

**SKRIPSI**

**ANALISA PENGONTROLAN VIBRASI PADA TURBIN PT.  
PUPUK ISKANDAR MUDA**

*Diajukan untuk memenuhi tugas-tugas dan syarat – syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana pada fakultas teknik program studi teknik elektro  
universitas muhammadiyah sumatera utara*

**Oleh:**

**KHAIRUL FADLI**

**NPM : 1307220103**



**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA  
MEDAN  
2017**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA  
GEDUNG KEUANGAN NEGARA MEDAN**

*Diajukan untuk memenuhi tugas-tugas dan syarat-syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh :**

**MUHAMMAD RIZKI**

**NPM : 1307220102**

Telah Diuji dan Disahkan Pada Tanggal  
11 Oktober 2017

Pembimbing I



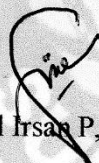
(Rohana, S.T., M.T.)

Pembimbing II



(M. Syafril, S.T., M.T.)

Pembanding I



(Faisal Irsan P, S.T., M.T.)

Pembanding II



(Partaonan Harahap, S.T., M.T.)

Diketahui dan Disahkan  
Program Studi Teknik Elektro  
Ketua,



(Faisal Irsan P, S.T., M.T.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2017**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Khairul Fadli  
NPM : 1307220103  
Tempat / Tgl Lahir : Lhokseumawe/ 02 Agustus 1995  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul "**Analisa Pengontrolan Vibrasi Pada Turbin di PT. Pupuk Iskandar Muda**"

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan pernyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 28 Juli 2017  
Saya yang menyatakan


( Khairul Fadli )

## **ABSTRACT**

*Once of tool to convert potential energy into kinetic energy is a steam turbine. A processing industry of Urea Fertilizer / granule and Chemical industry such as PT. Iskandar Muda fertilizer in North Aceh, have the important tool it is a turbine. If the turbine damaged, will be made affect a production process. From that problems in this research described, installed a safety on the turbine. The turbine is a rotating machine so it will continue to shift in its shaft either axial or radial caused by vibration. With such a shift, Multivibration monitoring and proximity probe sensors are required to constantly monitor turbine performance, while operating keep the turbine shaft safe at all times. The multivibration monitoring is in the form of alarm conditions and trip conditions, in the hope of minimizing turbine damage, improving plant safety, reducing plant operating costs, improving product quality and maximizing plant capability.*

***Keywords: Turbine, vibration, Multivibration Monitoring, Proximity Probe sensor***

## **ABSTRAK**

*Turbin uap merupakan alat yang digunakan untuk mengubah energi Potensial menjadi energi kinetik. Pada industri pengolahan Pupuk Urea/granule dan industri Kimia seperti PT. Pupuk Iskandar Muda yang berada di Aceh Utara, turbin merupakan sebuah alat yang sangat penting. Apabila turbin mengalami kerusakan, maka akan mempengaruhi proses produksi. Dengan demikian untuk menjaga dari kerusakan yang membahayakan peralatan maupun pekerja maka dipasang pengaman pada turbin. Turbin merupakan rotating machine sehingga akan terus mengalami pergeseran pada shaft nya baik axial maupun radial yang disebabkan oleh getaran . Dengan terjadinya pergeseran tersebut, dibutuhkan alat Multivibration monitoring dan sensor proximity probe untuk selalu memantau kinerja turbin saat beroperasi yang akan membantu untuk menjaga keamanan pergerakan shaft turbin di setiap waktu. Multivibration monitoring tersebut berupa kondisi alarm maupun kondisi trip, dengan harapan akan memperkecil kerusakan pada turbin, meningkatkan keamanan plant, mengurangi biaya operasi pada plant, meningkatkan kualitas produk serta memaksimalkan kemampuan plant.*

***Kata Kunci : Turbin, vibrasi, Multivibration Monitoring, Sensor Proximity Probe***

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum wr.wb*

Puji syukur kehadirat Allah SWT. atas rahmat dan karunia-Nya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya Allah berguna bagi semesta alam. Shalawat berangkaikan salam kita hadiahkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua dan telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“Analisa Pengontrolan Vibrasi pada Turbin di PT. Pupuk Iskandar Muda”**.

Selesaiannya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda dan Ibunda serta Abangda dan Kakanda tersayang, yang dengan penuh keikhlasan, cinta dan kasih sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik, membimbing, dan mendoakan dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
2. Bapak Rahmatullah, ST, MSc. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ibu Rohana, ST, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Bapak Zulfikar, ST, MT. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro.
5. Ibu Noorly Evalina, ST, MT, M.Sc. Selaku Dosen Pembimbing I dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak Solly Aryza Lubis ST, M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing II dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Ir. Hermansyah Alam, MT. Selaku Dosen Pembimbing I.
8. Bapak Zulfikar, ST, MT. Selaku Dosen Pembimbing II.

