

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Suatu Metode getaran yang merupakan salah satu metode untuk mengetahui apakah suatu alat masih layak berfungsi secara ideal tanpa mengalami perubahan yang cukup signifikan. Mesin Refrigeration yang terdapat pada laboratorium prestasi Mesin Universitas HKBP Nommensen yang telah banyak mengalami perubahan baik putaran pada pompa air maupun tekanan yang dihasilkan kompresor serta sirkulasi besarnya kapasitas, maupun getaran yang ditimbulkan oleh elektromotor sebagai motor penggerak. Walaupun banyak terdapat kelebihan dan kehandalan dari Mesin refrigeration ini tetapi masih sering dijumpai kegagalan pengoperasian yang terjadi yang disebabkan oleh kurang baiknya suplai air yang dihasilkan pompa, kesalahan waktu pembukaan katup serta jumlah kapasitas air yang diatur baik yang masuk maupun yang keluar dari proses pengoperasian, mesin refrigeration yang tidak seimbang.

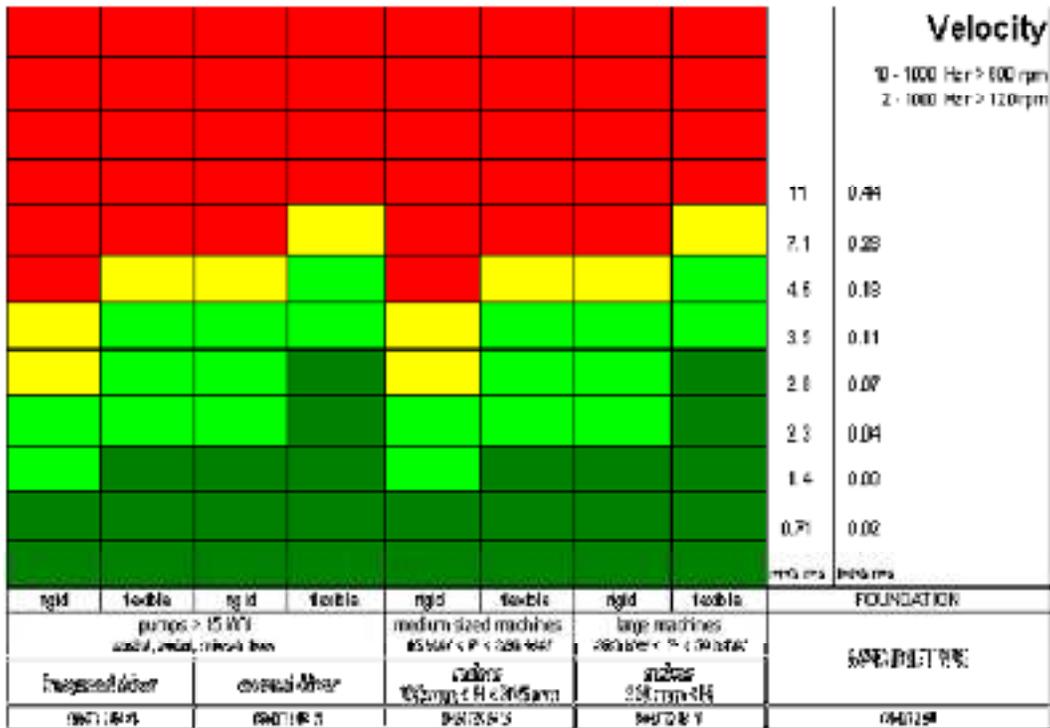
Untuk itu diperlukan penelitian yang lebih untuk melihat apakah alat mesin refrigeration tersebut masih layak dipergunakan sebagai bahan percobaan mahasiswa baik dari segi pengoperasian dan hasil akhir dari proses baik ditinjau dari getaran yang ditimbulkan dimana getaran itu dapat menjadi indikator kinerja dari mesin tersebut.. Beberapa gejala kegagalan pada mesin refrigeration tersebut dapat dirasakan dari beberapa analisa seperti analisa vibrasi, serta analisa keausan peralatan.

Dari latar belakang keadaan diataslah maka dipandang perlu kiranya perlu dilakukan suatu penelitian Kaji Eksperimental Mesin refrigeration Terhadap kapasitas aliran masuk evaporator dengan arah vertikal , horizontal dan longitudinal berdasarkan time domain

## 1.2 Perumusan Masalah

Walaupun penggunaan Mesin refrigeration semakin maju namun sampai saat ini sangat sulit untuk mencari standard vibrasi untuk Mesin refrigeration, bahkan pabrik pembuat Mesin refrigeration tidak memberikan standard vibrasi dari Mesin refrigeration buatannya. Sehingga Standart ISO 10816-3 untuk standart getaran dapat dijadikan sebagai acuan yang dapat dilihat pada

Gambar 1.1



Gambar 1.1 Standart ISO 10816-3 untuk getaran. (Dynaseq,2006]

Dari Gambar 1.1 dapat dilihat bahwa sesuai standart ISO 10816-3 untuk getaran dikategorikan kepada 4 zona yaitu :

1. Zona A berwarna hijau, getaran dari mesin sangat baik dan dibawah getaran yang diijinkan.
2. Zona B berwarna hijau muda, getaran dari mesin baik dan dapat dioperasikan tanpa larangan.
3. Zona C berwarna kuning, getaran dari mesin dalam batas toleransi dan hanya dioperasikan dalam waktu terbatas.
4. Zona D berwarna merah, getaran dari mesin dalam batas berbahaya dan dapat terjadi kerusakan sewaktu-waktu.

