

BAB II

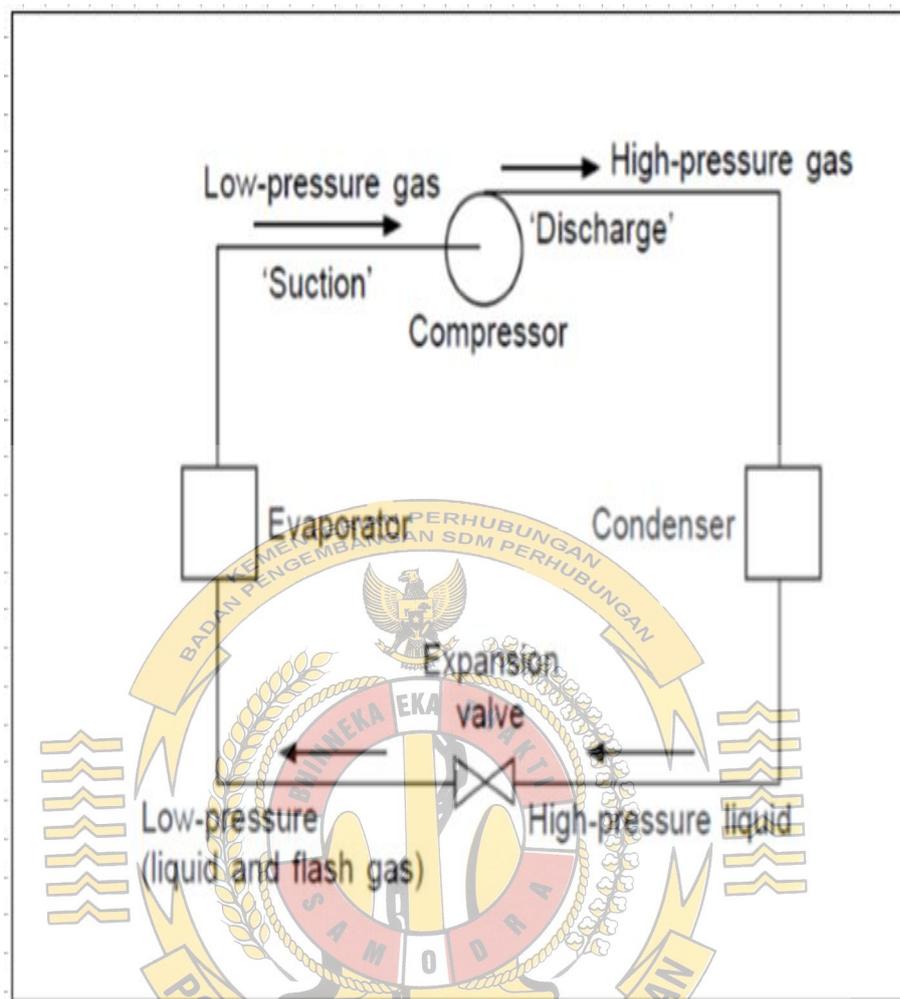
LANDASAN TEORI

A. Tinjauan pustaka

Landasan teori digunakan sebagai sumber teori yang dijadikan dasar dari pada penelitian. Sumber tersebut memberikan kerangka atau dasar untuk memahami latar belakang dari timbulnya permasalahan secara sistematis. Landasan teori juga penting untuk mengkaji dari penelitian-penelitian yang sudah ada. Pada bab ini diuraikan landasan teori yang berkaitan dengan judul "Identifikasi Kerusakan *Compressor* pada *Refrigerator* yang Menyebabkan tidak Optimalnya Proses Pendingin Bahan Makanan dengan Metode FTA di MV.Energy Midas". Dalam deskripsi teori ini akan dibahas secara berturut-turut berbagai tinjauan kepustakaan mengenai: pengertian *refrigerator*, *compressor*, kondensor, *evaporator*, *expansion valve*, *dryer*, *solenoid valve*, *oil separator*, *oil pressure switch*, *fault tree analysis*.