9. Bapak dan Ibu Dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Karyawan Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Seluruh Staf dan Karyawan PT. Pupuk Iskandar Muda, Khususnya di Departemen Pemeliharaan.
12. Tgk. Nazaruddin, Za Selaku Pimpinan Dayah Madinatuddiniyah Babul Huda Glee Madat, Dewan Guru dan Staf.
13. Teman-teman sejawat dan seperjuangan Fakultas Teknik, khususnya Program Studi Teknik Elektro angkatan 2013 yang selalu memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alukum wr.wb*

Medan, 17 Juli 2017

Penulis

Khairul Fadli

1307220103

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>ABSTRACT</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan .....	5
2.2 Vibrasi (getaran) .....	6
2.2.1 Konsep Dasar Vibrasi .....	6
2.2.2 Klasifikasi Getaran.....	8
2.3 Parameter Dasar Getaran.....	9
2.3.1 Frekuensi .....	9
2.3.2 Amplitudo.....	11
2.3.3 Fase.....	11
2.3.4 Karakteristik Vibrasi.....	12
2.4 Analisa Vibrasi.....	14
2.5 Penyebab Vibrasi Pada Mesin.....	15
2.5.1 <i>Unbalance</i> (Ketidakseimbangan).....	16
2.5.2 Kerusakan <i>Bearing</i> (Bantalan).....	19
2.5.3 <i>Misalignment</i> (Poros Bengkok).....	21
2.6 Sensor .....	23
2.6.1 <i>Sensor Proximity</i> .....	25
2.6.2 <i>Probe</i> .....	29
2.6.3 <i>Extension Cable</i> .....	31
2.7 Simulator TK-3 .....	32
2.8 <i>Steam Turbine</i> (Turbin Uap).....	34
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	36
3.1 Denah/ Lokasi Penelitian .....	36
3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian .....	37
3.3 Posisi dan Arah Pengukuran .....	40
3.4 Prosedur Pengukuran dalam Penelitian .....	41



3.5 Diagram <i>Flowchart</i> Penelitian .....	44
3.6 Teknik Analisis Data.....	46
3.6.1 Analisa Keandalan Sensor .....	46
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	41
4.1 Vibrasi <i>Monitoring System</i> .....	48
4.2 Hasil Pengujian Keandalan Sensor .....	51
4.3 Analisa <i>Sensitivity Probe</i> dengan Menggunakan Rumus.....	54
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	59
5.1 Kesimpulan .....	59
5.2 Saran .....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	60
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Standard Sensitivity Proximity Probe</i> Bently Nevada 3300 XL.....	13
Tabel 4.1 Tabel Data Hasil Pengujian 1 Keandalan Sensor <i>proximity probe</i> Bently Nevada 3300 XL.....	51
Tabel 4.2 Tabel Data Hasil Pengujian 2 Keandalan Sensor <i>proximity probe</i> Bently Nevada 3300 XL.....	51
Tabel 4.3 Tabel Data Hasil Pengujian 3 Keandalan Sensor <i>proximity probe</i> Bently Nevada 3300 XL.....	52
Tabel 4.4 Tabel Data Hasil Pengujian 4 Keandalan Sensor <i>proximity probe</i> Bently Nevada 3300 XL.....	53
Tabel 4.5 Tabel Data Hasil Pengujian 5 Keandalan Sensor <i>proximity probe</i> Bently Nevada 3300 XL.....	53
Tabel 4.6 Hasil Pengujian <i>sensitivity probe</i> dengan Rumus.....	56

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pendulum Sederhana .....	7
Gambar 2.2. Bentuk Gelombang Persegi .....	10
Gambar 2.3. Fase Diantara Dua Gelombang yang Identik.....	12
Gambar 2.4. Karakteristik Getaran .....	12
Gambar 2.5 Monitor Vibrasi .....	15
Gambar 2.6. <i>Static, couple, and dynamic unbalance</i> .....	18
Gambar 2.7. <i>bearing</i> .....	19
Gambar 2.8. <i>Misalignment</i> .....	22
Gambar 2.9. Sensor <i>Proximity Probe</i> Bently Nevada 3300 XL .....	25
Gambar 2.10. <i>Mounting Probe</i> .....	26
Gambar 2.11. Jarak Deteksi .....	28
Gambar 2.12. Pengaturan Jarak Sensor.....	29
Gambar 2.13. <i>Probe</i> .....	30
Gambar 2.14. Bagian <i>Probe</i> .....	30
Gambar 2.15. <i>Extension Cable and Connector</i> .....	32
Gambar 2.16. Simulator TK-3 .....	32
Gambar 2.17. Bagian Simulator TK-3 .....	34
Gambar 2.18. Turbin Uap ( <i>Steam Turbine</i> ) .....	35
Gambar 3.1. Denah / Lokasi Penelitian.....	36
Gambar 3.2. <i>Toolbox</i> .....	37
Gambar 3.3. <i>Power Supply DC</i> .....	37
Gambar 3.4. Multitester <i>Merk Fluke Type 78</i> .....	38
Gambar 3.5. Laptop ASUS .....	38
Gambar 3.6. Simulator TK-3 Bently Nevada .....	39
Gambar 3.7. Bently Nevada 3300 XL.....	39
Gambar 3.8. Pengukuran Posisi Radial dan Axial .....	40
Gambar 3.9. <i>Installing</i> dengan Simulator TK-3.....	41
Gambar 3.10. Pengujian <i>Probe</i> dengan Simulator TK-3 .....	43
Gambar 3.11. <i>Flowchart</i> Penelitian .....	45
Gambar 4.1. <i>Dual Thrust Monitor System</i> .....	48
Gambar 4.2. Kondisi <i>Axial Normal</i> .....	49
Gambar 4.3. Kondisi <i>Axial Alert</i> .....	50
Gambar 4.4. Kondisi <i>Axial Danger</i> .....	50
Gambar 4.5. Grafik Gap vs Output Pengujian <i>Probe</i> .....	58

