

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Getaran adalah salah satu metode sistim yang dipergunakan untuk mengetahui apakah suatu alat masih layak berfungsi secara ideal tanpam mengalami perubahan yang cukup signifikan. Mesin Turbin Pelton yang terdapat pada laboratorium prestasi mesin Universitas HKBP Nommensen yang telah banyak mengalami perubahan kondisi baik putaran pada impeller maupun energy mekanis yang dihasilkan dan dipergunakan untuk memutar rotor pada electromotor listrik yang dapat menghasilkan energi listrik. Besarnya tekanan air yang dihasilkan dari pompa sentrifugal maupun getaran yang ditimbulkan oleh electromotor sebagai motor penggerak sangat mempengaruhi proses bekerjanya Mesin Turbin Pelton ini. Walaupun banyak terdapat kelebihan dan kehandalan dari Mesin Turbin Pelton ini tetapi masih sering dijumpai kegagalan pengoperasian yang terjadi yang disebabkan oleh kurang baiknya suplai air yang dihasilkan pompa, kesalahan waktu pembukaan katup nozzle serta jumlah tekanan air yang diatur baik yang masuk maupun yang keluar dari proses pengoperasian, Mesin Turbin Pelton yang tidak seimbang.

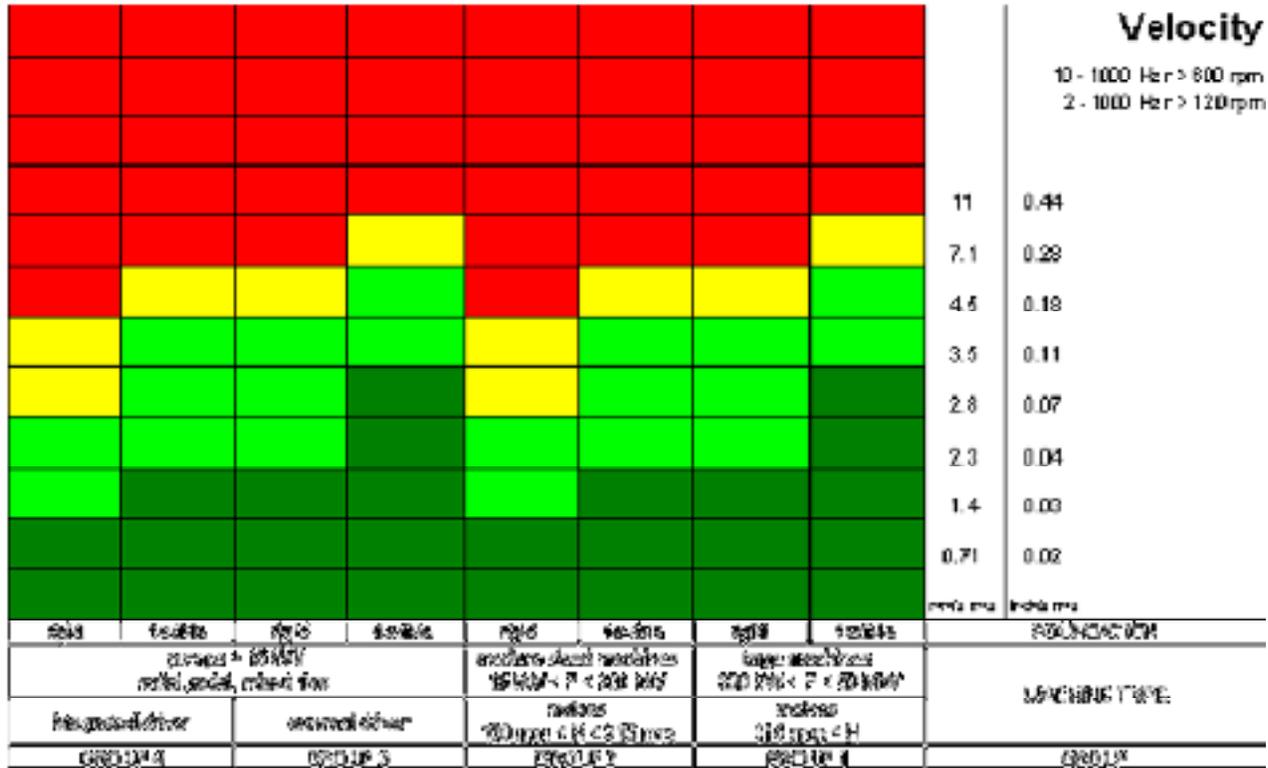
Untuk itu diperlukan penelitian yang lebih untuk melihat apakah alat impeller yang terdapat pada Mesin Turbin Pelton tersebut masih layak dipergunakan sebagai bahan percobaan mahasiswa baik dari segi pengoperasian dan hasil akhir dari proses baik ditinjau dari getaran yang ditimbulkan dimana getaran itu dapat menjadi indicator kinerja dari Mesin Turbin Pelton tersebut. Beberapa gejala kegagalan pada Mesin Turbin Pelton jika ditinjau dari besarnya tekanan fluida yang mengalir tersebut dapat dirasakan dari beberapa analisa seperti analisa vibrasi, serta analisa keausan peralatan.

