran) maupun secara kualitatif (penyempitan spektrum pendengaran), berkaitan dengan faktor intensitas, frekuensi, durasi dan pola waktu. Intensitas diartikan sebagai banyaknya arus energi yang diterima oleh pendengaran per satuan luas, biasanya disebut desibel atau ditulis dBA. Frekuensi diartikan sebagai jumlah getaran dalam tekanan suara yang diterima oleh pendengaran per satuan waktu (*Hertz per detik*). Durasi diartikan sebagai waktu dari suatu sumber suara atau bunyi yang diterima oleh pendengaran. Sedangkan pola waktu adalah seberapa sering pendengaran menerima suara atau bunyi. Namun secara sederhana kebisingan dapat didefinisikan sebagai suatu suara yang mengganggu orang yang sedang membaca atau mendengarkan musik, maka suara itu adalah kebisingan bagi orang itu meskipun mungkin orang lain tidak terganggu oleh suara tersebut.

8. Perawatan atau pemeliharaan pada sistem / komponen adalah suatu upaya yang dilakukan yang dilakukan untuk menjaga agar sistem / komponen tersebut dapat berfungsi atau beroperasi dengan baik sehingga dapat memenuhi target atau capaian hasil produksi yang diinginkan (Riswendi, 2010).

Menurut Soemarno Adibroto (2015), berbagai *system maintenance management* banyak ditemukan dan sudah banyak diaplikasikan sesuai dengan perkembangan dan bertujuan untuk mencapai keuntungan yang sebesar-besarnya. Semula orang hanya mengoperasikan sampai rusak, tentu sangat merugikan. Kemudian orang melakukan pemeliharaan berkala. Pemeliharaan *preventive* dikembangkan menjadi *prediktive* kemudian berkembang dan terus berkembang sesuai dengan kondisi yang menguntungkan. *proactive maintenance* dengan mengkombinasi system lain merupakan salah satu pilihan yang sedang dianut agar dapat menekan ongkos. Dengan metode ini ternyata telah menyelamatkan ribuan industri kecil maupun besar untuk keluar dari kesulitan.

a. *Breakdown Maintenance.*

Generasi ini berlangsung sekitar th 1940 s/d 1955, yaitu dari awal mulainya revolusi industri sampai usai perang dunia. Pada awalnya ada paham, bahwa membuat mesin harus kuat dan kokoh dengan *safety factor* sangat tinggi, maka akibatnya harga menjadi mahal. Konsepnya sebagai berikut : mesin dipasang dengan kurang cermat, kemudian dioperasikan terus-menerus dan tunggu sampai dengan rusak, kemudian baru diperbaiki atau diganti. Kelemahan : kerusakan biasanya sangat fatal dan penggantian tidak dapat di perkirakan atau tidak dapat dianggarkan. Keuntungan : ongkos pemeliharaan rutin kecil, tetapi kerugiannya ongkos untuk mengganti atau perbaikan mesin ternyata menjadi sangat mahal.

b. *Preventive Maintenance*

Generasi berikut berlangsung sekitar tahun 1955 s/d 1970. Dari pengalaman generasi sebelumnya bahwa kerusakan fatal sering terjadi yang memerlukan ongkos yang besar, maka orang lalu membuat rencana perawatan-pencegahan yang bertujuan untuk mencegah kerusakan yang lebih parah. Perawatan dilakukan secara berkala meliputi pengecekan, pengukuran atau penggantian part mesin, pembersihan serta penyetelan, *overhaul* mesin. Cara ini masih banyak kelemahan : mesin harus berhenti tidak berproduksi untuk *overhaul* atau penggantian bagian / *part* tertentu, padahal yang semestinya belum perlu diganti. Keuntungan : bahwa kerusakan yang lebih berat dapat dihindari, perbaikan mesin dapat direncanakan. Sedangkan kerugiannya antara lain : ongkos masih agak mahal akibat perawatan yang terlalu berlebihan.