1. Pengertian *refrigerator*

Pengertian dari mesin pendingin (*refrigerator*) ialah suatu mesin atau pesawat yang mampu bekerja untuk menghasilkan suhu atau temperatur dingin (temperatur rendah). Fungsi utama dari mesin pendingin yaitu untuk mengambil panas yang tidak diperlukan dari suatu ruangan, kemudian panas tersebut dipindahkan ke tempat lain di luar ruangan yang tidak mengganggu. Kerja tersebut dapat dilakukan dengan mengalirkan refrigerant yang bersirkulasi di dalam sistem pendingin. Dalam sistem pendingin perubahan wujud zat terjadi, karena adanya perbedaan tekanan, sehingga media pendingin dapat bersirkulasi.



Sumber : G F Hundy,dkk, 2016, dalam buku *Refrigerator, Air Conditioning and Heat Pumps*

Gambar 2.1

Sirkulasi pendinginan pada mesin pendingin (*refrigerator*).

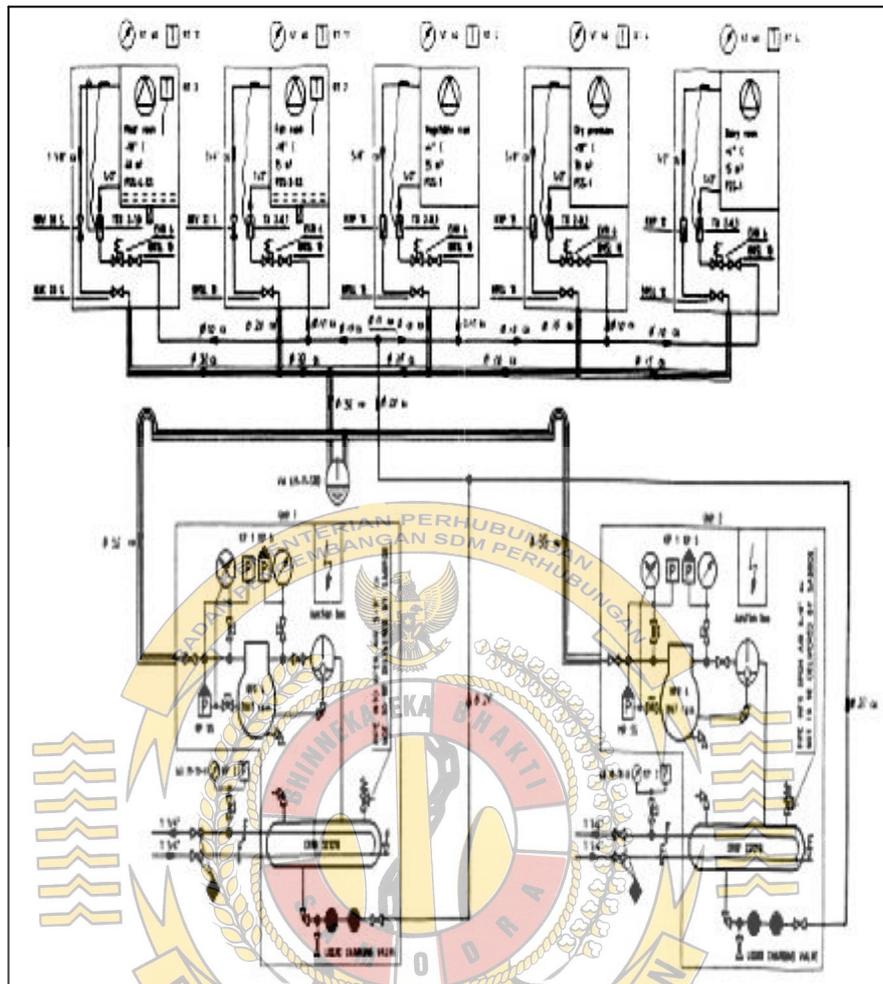
Pembagian tekanan kerja dalam sirkulasi pendinginan:

a. Tekanan tinggi

Pada daerah ini media pendingin berwujud cair dan gas, daerah ini mulai dari setelah katup tekan *compressor*, kondensor sampai katup ekspansi.

b. Tekanan rendah

Pada daerah ini media pendingin juga berwujud cair dan gas, daerah ini mulai katup ekspansi, *evaporator* sampai katup isap *compressor*.



Sumber: *Instruction Manual Book Provision Refrigerant Plant.*

Gambar 2.2

Diagram for provision refrigerant plant.