Dari latar belakang keadaan diataslah maka dipandang perlu kiranya dilakukan suatu penelitian Pengaruh Tekanan Fluida Pada Turbin Pelton Terhadap Karakteristik Getaran Berdasarkan Time Domain.

## 1.2 Rumusan Masalah

Walaupun penggunaan Mesin Turbin Pelton semakin maju namun sampai saat ini sangat sulit untuk mencari standart vibrasi untuk, Mesin Turbin Pelton bahkan pabrik pembuat Mesin Turbin Pelton tidak memberikan standart vibrasi dari Mesin Turbin Pelton buaatannya. Sehingga Standart ISO 10816-3 untuk standart getaran dapat dijadikan sebagai acuan dapat dilihat pada Gambar 1.1

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 kerukasn sewaktu-waktu.

Adapun cakupan penelitian yang penulis lakukan meliputi :

1. Pengukuran vibrasi pada Mesin Turbin Pelton pada daerah horizontal, vertical, dan longitudinal berdasarkan time domain.
2. Pemasangan alat vibrometer digital pada landasan dan elektrometer.
3. Pemeriksaan system operasi Mesin Turbin Pelton secara keseluruhan.

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah :

- Pengukuran putaran poros 1000 dan 1200 rpm.
- Mengukur getaran pada tiga arah pengukuran yaitu arah horizontal, vertical, dan longitudinal.
- Mengukur getaran pada electromotor dan landasan turbin
- Pengukuran dengan interval waktu 20 detik
- Menggunakan Turbin Pelton

### **1.4 Tujuan Penelitian**

1. untuk mendapatkan kolerasi Pengaruh Putaran Poros pada Turbin Pelton Terhadap Karakteristik Getaran Berdasarkan Time Domain.
2. Mendapatkan besarnya vibrasi Mesin Turbin Pelton berupa data :
  - a. Simpangan
  - b. Kecepatan
  - c. Percepatan

### **1.5 Manfaat Penelitian**

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

Adapun manfaat dari penelitian ini :

- Memberikan informasi tentang pengujian getaran pada Mesin Turbin Pelton serta memberikan informasi kepada dunia industri yang menggunakan pemanfaatan Mesin Turbin Pelton sebagai indikator perawatan atau maintenance.
- Memberikan masukan kepada pembuat Mesin Turbin Pelton untuk memberikan data vibrasi dari Mesin Turbin Pelton yang diproduksi sebagai acuan perawatan.
- Untuk mengetahui masih layakkah alat Mesin Turbin Pelton dipergunakan sebagai alat percobaan dilaboratorium Prestasi Mesin.
- Memberikan informasi mengenai pengujian getaran pada Mesin Turbin Pelton kepada mahasiswa melalui alat vibrometer serta pemanfaatan Mesin Turbin Pelton sebagai indikator maintenance.