c. *Predictive Maintenance*

Generasi yang lebih maju dan berlangsung sekitar tahun. 1970 s/d 1985. Sistem sebelumnya ternyata masih banyak kelemahan, yaitu periodenya bisa terlalu pendek atau terlalu lama. Jika terlalu pendek maka yang terjadi, bahwa mesin sewaktu di-*overhaul* ternyata kondisinya masih sangat baik, ini artinya pemborosan. Tapi jika periode terlalu lama maka bisa terjadi mesin rusak sebelum jatuh waktu perawatan sehingga harus ada cara atau upaya untuk menghemat biaya. Untuk menghindari hal tersebut di atas maka ditemukan cara yang mampu mendapatkan perkiraan atau prediksi kondisi mesin. Data yang dimonitor antara lain :

- 1) Pengukuran vibrasi, temperatur pada mesin rotasi.
- 2) Pengukuran tebal pada pipa, bejana bertekanan dll.
- 3) Pengukuran spesifikasi minyak pelumas.
- 4) Pengecekan alignment pada mesin rotasi.
- 5) Pengecekan kecepatan penipisan.
- 6) Pengecekan suhu, aliran dengan sinar infra-merah dll.

Dari hasil pengukuran kemudian dibuat statistik kecenderungan atau *trending* dan kemudian dapat menyimpulkan apa yang harus dilakukan dan kapan dilakukan. Rencana kerja dapat dibuat secara lebih akurat produksi dijadwal, suku cadang disediakan, tenaga kerja disiapkan.

d. *Proaktive Maintenance*

Sejak tahun 1985 model perawatan semakin canggih. Saat itu mulailah dibuat mesin-mesin yang dari waktu ke waktu semakin berteknologi tinggi, efisien, hemat, mudah dioperasikan. Mesin-mesin modern umumnya dibuat dengan sifat-sifat sebagai berikut :

- 1) RPM atau Putaran sangat tinggi .

- 2) Kecepatan produksinya sangat tinggi.
- 3) Mesin / peralatan bekerja secara otomatisasi.
- 4) Kapasitas besar tapi bentuk relative lebih kecil.
- 5) Tekanan / kecepatan / temperature sangat tinggi.
- 6) Instalasi harus tidak menimbulkan pencemaran lingkungan.
- 7) Tenaga kerja yang dibutuhkan lebih sedikit.

Keadaan instalasi industri memerlukan sistem perawatan yang terpadu, yaitu “paduan semua sistem-sistem” tersebut yang di sesuaikan dengan macam / kondisi mesin secara individu maupun secara instalasi industri. Artinya bahwa program & tindakan perawatan dilakukan sesuai dengan kebutuhan agar tercapai titik ekonomi yang optimal, yaitu aktivitas pemeliharaan tidak berlebihan dan tepat waktu. Ini berarti “memadukan semua sistem” yang disesuaikan. Umumnya dilengkapi dengan melakukan : *failure mode & effects analysis, root cause analysis, continue Improvement & Correction, redesign & Re-engineering*. Tujuan sistem ini diharapkan agar tercapai reabilitas tinggi, produksitas tinggi, kualitas memenuhi standar mutu , sesuai dengan keinginan pasar, dan dengan biaya cukup ekonomis.

Uraian singkat diatas merupakan bentuk pembahasan *maintenance management* mesin, tentu saja bentuk lain sangat banyak ragamnya.

Kombinasi :

Mesin mempunyai karakter yang berbeda-beda, sehingga harus diadakan analisa dengan sistem apa yang cocok untuk masing-masing mesin agar murah, mudah dan sesuai. Misalnya mesin / alat tertentu lebih murah jika kita tunggu sampai rusak barulah diganti, karena tidak mengganggu operasi pabrik. Jenis mesin lain memerlukan pemeriksaan berkala untuk menjaga kondisi tetap prima, dan mesin jenis yang lain bisa diprediksi kapan diadakan penggantian

partnya. Maka perlu mengadakan kombinasi sistem pemeliharaan dengan pertimbangan sifat mesin, operasi mesin, ongkos dan pertimbangan-pertimbangan lain.