Adapun cakupan penelitian yang penulis lakukan meliputi :

1. Pengukuran vibrasi pada Mesin refrigeration pada daerah Daerah vertical, horizontal dan longitudinal berdasarkan time domain
2. Pengukuran pada daerah kompresor dan landasan
3. Pemeriksaan sistem operasi Mesin refrigeration secara keseluruhan .

### **1.3 Tujuan penelitian.**

#### **1.3.1. Tujuan Umum**

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kolerasi “Analisa Karakteristik Mesin Refrigeration Terhadap Kapasitas Aliran Masuk Evaporator 200 L/h, 400 L/h, 600 L/h, Berdasarkan Time Domain Arah Vertical, Horizontal, Longitudinal” .

#### **1.3.2. Tujuan Khusus**

1. Mendapatkan besarnya vibrasi Mesin refrigeration berupa data :
  - a. Simpangan
  - b. Kecepatan
  - c. Percepatan

2. Verifikasi hasil eksperimen .

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini merupakan suatu upaya nyata dari pihak perguruan tinggi dalam memberikan informasi kepada dunia industri tentang Mesin refrigeration.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi tentang pengujian getaran pada Mesin refrigeration serta memberikan informasi kepada dunia industri yang menggunakan pemanfaatan Mesin refrigeration sebagai indikator perawatan atau maintenance.
2. Memberikan masukan kepada pembuat Mesin refrigeration untuk memberikan data vibrasi dari Mesin refrigeration yang diproduksi sebagai acuan perawatan .
3. Untuk mengetahui masih layakkah alat Mesin refrigeration yang dipergunakan sebagai alat percobaan dilaboratoriumPrestasi Mesin.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Getaran Bebas (Free Vibration)

Getaran bebas terjadi jika sistem berosilasi karena bekerjanya gaya yang ada dalam sistem itu sendiri (inherent) dan apabila tidak ada gaya luar yang bekerja.

Secara umum gerak harmonik dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$X = A \sin 2\pi t / \tau \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana : A adalah amplitudo osilasi yang diukur dari posisi setimbang massa.

$\tau$  adalah priode dimana gerak diulang pada  $t = \tau$ .

Gerak harmonik sering dinyatakan sebagai proyeksi suatu titik yang bergerak melingkar dengan kecepatan yang tetap pada suatu garis lurus seperti terlihat pada gambar 2.1 dengan kecepatan sudut garis OP sebesar  $\omega$ , maka perpindahan simpangan x dapat dituliskan sebagai :

$$x = A \sin \omega t \dots\dots\dots (2.2)$$

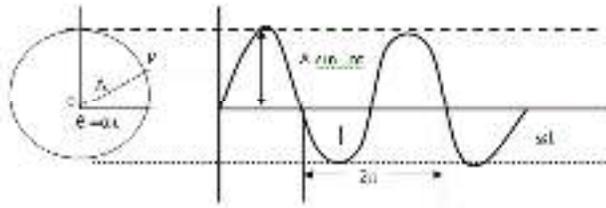
Oleh karena gerak berulang dalam  $2\pi$  radian, maka didapat

$$\omega = 2\pi / T = 2\pi \cdot f \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan menggunakan notasi titik untuk turunannya, maka didapat :

$$\dot{x} = \omega A \cos \omega t = \omega A \sin (\omega t + \pi/2) \dots\dots\dots(2.4)$$

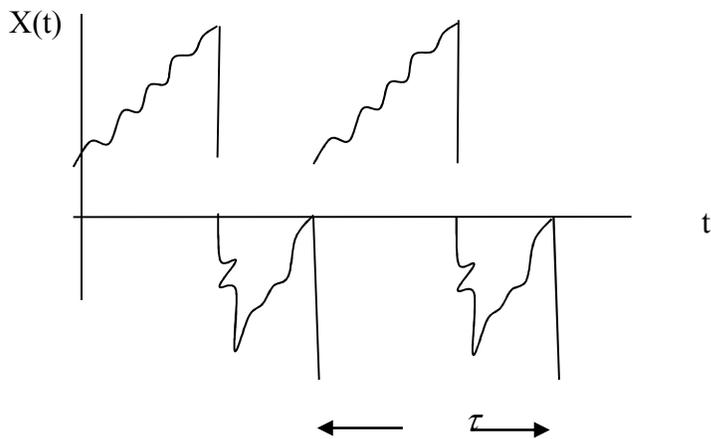
$$\ddot{x} = -\omega^2 A \sin \omega t = -\omega^2 A \sin (\omega t + \pi) \dots\dots\dots (2.5)$$



Gambar.2.1. Gerak harmonik sebagai proyeksi suatu titik yang bergerak pada lingkaran.

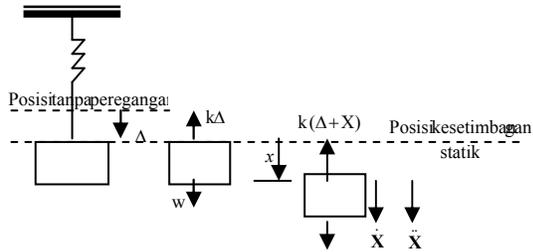
Sistem yang bergetar bebas akan bergetar pada satu atau lebih frekwensi naturalnya yang merupakan sifat dinamika yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekakuannya.

Pada getaran biasanya beberapa frekwensi yang berbeda ada secara bersama-sama. Sebagai contoh, getaran dawai biola terdiri dari frekwensi dasar  $f$  dan semua harmoniknya  $2f$ ,  $3f$  dan seterusnya.. Contoh lain adalah getaran bebas sistem dengan banyak derajat kebebasan, dimana getaran pada tiap frekwensi natural memberi sumbangannya. Getaran semacam ini menghasilkan bentuk gelombang kompleks yang diulang secara periodik seperti gambar berik



Gambar.2.2. gerak periodik dengan periode  $\tau$ .