Dalam sistem mesin pendingin yang ada sekarang ini, banyak peralatan yang dipasang untuk menunjang kelancaran kerja dan efisiensi dalam pemakaian. Dengan adanya peralatan-peralatan tersebut, kerja mesin semakin maksimal. Alat-alat yang ada dalam sistem pendinginan adalah: *compressor*, *kondensor*, *oil separator*, *dryer*, *katup ekspansi*, *evaporator* dan alat-alat kontrol otomatis.

2. Pengertian *compressor*

Menurut William C. Whitman, dkk (2013: 47), *compressor* merupakan jantung dari sistem pendinginan. Sebuah pompa panas melalui sistem dalam bentuk *refrigerant* panas. Sebuah *compressor* dapat dianggap sebagai pompa uap, yang berfungsi mengurangi tekanan pada sisi tekanan

rendah dari sistem, yang meliputi *evaporator*, dan meningkatkan tekanan pada sisi tekanan tinggi dari sistem. Perbedaan tekanan ini adalah yang menyebabkan *refrigerator* mengalir melalui sistem. Semua *compressor* dalam sistem pendingin melakukan fungsi ini dengan mengompresi *refrigerant* uap. kompresi ini bisa dicapai dalam beberapa cara dengan berbagai jenis *compressor*. *compressor* yang paling umum digunakan di air conditioning plant dan *refrigerant plant* adalah *reciprocating*, *rotary*, dan gulir.

Sistem pelumasan *compressor* ada dua macam :

a. Pada *compressor* kecil cukup dengan pelumasan percikan.

Pelumasan pada *compressor* jenis *piston* dengan cara percikan, ruang engkolnya diisi minyak lumas sampai pada permukaan bagian bawah *main bearing* sehingga pada setiap putaran poros engkol akan menyipratkan minyak lumas ke dinding *silinder liner*, ke pena torak dan lainnya.

b. Pada *compressor* besar dengan pelumasan tekan (paksa).

Sedangkan pada *compressor* jenis yang sama dengan sistem pelumasan tekan proses penekanan minyak lumas ke *main bearing*, ke *connecting rod bearing* dan lain sebagainya dilakukan dengan menggunakan bantuan pompa, pompa dipasang pada ujung poros engkol dan akan menghisap minyak lumas dari *carter* melalui saringan minyak, tekanan minyak lumas dapat diatur dengan pegas *klep* kelebihan atau *over flow valve*.

Sumanto (1994: 5-10) menjelaskan bahwa *compressor* unit terdiri dari motor penggerak dan *compressor*. *compressor* bertugas untuk menghisap dan menekan media pendingin sehingga media pendingin (*refrigerant*) beredar dalam unit mesin pendingin, sedangkan motor penggerak bertugas memutar *compressor* tersebut.

Ditinjau dari cara penggerakannya *compressor* unit dibagi atas :

a. Jenis unit terbuka

Pada unit ini *compressor* dan motor penggerak masing-masing berdiri sendiri dan untuk memutar *compressor* dipergunakan ban (*v-belt*), motor penggeraknya biasanya adalah motor listrik atau disel.

b. Semi hermetic unit (*unit semi hermatis*)

Pada unit ini *compressor* dan motor listrik juga berdiri sendiri-sendiri, tetapi dihubungkan sehingga seolah-olah menjadi satu bagian. Untuk memutar *compressor*, poros motor listrik dihubungkan dengan poros kompresornya langsung.

c. Hermetic unit (*unit hermatis*)

Pada unit ini *compressor* dan motor listrik benar-benar menjadi satu unit yang tertutup rapat. Kelemahannya jika terjadi kerusakan pada *compressor* atau motor listrik sulit untuk diperbaiki. Keuntungannya ialah bahwa bentuknya dapat menjadi lebih kecil, tidak banyak memakan tempat, harganya relatif murah, cocok sekali untuk *compressor-compressor* pada *domestic refrigerator* (dayanya kecil). Fungsi unit *compressor* jenis 1, 2 dan 3 adalah sama yaitu untuk mengedarkan *refrigerant* dalam unit mesin pendingin agar dapat berlangsung proses pendinginan.

Compressor pada *refrigerator* adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menaikkan tekanan *refrigerator* dan menyalurkan gas *refrigerator* ke seluruh *system refrigerator*. Jika dianalogikan, cara kerja *compressor* pada *refrigerator* layaknya seperti jantung di tubuh manusia. *compressor* memiliki 2 pipa, yaitu pipa hisap dan pipa tekan dan memiliki 2 daerah tekanan, yaitu tekanan rendah dan tekanan tinggi.