9. Salah satu kegiatan perawatan mesin adalah pelumasan. Menurut Soemarno Adibroto (2015), *grease* atau gemok adalah produk atau dispersi padatan (*solid*) atau semifluida dari *thickening agent* dalam pelumas cair.

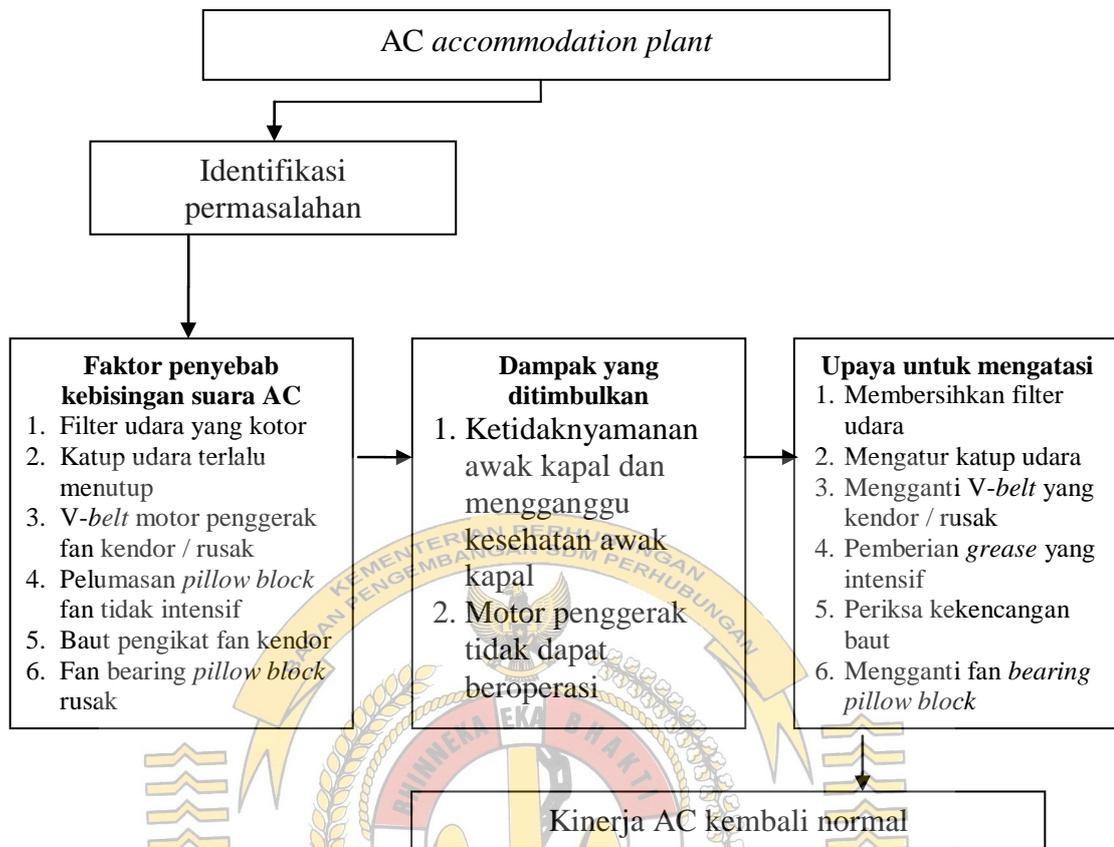
Dimana *grease* dipakai jika :

- a. Pelumas harus bertahan diposisinya (tidak berpindah).
- b. Kesempatan untuk relubrikasi terbatas atau terlalu mahal.
- c. Pelumas tidak perlu berfungsi sebagai pendingin atau untuk membersihkan sistem.
- d. Umumnya dipakai pada putaran mesin <5000 RPM

B. Kerangka Pikir Penelitian

Mesin *air conditioner* untuk ruang-ruang akomodasi menggunakan jenis AC *central* yaitu dikenal AC *accommodation plant*. Dalam pengoperasian AC *accommodation plant* setiap harinya di kapal, sering ditemukan gangguan-gangguan yang menyebabkan kurang optimalnya fungsi kerja dari mesin *air conditioner*.