Berkaitan dengan latar belakang diatas, penelitian ini mengkaji tentang analisa merupakan sifat dinamika yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekakuannya.



Gambar 2.3. Sistem pegas-massa dari diagram benda bebas

Hukum Newton kedua adalah dasar pertama untuk meneliti gerak system, pada gambar 2.3 terlihat perubahan bentuk pegas pada posisi kesetimbangan adalah  $\Delta$  dan gaya pegas adalah  $k\Delta$  yang sama dengan gaya gravitasi yang bekerja pada massa  $m$ .

$$K\Delta = w = mg \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Hukum Newton II untuk gerak pada massa  $m$  :

$$m \ddot{x} = \Sigma F = w - k(\Delta + x) \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Dan karena  $k\Delta = w$ , maka diperoleh :

$$m \ddot{x} = - kx \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

Frekwensi lingkaran  $\omega_n^2 = k/m$ , sehingga persamaan (2.8) dapat ditulis :

$$\ddot{x} + \omega_n^2 x = 0 \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Sehingga persamaan umum persamaan differensial linier orde kedua yang homogen :

$$X = A \sin \omega_n t + \beta \cos \omega_n t \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

Periode natural osilasi dibentuk dari

$$\omega_n \tau = 2\pi \text{ atau } \tau = 2\pi \sqrt{m/k} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

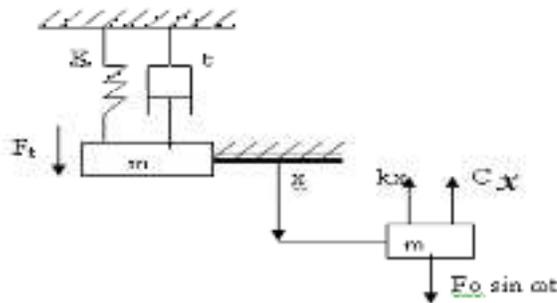
dan frekwensi natural adalah :

$$f_n = 1 / \tau = 1/2 \pi \sqrt{k/m} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

## 2.2 Getaran Paksa (Forced Vibration)

Eksitasi harmonik sering dihadapi dalam sistem rekayasa yang biasanya dihasilkan oleh ketidakseimbangan pada mesin –mesin yang berputar. Eksitasi harmonik dapat berbentuk gaya atau simpangan beberapa titik dalam sistem.

Getaran yang terjadi karena rangsangan gaya luar disebut getaran paksa.



Gambar 2.4. Sistem yang teredam karena kekentalan dengan eksitasi harmonik.

Persamaan differensialnya adalah

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \sin \omega t \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

Solusi khusus persamaan keadaan tunak (steady state) dengan frekwensi  $\omega$  yang sama dengan frekwensi eksitasi dapat diasumsikan berbentuk :

$$x = X \sin (\omega t - \Phi) \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan  $x$  adalah amplitude osilasi dan  $\phi$  adalah perbedaan fase simpangan terhadap gaya eksitasi, sehingga diperoleh :

$$x = \frac{f_0}{\sqrt{(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2}} \quad \dots\dots\dots(2.15)$$

dan

$$\phi = \tan^{-1} \cdot \frac{c\omega}{k - m\omega^2} \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan membagi pembilang dan penyebut persamaan (2.15) dan (2.16) dengan  $k$ , akan diperoleh :

$$x = \frac{F_0/k}{\sqrt{(1 - m\omega^2/k)^2 + (c\omega/k)^2}} \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\tan \phi = \frac{c\omega/k}{1 - m\omega^2/k} \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

Persamaan-persamaan selanjutnya dapat dinyatakan dalam besaran-besaran sebagai berikut :

$$\omega_n = \sqrt{k/m} = \text{frekwensi osilasi tanpa redaman.}$$

$$C_c = 2 m \omega_n = \text{redaman kritis.}$$

$$\zeta = C / C_e = \text{factor redaman}$$

$$C\omega / k = C / C_e = C_e \omega / k = 2 \zeta = \frac{\omega}{\omega_n}$$

Jadi persamaan amplitudo dan fasa yang non dimensional akan menjadi :

$$\frac{Xk}{F_0} = 1 / \sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right)^2 + \left(2 \zeta \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right)^2} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$\tan \varphi = \frac{2\zeta(\omega / \omega_n)}{1 - (\omega / \omega_n)^2}$$

### 2.3. Landasan Teori Pengujian Getaran Mesin Dan Pengolahan Data *Vibrasi*

#### 2.3.1 Data Domain Waktu (Time Domain)

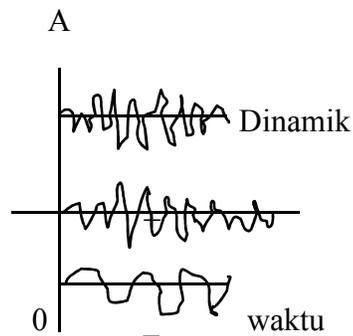
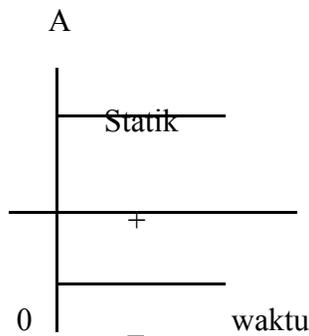
Pengolahan data time domain melibatkan data hasil pengukuran objek pemantauan sinyal getaran, tekanan fluida kerja, temperatur fluida kerja maupun aliran fluida kerja. Pada perakteknya pengukuran tekanan dengan menggunakan sensor tekanan tipe *piezoelektrik* memungkinkan mengukur sifat tekanan yang dinamik, . Dalam kasus pengukuran temperatur dengan termometer yang konvensional karena karakteristik alat ukurnya, maka tidak dapat dilakukan pengukuran temperatur secara dinamik. Demikian pula halnya dengan pengukuran aliran fluida kerja, sehingga untuk memungkinkan pengukuran objek pemantauan berupa sinyal dinamik, maka diperlukan sensor yang memiliki karakteristik dinamik tertentu.