Didalam *compressor* terdapat susunan torak dengan ukuran kecil umumnya dibuat dari tuangan tunggal sedangkan torak dengan

ukuran besar disusun dari dua bagian atau lebih. Bagian yang terpenting yaitu :

1) Susunan torak

a). Bagian atas torak (*piston crown*)

Menurut P. Van Maanen (1983: 5.24) "Bagian tersebut menampung gaya pegas yang disalurkan pada pena torak atau batang torak. Materialnya adalah baja tempa atau baja tuang. Pada bagian ini berisi alur annular untuk *piston ring*".

b). Cincin hantar (*Piston ring*)

Menurut P. Van Maanen (1983: 5.24) Bagian atas torak tidak diizinkan mengenai dinding silinder karena bagian tersebut sangat berpengaruh oleh perubahan *thermis*. Selain itu pembentukan bram pada jarak Adakalanya dibagian tersebut ditempatkan cincin jalan yang dibuat dari bahan campuran timah hitam-bronze : cincin tersebut menonjol beberapa per sepuluh milimeter diantara cincin hantar. Pada torak trunk bagian penghantar tersebut relatif besaar dibandingkan pada torak motor kepala silang, oleh sebab itu gaya samping juga lebih besar dan mencegah agar torak tidak mengandalkan gerakan yang mengoleng supaya torak dapat bergerak sebebaskan-bebasnya haruslah ada celah dengan silinder dan dilumasi dengan maksimal.

antara pegas torak untuk tujuan tersebut, maka diatas bagian torak ditempatkan sebuah cincin hantar atau cincin mantel dengan diameter lebih besar yang menumpu pada dinding silinder.

c). Bagian bawah torak (*piston skirt*)

Menurut P. Van Maanen (1983: 5.24) *Piston skirt* adalah bagian terbawah dari *piston*, sedangkan *piston skirt* hanya terdapat pada motor diesel 2 tak dengan pembilasan pintu, sewaktu dalam kedudukan titik mati atas (TMA) *piston skirt* harus tetap dapat menutup pintu-pintu pemasukan udara yang terdapat pada dinding silinder, sehingga udara tidak dapat masuk kedalam ruang pembakaran yang akan mengakibatkan ketidak sempurnaan dalam pembakaran, dikarenakan kebocoran.

2) *Piston*

Berbagai bahan yang digunakan untuk *piston*. Besi tuang (saat ini menjadi *sperodial graphitic*), baja tempa dan baja tuang

adalah bahan yang lebih disukai pada mahkota *piston* Mesin *Diesel*.

Bahan yang mengombinasikan kekuatan dan hambatan keausan, ketebalan dapat dijaga pada tingkat minimum untuk meningkatkan transfer panas dan minimalisasi keretakan *thermal* dan distorsi. Tambahan kekuatan diperlukan pada bagian yang tipis dengan memperkuat kerangka.

Pendinginan *piston* yang intensif diperoleh dengan dampak pengocokan *cocktail* pada air. Dengan udara yang terdapat pada *piston* (berasal dari *system telekospik*, diperlukan bantalan dan pencegahan *water hammer*) bersama air, dampak inersia berpasangan dengan bentuk kerucut yang dimasukkan timah untuk menjaga keefektifan pendinginan dengan aliran sekunder seperti engkol sehabis TMA.

Diklam bahwa suhu logam pada daerah terpanas di wilayah terpanas dapat diturunkan sampai dengan 40°C. Harus diingat bahwa pada kecepatan rendah dampak kocokan pendinginan akan turun, sehingga direkomendasikan mesin seharusnya tidak beroperasi pada waktu yang lama saat kecepatan diturunkan. Mesin dengan laju pendinginan minyak sedang pada piston umumnya Digunakan (Morton, 1985: 51-53)

3) *Ring piston*

Sifat yang diperlukan dari cincin *piston* adalah sebagai berikut :

- a) Kekuatan mekanik yang baik, tidak mudah pecah
- b) Ketahanan yang tinggi terhadap keausan dan korosi
- c) Pelumasan sendiri
- d) Harus tahan terhadap suhu tinggi

- e) Harus dapat mempertahankan ketegangan dengan baik
 - f) Jadilah kompatibel dengan bahan silinder *liner*.
- 4) Kegagalan *piston* akibat beban *thermal*