Berdasarkan uraian batasan masalah, maka dapat dibuat kerangka pikir untuk memudahkan penyusunan dan menjaga penulisan agar sesuai dengan pokok pembahasan. Berikut bagan kerangka pikir dari pokok pembahasan yaitu terjadinya kebisingan suara pada AC *accommodation plant* merek ushio di MV. Clipper Brilliance.



Gambar 2.5 Bagan kerangka pikir

C. Pendekatan Metode *Fault Tree Analysis*

Mungkin sebagian besar *engineer* maupun calon *engineer* tidak asing dengan istilah *fault tree analysis*. Apalagi bagi seseorang yang berpengalaman menyelesaikan kasus berupa *troubleshooting*. Metode ini cukup efektif untuk mengetahui akar permasalahan yang akan diselesaikan. Secara teori, metode *fault tree analysis* dapat dijelaskan sebagai berikut.

Fault tree analysis adalah metode analisa, dimana terdapat suatu kejadian yang tidak diinginkan disebut *undesired event* terjadi pada sistem, dan sistem tersebut kemudian dianalisa dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya *undesired event* tersebut. (Svein Kristiansen, *Maritime Transportation Safety Management Risk Analysis*, 2004: 225).

Fault tree analysis adalah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*Root Cause*)³⁾.

3) Ibid

Fault tree analysis merupakan metode yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada satu titik kegagalan. *Fault tree analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana. Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi.

Konstruksi dari *fault tree analysis* meliputi gerbang logika yaitu gerbang *AND* dan gerbang *OR*. Setiap kegagalan yang terjadi dapat digambarkan ke dalam suatu bentuk pohon analisa kegagalan dengan mentransfer atau memindahkan komponen kegagalan ke dalam bentuk simbol (*logic transfer components*) dan *fault tree analysis*. (Chengi Kuo, *Safety Management and its Maritime Application*, 2007:130).

Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi. Kegagalan yang ada pada sistem bisa dikarenakan kegagalan pada komponennya, kegagalan pada manusia yang mengoperasikannya atau disebut juga *human error*, dan kejadian-kejadian di luar sistem yang dapat mengarah pada terjadinya *undesired event*. *Fault tree* dibangun berdasarkan pada salah satu *undesired event* yang dapat terjadi pada sistem. Hanya bagian-bagian tertentu dari sistem yang berhubungan beserta kegagalan-kegagalan yang ada, yang dipakai untuk membangun *fault tree*. Pada satu sistem bisa terdapat lebih dari satu *undesired event* dan masing-masing *undesired event* mempunyai representasi *fault tree* yang berbeda-beda yang disebabkan faktor-faktor atau bagian-bagian sistem dan kegagalan yang mengarah pada satu kejadian berbeda dengan lainnya. Pada *fault tree*, *undesired event* yang akan dianalisa disebut juga *top event*⁴⁾.

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

4) Ibid

terhadap keseluruhan sistem dengan menganalisa perubahan tersebut dengan kemungkinan nilai.

2. Kekurangan

- a. Pengalaman dan pengetahuan yang banyak diperlukan untuk membuat bangun pohon yang tepat. Kesalahan memasukkan sebuah masukan dapat menyebabkan memberikan hasil yang tidak benar
- b. Sulit untuk memilih gerbang logika yang paling tepat di saluran penghubung dan hal ini dapat menimbulkan secara luas variasi-variasi nilai yang di hasilkan.

Prinsip kerja metode *fault tree Analysis*.

1. Kegagalan sistem / kecelakaan.
2. FTA terdiri dari urutan peristiwa yang mengarah kepada kegagalan system / kecelakaan.
3. Membuat urutan peristiwa dengan menggunakan gerbang logika “and” atau “or” atau gerbang logika lainnya.
4. Kejadian di atas terdapat beberapa penyebab dan di tandakan 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, 2004).