Hasil pengukuran objek pemantauan dalam domain waktu dapat berupa sinyal :

- a. Sinyal statik, yaitu sinyal yang karakteristiknya (misalkan amplitudo, arah kerja) yang tidak berubah terhadap waktu.

- b. Sinyal dinamik, yaitu sinyal yang karakteristiknya berubah terhadap waktu sehingga tidak konstan.

Sinyal dinamik yang sering ditemui dalam perakteknya berasal dari sinyal getaran, baik yang diukur menggunakan accelerometer, vibrometer, maupun sensor simpangan getaran .



Gambar 2.5 Karakteristik Sinyal Statik. Gambar 2.6 Karakteristik Sinyal Dinamik

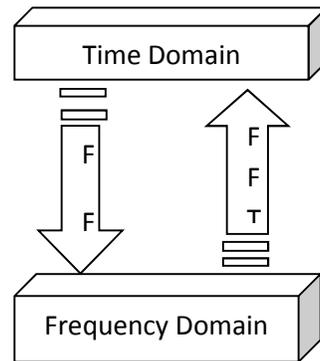
Untuk keperluan pengolahan sinyal getaran dalam *Time Domain* , perlu diperhatikan karakteristik sinyal getaran yang dideteksi oleh masing – masing sensor *percepatan*, *kecepatan* dan simpangan getaran (*Displacement*).

### 2.3.2. Data Domain Frekwensi (*Frekwensi Domain*)

Pengolahan data frekwensi domain umumnya dilakukan dengan tujuan :

1. Untuk memeriksa apakah *amplitudo* suatu *frekwensi domain* dalam batas yang diizinkan adalah standard.
2. Untuk memeriksa apakah amplitudo untuk rentang frekwensi tertentu masih berada dalam batas yang diizinkan.
3. Untuk tujuan keperluan diagnosis.

Dalam prakteknya proses konversi ini dilakukan dengan menggunakan proses *Transformasi Fourier Cepat* ( Fast Fourier Transformation , FFT).



Gambar 2.7 Hubungan Data Time Domain dengan Frequency Domain

Data domain waktu merupakan respon total sinyal getaran, sehingga karakteristik masing-masing sinyal getaran tidak terlihat jelas. Dengan bantuan konsep deret *fourier*, maka sinyal getaran ini dapat dipilih-pilih menjadi komponen dalam bentuk sinyal sinus yang frekwensinya merupakan frekwensi-frekwensi dasar dan harmonik.

## 2.4 Mesin Refrigeration

### 2.4.1 Teori Dan Prinsip Kerja Mesin refrigeration

Mesin refrigeration adalah mesin pendingin yang banyak dijumpai dalam keperluan rumah tangga maupun dalam dunia industri .Berdasarkan siklus termodinamika nya Mesin refrigeration dapat dikelompokkan menjadi :

1. Mesin refrigeration Siklus Kompresi uap (SKU)
2. Mesin refrigeration Siklus Absorpsi (SA)
3. Mesin refrigeration Siklus Jet Uap (SJU)
4. Mesin refrigeration Siklus Udara (SU)
5. Mesin refrigeration Tabung Vorteks (TV)

Dalam hal ini Mesin refrigeration Siklus Kompresi uap (SKU) yang akan dibahas karena Mesin refrigeration jenis ini yang paling banyak digunakan khususnya pada rumah tangga maupun kebutuhan komersil.

#### 2.4.2 Jenis Mesin Refrigeration Siklus kompresi Uap

Siklus tekanan (*kompresi Uap*) merupakan siklus yang terbanyak digunakan dalam siklus pendingin . Pada siklus ini uap ditekan kemudian diembunkan menjadi cairan, lalu tekanan uap tersebut diturunkan agar cairan tersebut dapat kembali menguap. Urutan dari siklus kompresi uap tersebut adalah penguapan (*Evaporasi* ), Tekanan (*Kompresor* ), Pengembunan (*Kondensasi*), dan Ekspansi. Siklus tekanan uap disebut sebagai siklus yang dioperasikan oleh kerja (*Work Operated Cycle*) karena kenaikan tekanan refrigeration dilakukan kompresor yang melakukan kerja.

Siklus ini terdiri dari beberapa komponen :

1. **Kompresor** berfungsi untuk menjaga tekanan tetap rendah pada sisi isap dan menaikkannya pada sisi tekanan
2. **Kondensor** berfungsi untuk membuang kalor yang diserap dari evaporator dan melepaskannya ke lingkungan luar
3. **Evaporator** berfungsi menyerap kalor dari benda ataupun lingkungan yang