### **1.6 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2019 sampai Juli 2019. Penelitian Mesin Turbin Pelton dilakukan di Laboratorium Prestasi Mesin Universitas HKBP Nommensen Medan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Getaran Bebas (Free Vibration)

Getaran bebas terjadi jika system berisolasi karena bekerjanya gaya yang ada dalam system 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 periode 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 :

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

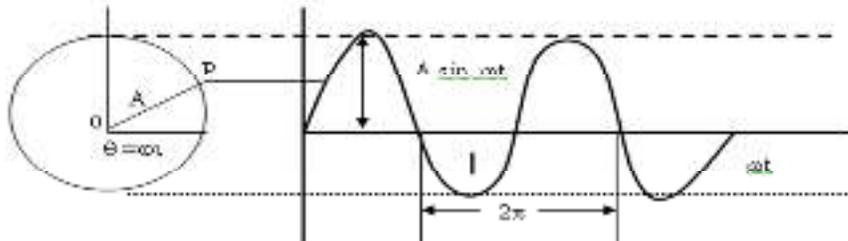
Oleh karena gerak berlubang dalam  $2\pi$  radian, maka didapat

$$\omega = 2\pi f \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan menggunakan notasi titik untuk turunannya, maka didapat :

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

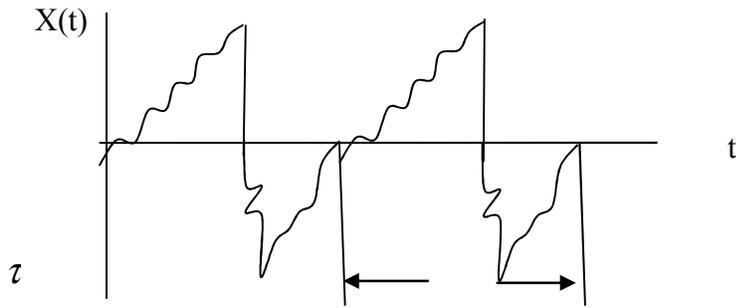
$$\ddot{x} = -\omega^2 A \sin \omega t = \omega^2 A \sin (\omega t + \pi) \dots\dots\dots(2.5)$$



Gambar 2.1 Gerak Harmonik sebagai proyeksi suatu titik yang bergerak pada lingkaran

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

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



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.

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  $m$ .

$$k\Delta = w = mg \dots\dots\dots(2.6)$$

Hukum Newton II untuk gerak pada massa  $m$  :

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

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

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

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

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

Sehingga persamaan umum persamaan differensial linier orde kedua yang homogen :

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

Periode natural osilasi dibentuk dari

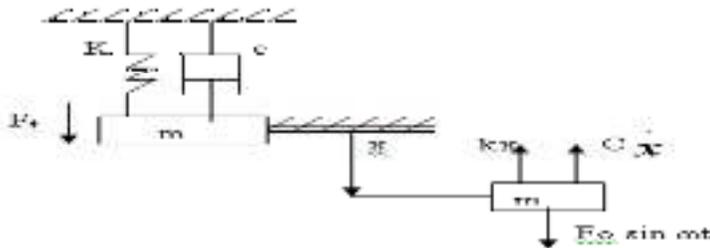
$$\omega_n \tau = 2\pi \text{ atau } \tau = 2\pi \sqrt{m/k} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dan frekuensi natural adalah :

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

## 2.2 Getaran Paksa (Forced Vibration)

Eksitasi harmonik sering dihadapi dalam system rekayasa yang biasanya dihasilkan oleh ketidakseimbangan pada mesin-mesin yang berputar. Eksitasi harmonik dapat berbentuk gaya atau simpangan beberapa titik dalam system. Getaran yang terjadi karena rangsangan gaya luar disebut getaran paksa.



Gambar 2.4 Sistem yang teredam karena kekentalan dengan eksitasi harmonik

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

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

$$x = x \sin (\omega t - \varphi) \dots\dots\dots(2.14)$$

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

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

dan

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

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

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

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

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

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

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

$$\zeta = C / C_c = \text{faktor redaman}$$

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

Jadi persamaan amplitude dan fasa yang non dimensional akan menjadi :

$$\frac{xk}{Fo} = 1 / \sqrt{(1 - (\frac{\omega}{\omega n})^2)^2 + (2 \zeta (\frac{\omega}{\omega n}))^2} \dots\dots\dots(2.19)$$

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

## 2.3 Penyebab timbulnya getaran aliran fluida yang periodik

### 2.3.1 Penyebab umum terjadinya getaran / vibrasi :

1. Pemilihan bahan dan material yang tidak memenuhi standart yang akan digunakan untuk turbin atau komponennya.
2. Cara pemasangan atau penempatan turbin tersebut yang belum tepat sempurna
3. Penyeimbangan yang tidak sesuai
4. Adanya gaya-gaya gangguan
5. Perbedaan ukuran-ukuran laluan sudu (terjadi akibat ketidaktelitian saat pembuatan)
6. Adanya benda-benda asing yang ikut dalam aliran fluida, yang dapat mengakibatkan ketidakseimbangan dalam kerja (kapasitas aliran) turbin, dll.