Pada suhu kerja normal, permukaan *piston* dan silinder *liner* harus *parallel*. Karenanya terdapat lonjakan suhu dari atas ke dasar *piston*, ketentuan harus dibuat selama pembuatan pada *clearance* bagian atas dinding yang lebih kecil dari dasar. Lonjakan suhu umumnya *non linear* dan distorsi termal menghasilkan tegangan tarik pada dinding dalam *piston* keluar dengan demikian menurunkan tegangan tarik. Tegangan tarik yang bervariasi pada beban panas yang tinggi dapat menyebabkan keretakan yang menyebar dari bagian *piston* ke alur *ring piston*. (Morton, 1985: 54)

3. Kondensor

Kondensor merupakan perangkat pertukaran panas yang mirip dengan *evaporator*. Kondensor mempunyai fungsi yaitu untuk memproses merubah bentuk media pendingin dari bentuk uap jenuh menjadi bentuk cair dengan cara pendinginan. Selain itu kondensor juga berfungsi untuk menampung cairan media pendingin hasil proses kondensasi (Amad Narto, 2014).

Dengan menyerap panas dari media pendingin yang berupa uap (gas). Dimana air laut atau air tawar sebagai pengkondensasi media pendingin yang berupa uap tersebut sehingga setelah terjadi proses tersebut media pendingin akan berubah wujud menjadi cair.

4. Evaporator

Menurut G F Hundy, dkk (2016: 121) , tujuan dari *evaporator* adalah untuk menerima tekanan rendah, suhu rendah cairan dari katup ekspansi

dan membawanya di dekat kontak thermal dengan beban. *Refrigerator* mengambil panas latennya dari beban dan meninggalkan gas kering pada *evaporator*. *Evaporator* diklasifikasikan menurut pola aliran *refrigerator* dan fungsi mereka.

Fungsi *evaporator* adalah untuk menyerap panas dari udara atau benda di dalam mesin pendingin dan mendinginkannya. Kemudian membuang kalor tersebut melalui kondensor diruang yang tidak diinginkan. *Compressor* yang sedang bekerja menghisap bahan pendingin gas dari *evaporator*, sehingga tekanan di dalam *evaporator* menjadi rendah dan *vacum*. *Evaporator* fungsinya kebalikan dari kondensor, yaitu tidak membuang panas kepada udara di sekitarnya, tapi mengambil panas dari udara di dekatnya.

5. *Expansion valve*

Menurut G F Hundy, dkk (2016:135), tujuan dari *expansion valve* adalah mengontrol aliran *refrigerator* dari sisi tekanan tinggi dari sistem kondensasi ke dalam *evaporator* yang bertekanan rendah. Katub *expansi* adalah salah satu garis pembagian antara sisi tekanan tinggi dari sistem dan sisi tekanan rendah dari sistem.

Expansion valve adalah alat yang digunakan untuk mengatur jumlah cairan *refrigerator* yang masuk ke dalam *evaporator*. Alat ini terletak di antara *evaporator* dan kondensor. *Refrigerator* yang keluar dari kondensor mempunyai suhu dan bertekanan tinggi. Sedangkan *refrigerator* yang masuk ke dalam *evaporator* harus memiliki suhu dan tekanan rendah.

6. **Komponen bantu**

a. *Dryer*

Menurut G F Hundy, dkk (2016: 158), dengan *halocarbons* dalam filter *dryer* berfungsi untuk mengurangi kadar air dalam *refrigerator* dengan pengeringan dalam sistem. Bentuk umum dari kapsul kering yaitu dengan pengering padat seperti diaktifkan alumina atau *zeolit* (saringan molekuler) dan terletak di garis cair di atas *expansion valve*. Kapsul ini harus memiliki saringan untuk mencegah hilangnya zat pengering ke dalam rangkaian sehingga membentuk filter kering yang efektif untuk juga melindungi lubang katup dari kerusakan *fine debris* (garis-garis puing).

b. *Oil separator*

Oil separator adalah salah satu komponen instalasi mesin pendingin yang berfungsi sebagai untuk memisahkan antara gas pendingin dengan minyak pelumas yang dibawa gas pendingin (Amad Narto, 2014).