akan didinginkan

4. **Katup Ekspansi** berfungsi menurunkan tekanan dari kondensor

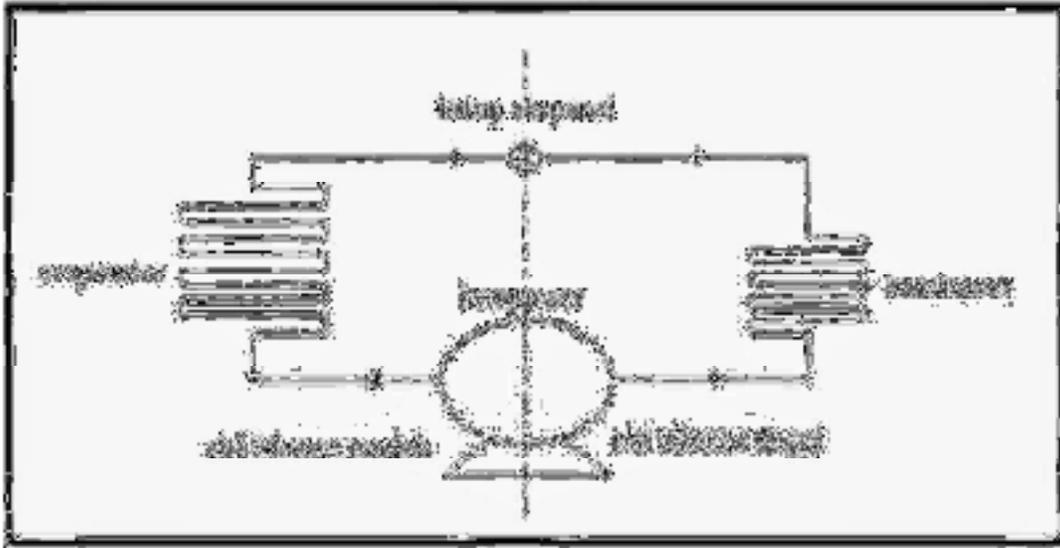
**Satu siklus refrigrasi kompresi uap adalah sebagai berikut:**

Pemampatan (kompresi). Uap refrigeran lewat panas bersuhu dan tekanan rendah yang berasal dari proses penguapan dimampatkan oleh kompresor menjadi uap bersuhu dan bertekanan tinggi agar kemudian mudah diembunkan, uap kembali menjadi cairan didalam kondensor.

Pengembunan (kondensasi). Proses pengembunan adalah proses pengenyahan atau pemindahan panas dari uap refrigeran bersuhu dan bertekanan tinggi hasil pemampatan kompresor ke medium pengembun di luar kondensor.

Pemuaiian. Pemuaiian adalah proses pengaturan kesempatan bagi refrigeran cair untuk memuai agar selanjutnya dapat menguap di evaporator.

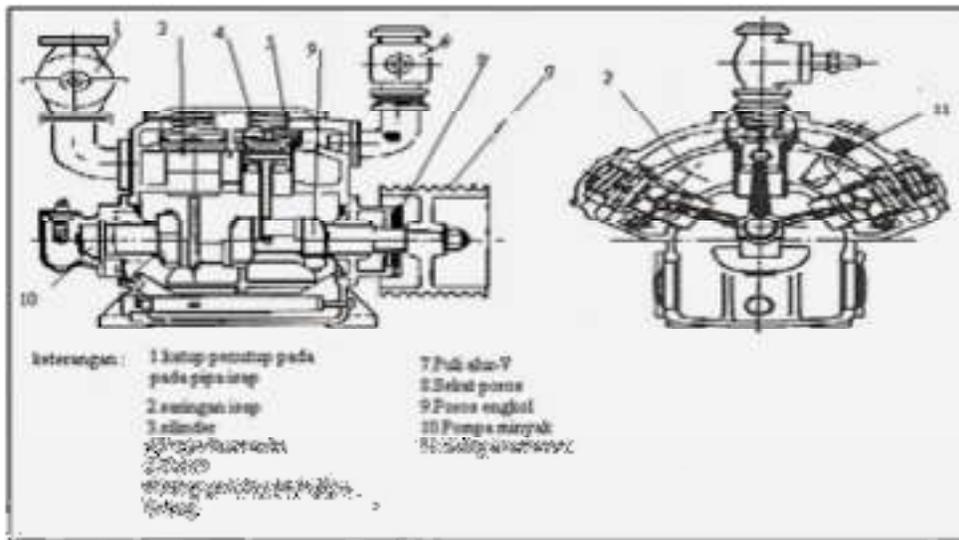
Penguapan (evaporasi), pada proses ini, refrigeran cair berada dalam pipa logam evaporator mendidih dan menguap pada suhu tetap, walaupun telah menyerap sejumlah besar panas dari lingkungan sekitarnya yang berupa zat alir dan pangan dalam ruangan tertutup berinsulasi. Panas yang diserap dinamakan “panas laten penguapan.



Gambar 2.8 Siklus refrigeration kompresi uap (SKU)

### 1. Kompresor torak

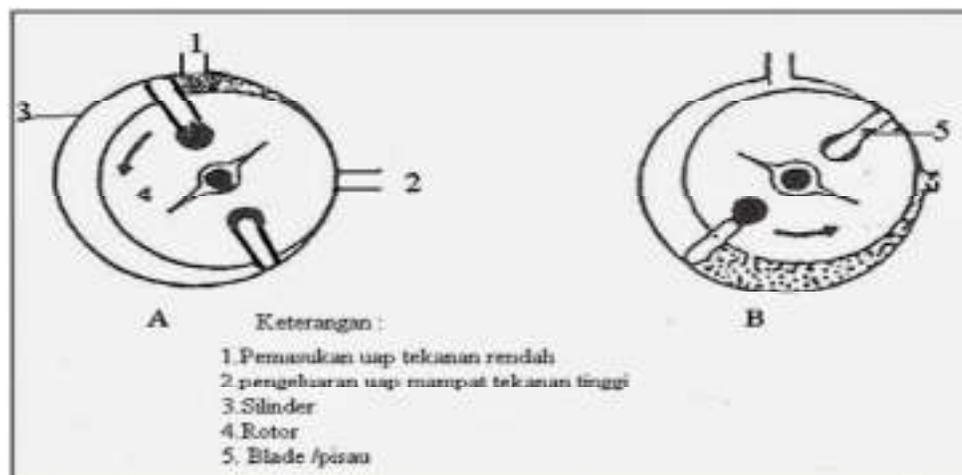
Kompresor torak yaitu kompresor yang kerjanya dipengaruhi oleh gerakan torak yang bergerak menghasilkan satu kali langkah hisap dan satu kali langkah tekan yang berlainan waktu. Kompresor torak lebih banyak digunakan pada unit mesin pendingin berkapasitas besar maupun kecil seperti lemari es, cold storage, collroom.