### 2.3.2 Penyebab khusus terjadinya getaran / vibrasi :

1. Adanya aliran turbulen pada fluida kerja
2. Adanya gaya-gaya lintang tertentu yang mempengaruhi gerak rotasi turbin
3. Akibat putaran yang tidak stabil
4. Kecepatan putaran yang tidak sesuai dengan defleksi yang di iijinkan dari standar material yang digunakan
5. Peredam yang digunakan tidak lagi mampu meredam gaya-gaya lintang yang semestinya
6. Frekuensi sudu yang tidak sesuai dengan frekuensi alami sudu
7. Gesekan-gesekan pada sudu dana tau poros yang dapat mengakibatkan terjadinya getaran

## 2.4 Pengolahan Data Vibrasi

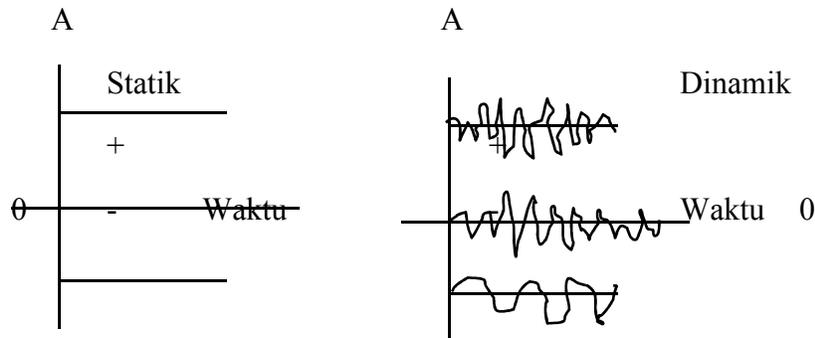
### 2.4.1 Data Time Domain

Pengolahan data Time Domain melibatkan data hasil pengukuran objek pemantauan sinyal getaran, tekanan fluida kerja, temperature fluida kerja maupun aliran fluida kerja. Pada prakteknya pengukuran tekanan dengan menggunakan sensor tekanan tipe *piezoelektrik* memungkinkan mengukur sifat tekanan yang dinamik, sehingga dapat diamati perubahan tekanan aliran fluida. Dalam kasus pengukuran temperature dengan thermometer yang konvensional karena karakteristik alat ukurnya, maka tidak dapat dilakukan pengukuran temperature 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 :

- Sinyal statik, yaitu sinyal yang karakteristiknya (misalkan amplitude, arah kerja) yang tidak berubah terhadap waktu.
- Sinyal dinamik, yaitu sinyal yang karakteristiknya berubah terhadap waktu sehingga tidak konstan.

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



Gambar 2.5 Karakteristik Sinyal Statik dan 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)*.

## 2.5 Mesin Turbin Pelton

### 2.5.1 Pengertian dan Komponen Mesin Turbin Pelton

Turbin Pelton adalah turbin impuls yang prinsip kerjanya mengubah energy potensial air menjadi energy kinetic dalam bentuk pancaran air. Pancaran air yang keluar dari mulut nozzle diterima oleh sudu-sudu pada roda jalan berputar. Pada turbin pelton energy potensial diubah menjadi energy kinetic pada nozzle yang mempunyai kecepatan tinggi dan membentur sudu-sudu turbin. Setelah membentur pada sudu, arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum, akibatnya roda turbin berputar. Berikut ini komponen-komponen utama turbin :

#### A. Komponen utama Turbin Pelton

Berikut ini komponen-komponen utama Turbin Pelton :