c. *Electric selenoid valve*

Selenoid valve adalah alat yang berfungsi untuk mengatur suhu kamar pendingin, dengan cara diatur oleh *thermostatic switch* yang mempunyai tabung pengontrol yang letaknya didalam kumparan atau *coil*, maka timbulah lapangan magnet yang akan menarik *plunger* besi lunak ke atas untuk kemudian mengangkat klep jarum. Kemudian *freon* mengalir ke *evaporator* dan melalui katub tersebut.

d. *Oil pressure switch*

Oil pressure switch adalah fungsi kontrol untuk menghentikan *compressor* ketika tekanan minyak yang dikembangkan oleh pompa jatuh di bawah tingkat tertentu, atau tekanan gagal mencapai tingkat maksimum yang ditentukan (G F Hundy, dkk, 2016).

Sistem kerja dari *oil pressure switch* yaitu pengoperasian *oil cut out* menunjukkan kondisi yang tidak aman dan seperti kontrol yang dibuat

dengan *switch* tangan ulang. Kontak pada saklar dapat digunakan untuk mengoperasikan alarm untuk memperingatkan kerusakan tersebut. Beberapa *compressor* menawarkan sistem perlindungan *oil elektronik* yang menyediakan fungsionalitas lebih, dan mempertahankan opsi tangan *reset*. *Oil pressure switch* digunakan untuk memastikan bahwa *compressor* memiliki tekanan minyak ketika beroperasi. Jika tekanan minyak *compressor* turun drastis, *compressor* akan mati secara otomatis. Hal ini untuk keamanan *compressor* agar tidak terjadi kerusakan fatal.