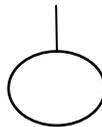
Simbol-simbol dan istilah yang digunakan dalam *fault tree analysis* adalah simbol kejadian, simbol gerbang dan simbol *transfer*. Berikut adalah bentuk dan simbol yang digunakan pada metode *fault tree analysis*.

1. Simbol Kejadian

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

Terdapat 5 simbol yaitu :

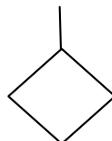
a. *Basic Event / Primary Event*



Gambar a.1 *Basic Event*

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

b. *Undeveloped Event*

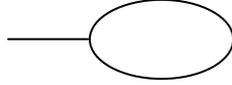


Gambar a.2 *Undeveloped Event*

Simbol wajik atau *diamond* ini untuk menyatakan *undeveloped event* atau kejadian tidak berkembang, yaitu suatu kejadian kegagalan tertentu yang

tidak dicari penyebabnya baik karena kejadiannya tidak cukup berhubungan atau karena tidak tersedia informasi yang terkait dengannya.

- c. *Conditioning Event*



Gambar a.3 *Conditioning Event*

Simbol oval ini untuk menyatakan *conditioning event*, yaitu suatu kondisi atau batasan khusus yang diterapkan pada suatu gerbang (biasanya pada gerbang *inhibit* dan *priority and*). Jadi kejadian *output* terjadi jika kejadian *input* terjadi dan memenuhi suatu kondisi tertentu.

- d. *External Event*



Gambar a.4 *External Event*

Simbol rumah digunakan untuk menyatakan *external event* yaitu kejadian yang diharapkan muncul secara normal dan tidak termasuk dalam kejadian gagal.

- e. *Intermediate Event*



Gambar a.5 *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 berhubungan dengan cara tertentu.

Simbol gerbang yaitu:

- a. Gerbang *OR*



Gambar b.1 Gerbang *OR*

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

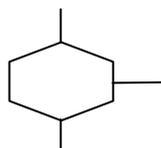
- b. Gerbang *AND*



Gambar b.2 Gerbang *AND*

Gerbang *AND* digunakan untuk menunjukkan kejadian *output* muncul hanya jika semua *input* terjadi.

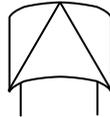
- c. Gerbang *INHIBIT*



Gambar b.3 *INHIBIT*

Gerbang *INHIBIT*, dilambangkan dengan segi enam, merupakan kasus khusus dari gerbang *AND*. *Output* disebabkan oleh satu *input*, tetapi harus memenuhi kondisi sebelum *input* dapat menghasilkan *output*.

d. Gerbang *EXCLUSIVE OR*



Gambar b.4 *EXCLUSIVE OR*

Gerbang *EXCLUSIVE OR* adalah gerbang *OR* dengan kasus tertentu, yaitu kejadian *output* muncul jika tepat satu kejadian ikut muncul.

e. Gerbang *PRIORITY AND* (prioritas)

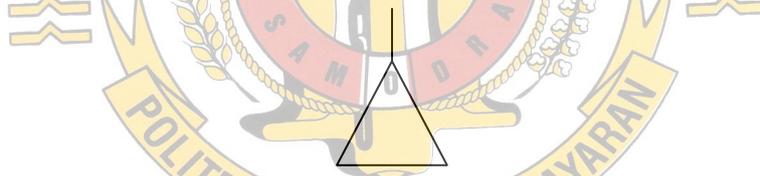


Gambar b.5 *PRIORITY AND*

Gerbang *PRIORITY AND* adalah gerbang *AND* dengan syarat dimana kejadian *output* muncul hanya jika semua kejadian *input* muncul dengan urutan tertentu.

3. Simbol *Transfer*

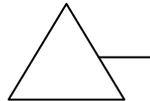
a. *Triangle-in*



Gambar c.1 *Triangle-in*

Triangle-in atau *transfers-in*, titik dimana *sub-fault tree* bisa dimulai sebagai kelanjutan pada *transfers out*.

b. *Triangle Out*



Gambar c.2. *Triangle Out*

Triangle out atau *transfers out*, titik dimana *fault tree* dipecah menjadi *sub-fault tree*.⁵