- Nozzle, berfungsi mengarahkan pancaran air ke sudu turbin, mengubah tekanan menjadi energy kinetic dan mengatur kapasitas air yang masuk turbin.
- Buckets (sudu), berfungsi menangkap aliran air (mangkok dan chord) serta buckets dari pelton wheel mempunyai bentuk double hemispherical cup. Pancaran air yang datang mengenai buckets bagian tengah yang ada pemisahannya terbagi menjadi dua bagian dan

setelah hancur pada permukaan bagian dalam bucket berubah 160 sampai 170 lalu meninggalkan bucket. Bucket ini terbuat dari cast iron (head rendah), cast steel atau dari stainless steel (head tinggi). Permukaan bagian dalam dip les sedemikian rupa untuk menghindari gesekan yang besar.

- Casing (kotak penutup), berfungsi untuk menghindari deburan air, serta untuk mengarahkan air ke tail race dan sebagai keamanan.
- Ridge, berfungsi membagi air ke arah kiri dan kanan mangkok runner.
- Deflector, berfungsi membelokkan pancaran air.
- Rumah Turbin, berfungsi tempat kedudukan roda jalan dan penahan air yang keluar dari sudu-sudu turbin.
- Rem Hidrolik, Untuk menghentikan putaran turbin, walaupun pancaran air telah berhenti, runner tetap akan berputar untuk waktu yang lama. Untuk menghentikannya diperlukan rem nozzle yang kecil, dimana arah air dari rem ini berlawanan arah dengan putaran runner.

### 2.5.2 Prinsip kerja Mesin Turbin Pelton

Pada prinsipnya bahwa turbin air dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis antara lain :

1. Turbin Pelton
2. Turbin Perancis
3. Turbin Kaplan

Turbin Pelton merupakan salah satu jenis turbin air yang prinsip kerjanya memanfaatkan energy potensial air menjadi energy listrik tenaga air (hydropower). Prinsip kerja turbin pelton adalah mengkonversi daya fluida dari air menjadi daya poros untuk digunakan memutar generator listrik. Air yang berada pada bak penampung dihisap oleh pompa dimana pompa berfungsi untuk menghisap dan memompa air untuk dialirkan ke sudu turbin. Namun aliran air tidak langsung mengarah ke sudu turbin melainkan harus melewati pipa-pipa saluran yang telah diberi katup buka tutup sehingga laju aliran air dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan. Kemudian katup-katup tersebut terhubung dengan saluran nozzle dimana nozzle berfungsi sebagai pemancar air yang dipancarkan langsung kearah sudu turbin sehingga sudu turbin berputar. Pada sudu-sudu turbin, energi aliran air diubah menjadi energy mekanik yaitu putaran roda turbin. Apabila roda turbin dihubungkan dengan poros generator listrik, maka energy mekanik putaran roda turbin diubah menjadi energy listrik pada generator. Kemudian air yang telah digunakan untuk memutar sudu turbin jatuh kedalam bak penampung untuk kembali ke tahap awal maka terjadilah sirkulasi.

Energi potensial air disemprotkan oleh nozzle ke sudu untuk dirubah menjadi energy mekanik yang digunakan untuk memutar poros generator. Nozel merupakan mekanisme pancaran yang berbentuk melengkung yang mengarahkan air sesuai dengan arah aliran yang direncanakan dan mengatur aliran air. Bentuk nozel sangat mempengaruhi performa turbin. Perancangan sebuah nozel turbin perton dimulai dari menentukan ukuran *runner* dan sudu

dengan menggunakan data yang telah ada setelah itu melakukan perhitungan diameter ujung nozel turbin pelton ini adalah menggunakan panduan Aluminium. Dari tahap-tahap yang telah direncanakan tersebut, maka didapatkan ukuran nozzle untuk turbin air pelton yang sesuai dengan yang diharapkan. Untuk Turbin Pelton dapat diklasifikasikan berdasarkan kecepatan spesifiknya yaitu untuk Single jet (10-35 rad) dan Multi jet (35-60 rad). Akibat perbedaan putaran spesifik, daya, kapasitas, head dan dimensi turbin serta orifice yang tahap diperoleh dengan rumus :

$$V = \sqrt{2 \cdot gH}$$

$$Q = V \cdot A$$

$$\text{Maka Daya : } N = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q}{550}$$