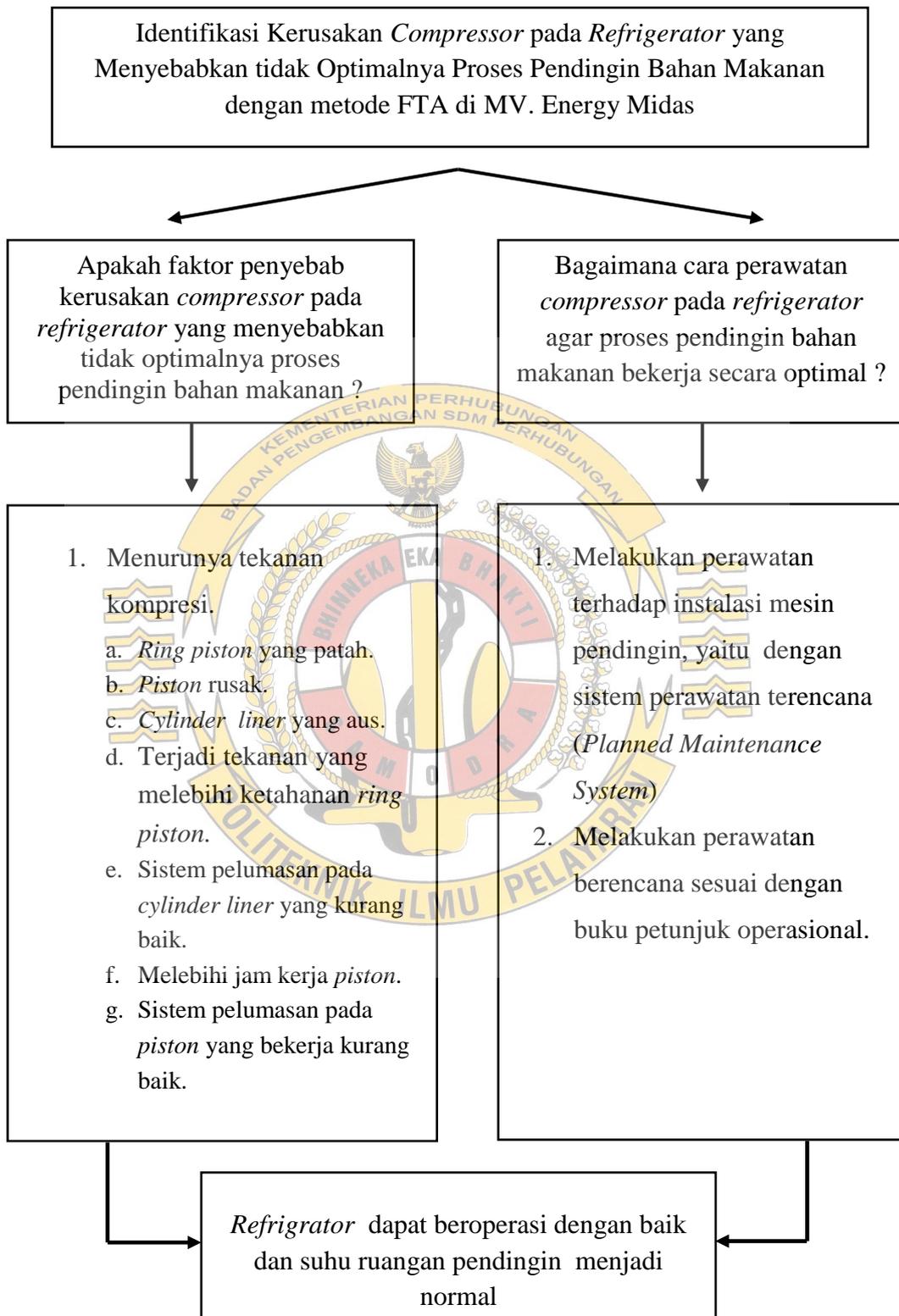
7. Metode *fault tree analysis*

a. Pengertian *fault tree analysis*

Fault tree adalah model yang memungkinkan untuk menyorot kombinasi logis dari kesalahan yang dapat menyebabkan peristiwa utama yang saling berkaitan selanjutnya peristiwa itu disebut *top event*. Representasi grafis yang mengambil bentuk pohon kesalahan. Secara umum, peristiwa ini membawa kerusakan yang signifikan yang sebelumnya telah diidentifikasi melalui metode lain *Preliminary Hazard Analysis (PHA)*, *Failure Mode And Effects Analysis (FMEA)*, *Hazard and Operability Study (HAZOP)* dan sebagainya. Pendekatan pohon kegagalan ini untuk menganalisis secara lebih rinci dengan kombinasi *event* dasar yang dapat menyebabkan suatu kejadian untuk menilai kemungkinan bahwa peristiwa seperti itu mungkin terjadi dan untuk mencerminkan pada posisi *safety barriers* (Jean Marie Flaus, 2013).

Fault tree analysis digunakan untuk mengidentifikasi suatu resiko yang berperan akar pohon dalam menyelesaikan masalah atau kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*top event*), kemudian akan merinci dan menjadi sebab-sebab suatu *top event* kemudian sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*).

B. Kerangka pikir penelitian



Gambar 2.13. Kerangka pikir penelitian

C. Definisi oprasional

Saat penulis praktek laut di MV. Energy Midas, faktor yang menyebabkan kerusakan *compressor* pada *refrigerator* yang menyebabkan tidak optimalnya proses pendingin bahan makanan, yaitu:

1. Pelumasan yang tidak optimal

Pelumasan merupakan salah satu faktor yang sangat berfungsi untuk mengurangi gesekan, mengurangi keausan, mencegah korosi dan memindahkan panas serta masih banyak fungsi lainnya. Bagian-bagian *compressor* yang memerlukan pelumasan adalah bagian-bagian yang *Compressor* berfungsi untuk menghisap dan menekan media pendingin sehingga media pendingin (*refrigerant*) beredar dalam unit mesin pendingin, sedangkan motor penggerak bertugas memutar *compressor* tersebut. Pada bergerak saling meluncur seperti ring piston, silinder, torak, metal-metal, bantalan batang penggerak dan bantalan utama. Jika komponen yang memerlukan pelumasan tidak terpenuhi maka terjadi keausan yang lama kelamaan terjadi kerusakan bahkan terjadi kepatahan pada ring piston, goresan pada silinder serta komponen lain seperti yang memerlukan pelumasan.

2. *Filter dryer*

Filter dryer berfungsi untuk mengurangi kadar air dalam *refrigerator* dengan pengeringan dalam sistem. Bentuk umum dari kapsul kering yaitu dengan pengering padat seperti diaktifkan alumina atau *zeolit* (saringan molekuler) dan terletak di garis cair di atas *expansion valve*. Kapsul ini harus memiliki saringan untuk mencegah hilangnya zat pengering ke dalam rangkaian sehingga membentuk filter kering yang efektif untuk juga melindungi lubang katup dari kerusakan *fine debris* (garis-garis puing).