Gambar 2.9 Kontruksi kompresor torak silinder ganda

## 2. Kompresor rotary

Kompresor rotary yaitu kompresor yang kerjanya berdasarkan putaran roller pada rumahnya, prinsip kerjanya adalah satu putaran porosnya akan terjadi langkah hisap dan langkah tekan yang bersamaan waktunya, kompresor rotary terdiri dua macam yaitu kompresor rotary dengan pisau / blade tetap.



2.10 Gambar Kompresor rotary dengan dua buah blade

**BAB III**

**METODE PENELITIAN**

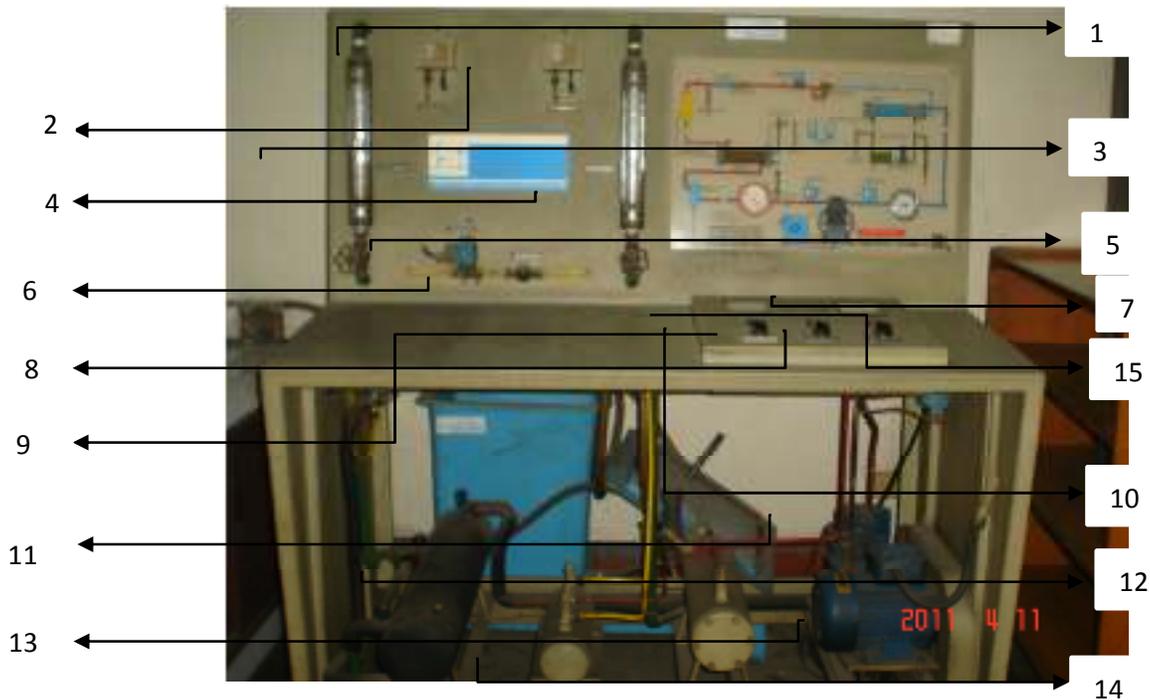
**3.1. Tempat Dan Waktu**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Medan, Pukul 09.00 WIB – Selesai Selama ±10 Hari, Tanggal 1 sampai 12 April 2019.

**3.2. Peralatan Dan Metode**

**3.2.1. Peralatan**

Dalam penelitian ini subjek penelitian adalah berupa Mesin refrigeration seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



### Gambar 3.1 Mesin refrigeration

Keterangan Gambar :