Pada turbin tekanan sama (impuls) dimana antara turbin pancar untuk mendapatkan randeman yang baik harus mempunyai hubungan antara kecepatan tangensial dan kecepatan air sebagai berikut :

$$\text{Persamaan Euler untuk turbin : } H = \{U_1 - CV_1 - V_2 \cdot CV_2 / g \cdot Mt \}$$

Untuk  $C_2$  tegak lurus  $U_1$  dengan demikian  $C V_2 = 0$

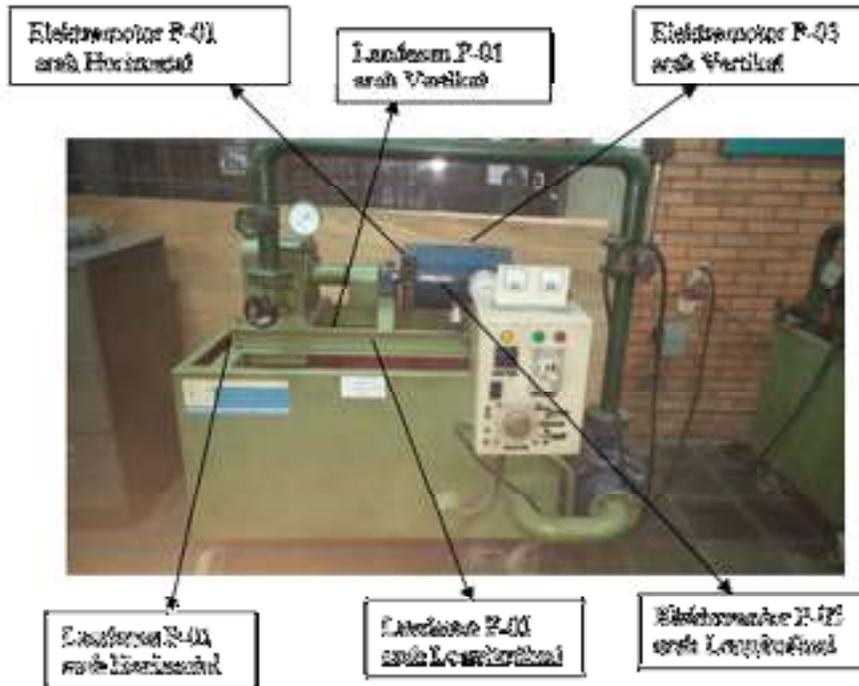
$$\text{Maka didapat : } U = \frac{Mt \cdot g \cdot H}{C \cdot V_1}$$

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Bahan Peralatan Dan Metode

#### 3.1.1 Bahan

Dalam penelitian ini subjek penelitian adalah berupa Mesin Turbin Pelton seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.1 Mesin Turbin Pelton

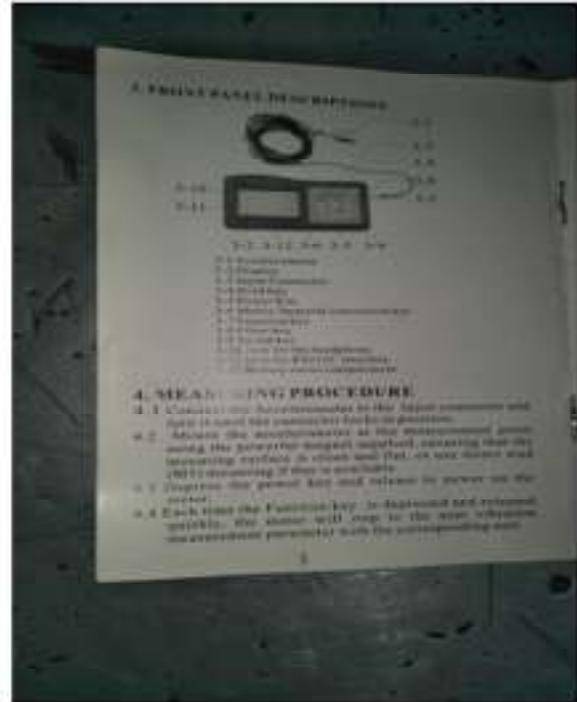
Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Prestasi Mesin Universitas HKBP Nommensen Medan. Metode penelitian yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

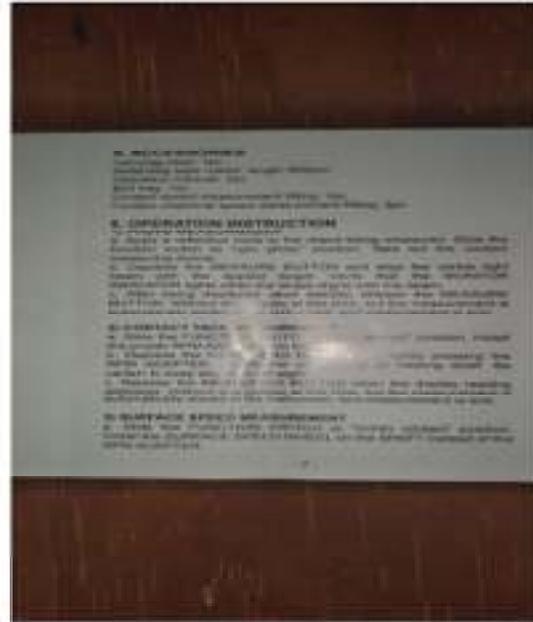
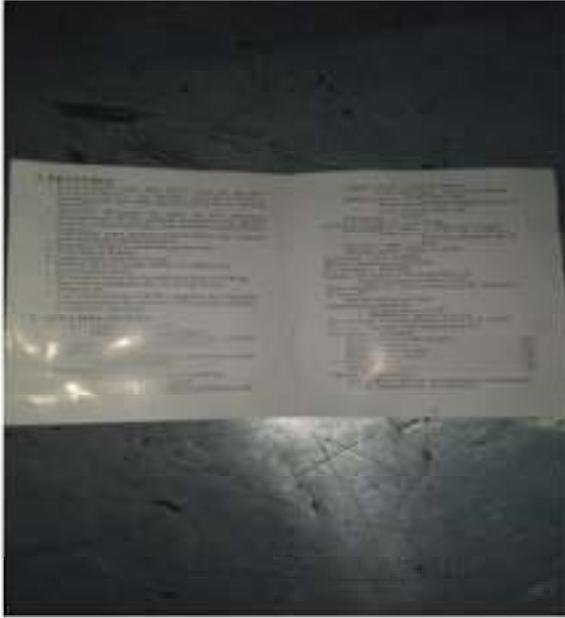
- 1) Penetapan Tujuan dan Batasan Masalah
- 2) Pemasangan alat tachometer digital
- 3) Pemeriksaan system operasi secara keseluruhan
- 4) Pengujian dengan menggunakan Mesin Turbin Pelton vibrometer
- 5) Pengumpulan data
- 6) Pengolahan dan Analisa data
- 7) Kesimpulan dan Hasil

### 3.1.2 Peralatan Dan Metode

#### 1. Vibrometer

Untuk melakukan pengukuran terhadap tingkat vibrasi yang terjadi pada Mesin Turbin Pelton digunakan instrument pengukur sinyal vibrasi, yaitu *vibrometer digital handheld 908B*. Setting instrument pengukur vibrasi ini dilakukan pada saat akan melakukan pengukuran sinyal vibrasi.





### 3.2 Variabel Yang Diamati

- Displacement atau simpangan dari tiga titik dan tiga arah pengukuran.
- Velocity atau kecepatan dari tiga titik dan tiga arah pengukuran.
- Acceleration atau percepatan dari tiga titik dan tiga arah pengukuran.