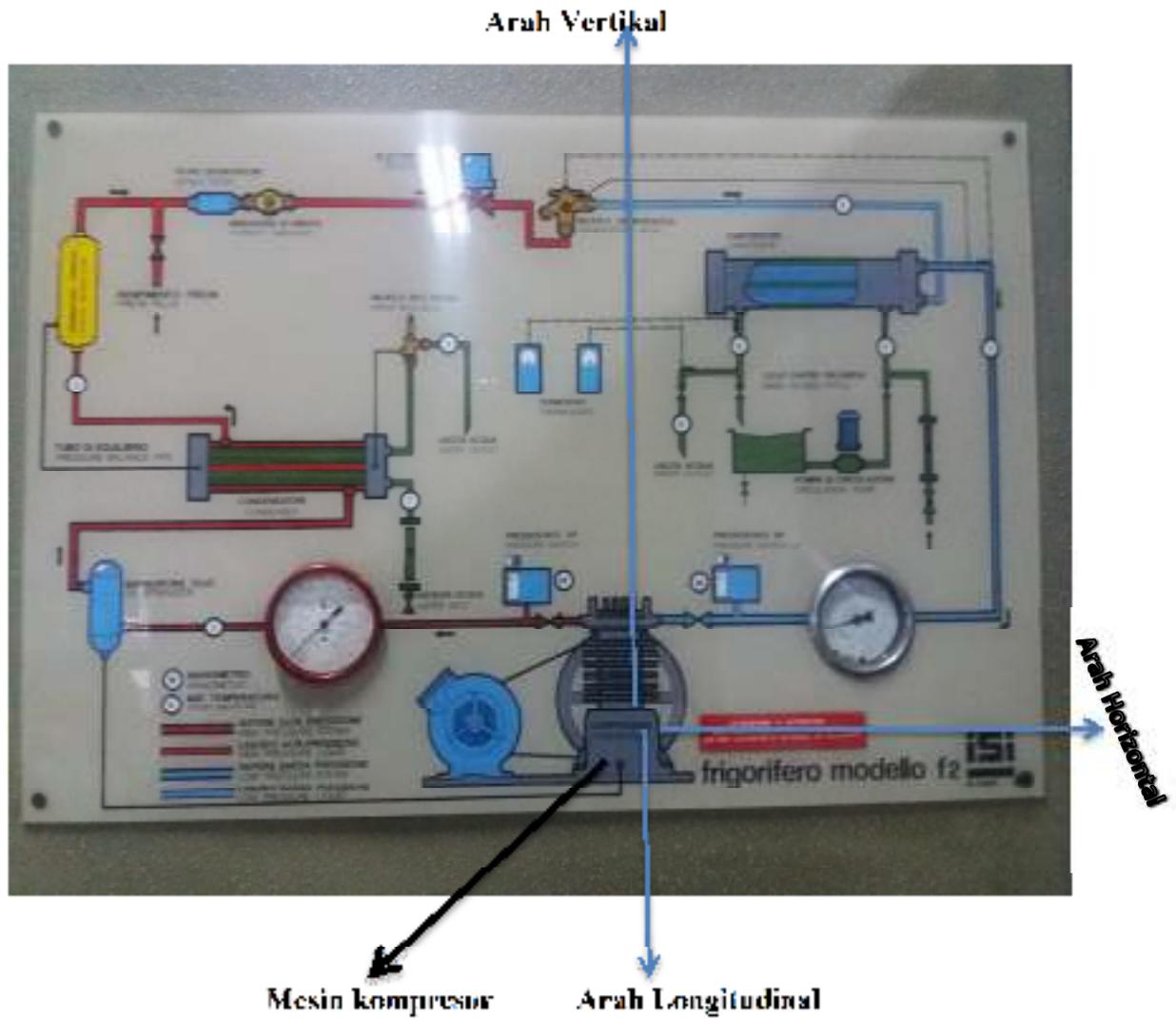
1. High pressure switch
2. Low pressure switch
3. Water to evaporator
4. Water to condenser
5. Selenoid valve
6. Maisture indicator
7. Absorbed current
8. Selenoid valve
9. Master Switch
10. Mains voltage
11. Compressor
12. Evaporator
13. Dinamo
14. Freon receiver
15. Switch Compressor

Penelitian ini akan dilaksanakan di laboratorium Prestasi Mesin UHN . Metode penelitian yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penetapan Tujuan dan Batasan Masalah
2. Pemeriksaan sistem operasi Mesin refrigeration secara keseluruhan .
3. Pengujian dengan menggunakan vibrometer
4. Pengumpulan data

5. Pengolahan dan Analisa Data

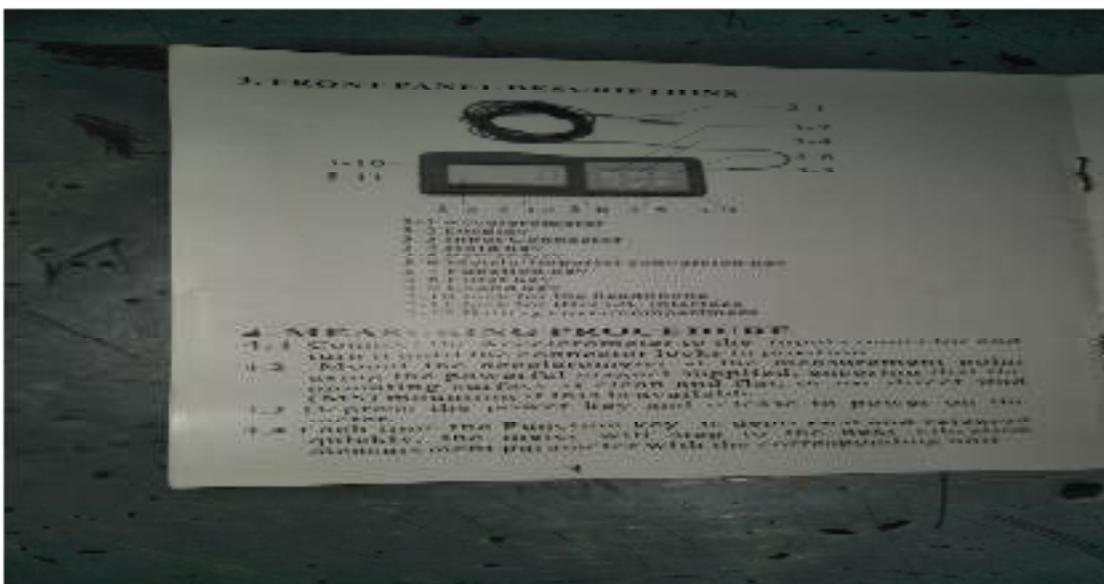
6. Kesimpulan dan Hasil



Gambar 3.2 Sketsa Pengambilan Data

## Vibrometer

Untuk melakukan pengukuran terhadap tingkat vibrasi yang terjadi pada Mesin refrigeration digunakan instrumen pengukur sinyal vibrasi, yaitu *vibrometer digital Handheld 908B*. Setting instrumen pengukur vibrasi ini dilakukan pada saat akan melakukan pengukuran sinyal vibrasi.