### 3.3 Teknik Pengukuran, Pengolahan Dan Analisa Data

#### 3.3.1 Teknik Pengukuran

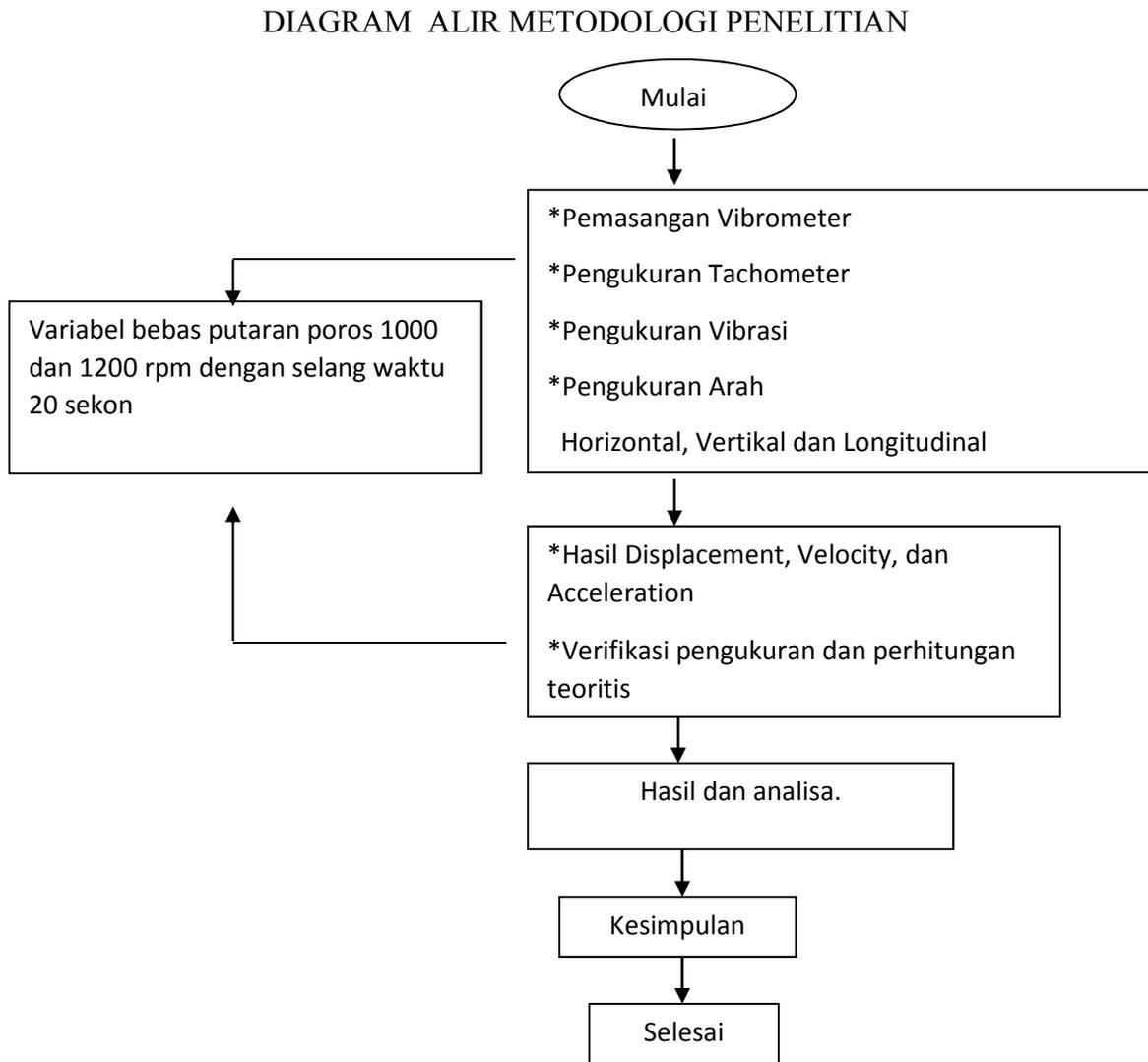
Penyelidikan sinyal vibrasi yang timbul akibat perubahan putaran poros dengan titik pengukuran searah sumbu vertical, sumbu horizontal, dan arah longitudinal. Pengukuran dilakukan pada titik yang telah ditentukan dengan pengambilan data berdasarkan Time Domain. Pengukuran kedua arah tadi dikarenakan sistem pengujian diasumsikan mempunyai 3 derajat kebebasan.

#### 3.3.2 Pengolahan Dan Analisa Data

Vibrasi yang terjadi pada Mesin Turbin Pelton akibat pengaruh putaran poros dengan variasi data yang diperoleh akibat perubahan tekanan fluida dan analisa serta dibahas untuk memperoleh perilaku vibrasinya.

### 3.4 Kerangka Konsep

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



Gambar 3.3 Pelaksanaan Penelitian