Gambar  
3.3

Vibrometer Handheld

Spesifikasi *vibrometer Handheld 908B* adalah sebagai berikut :

**Spesifikasi :**

- Amplitude Ranges

Displacement 0,1 – 1999  $\mu$  m ( or 200 mil) peak-peak

Velocity 0,1 – 199.9 mm/s ( or 20 in/s ) true RMS

Acceleration 0,1 – 199.9  $m/s^2$  ( or 20 g ) peak

- Overall Accuracy  $\pm 5\%$
- Temperature range 0 – 40 °C
- Frequency Response

Displacement 10 – 500 HZ

Velocity 10 – 1000 HZ

Acceleration 10 – 1000 HZ ( Inner acceleration 908 B )

10 – 10000 HZ ( Depending on external accelerometer )

\* Battery 9V 6F22. 25 hours of continuous operation

\* Dimensions 13 x 6 x 2,3 cm ; Weight : 200 g

**3.3. Variabel Yang Diamati**

1. Displacement atau simpangan dari dua titik dan tiga arah pengukuran.
2. Velocity atau kecepatan dari dua titik dan tiga arah pengukuran.

3. Acceleration atau percepatan dari dua titik dan tiga arah pengukuran

### **3.4. Teknik Pengukuran, Pengolahan Dan Analisa Data**

#### 3.4.1. Teknik Pengukuran

Penyelidikan sinyal vibrasi yang timbul akibat perubahan kapasitas air masuk evaporator dengan titik pengukuran searah sumbu vertikal ; horizontal dan longitudinal. Pengukuran dilakukan pada titik yang telah ditentukan dengan pengambilan data berdasarkan time domain. Pengukuran ketiga arah tadi dikarenakan sistem pengujian diasumsikan mempunyai 3 derajat kebebasan.

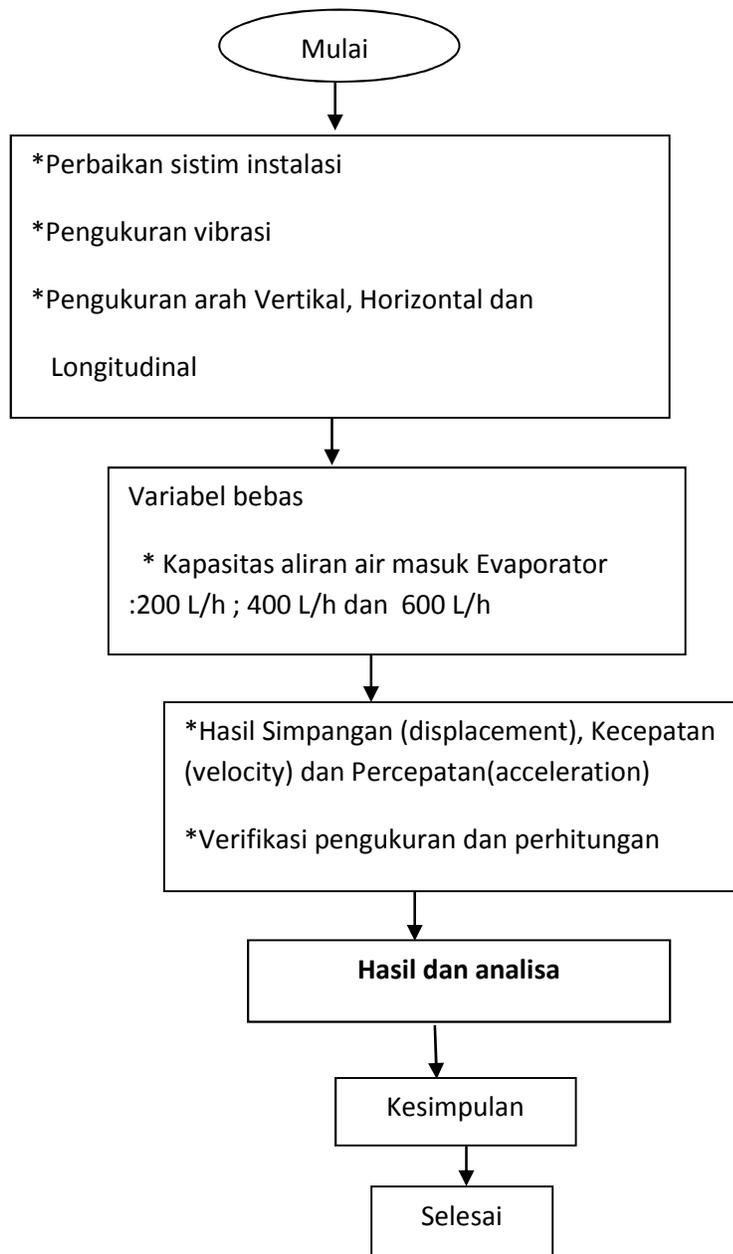
#### 3.4.2. Pengolahan Dan Analisa Data

Vibrasi yang terjadi pada Mesin refrigeration dengan variasi data yang diperoleh akibat perubahan kapasitas aliran masuk evaporator dan dianalisa serta dibahas untuk memperoleh perilaku vibrasinya.

### **3.5. Kerangka konsep**

Secara garis besarnya, metode penelitian ini dapat digambarkan seperti pada diagram alir berikut :

## DIAGRAM ALIR METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3.4. Pelaksanaan Penelitian

# Metode Eksperimental