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perusahaan yang bergerak dalam bidang industri pupuk urea/granule serta industri kimia seperti PT Pupuk Iskandar Muda sangat bergantung pada penggunaan turbin. Turbin dipergunakan untuk instalasi–instalasi yang membutuhkan tekanan yang tinggi. Seperti penyedia udara tekan untuk peralatan *pneumatic*, untuk memampatkan gas nitrogen, gas asam dan gas–gas nitrat, untuk mengkompres gas  $CO_2$ , untuk pematat gas-gas dan mengalirkannya pada sistem distribusi gas yang dialirkan melalui pipa dan pada instalasi pencairan gas alam untuk transportasi kapal laut, dan sebagai kompresor dari turbin gas.

Salah satunya turbin yang digunakan berada di area kompresor amoniak 61-105J. Kompresor ini digunakan untuk mengirim amoniak ke unit urea. Kerusakan yang terjadi secara mendadak dari mesin tersebut dapat berakibat terhentinya proses produksi, terbuangnya jam kerja karyawan serta pengeluaran biaya perbaikan yang mahal. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan perawatan serta mengetahui kondisi-kondisi (*monitoring*) dan batasan dari mesin yang dioperasikan agar terhindar dari kerusakan yang berlebihan.

Sifat-sifat getaran yang ditimbulkan pada suatu mesin dapat menggambarkan kondisi gerakan yang tidak diinginkan pada komponen-komponen mesin, sehingga pengukuran dan analisa getaran dapat dipergunakan untuk mendiagnosa kondisi suatu mesin, sebagai contoh *Shaft* turbin yang bergerak tidak

seimbang (berputar) pada porosnya akan menyebabkan kinerja turbin terganggu, jika keadaan tersebut dibiarkan terlalu lama maka turbin akan *trip*.

Sampai dengan saat ini, teknologi pengukuran getaran telah berkembang dengan pesat dan bisa dipakai untuk menyelidiki dan memonitor kondisi mesin-mesin modern yang mempunyai putaran tinggi. Salah satunya menggunakan teknologi sensor *proximity probe*. Dengan teknologi tersebut suatu mesin yang berputar dapat dimonitor pada posisi tertentu untuk mengetahui kondisinya. Tujuan utamanya adalah untuk mengamankan mesin dan memprediksi kerusakan yang akan terjadi.

Berdasarkan uraian di atas, dalam pengajuan tugas akhir ini penulis akan membahas tentang **Analisa Pengontrolan Vibrasi pada Turbin di PT. Pupuk Iskandar Muda**.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun masalah yang dibahas pada skripsi ini adalah :

1. Faktor-faktor apa saja yang menyebabkan vibrasi pada turbin di unit amoniak PT. Pupuk Iskandar Muda , Krunggeukueh – Aceh Utara?
2. Bagaimana analisis kehandalan dan karakteristik kelayakan sensor pada turbin di unit amoniak di PT. Pupuk Iskandar Muda, Kruenggeukueh – Aceh Utara?

## **1.3 Batasan Masalah**

Ruang lingkup permasalahan yang dibahas pada penelitian ini yaitu :

1. Pembahasan vibrasi pada turbin dilakukan hanya pada turbin uap unit Amoniak.
2. Pembahasan difokuskan pada kinerja sensor proximity dan Sensor yang digunakan yaitu sensor *proximity probe Transducer system Bently Nevada type 3300 XL*.
3. Pembahasan difokuskan pada pengukuran vibrasi pada shaft turbin pada bagian sisi *axial*.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menganalisis penyebab vibrasi pada turbin unit amoniak di PT. Pupuk Iskandar Muda, Krunggeukueh – Aceh Utara.
2. Untuk menganalisa kehandalan dan karakteristik kelayakan sensor pada turbin unit Ammoniak di PT. Pupuk Iskandar Muda, Kruenggeukueh – Aceh Utara.

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

Adapun Sistematika Penulisan Skripsi ini adalah sebagai berikut :

##### **BAB I Pendahuluan**

Menjelaskan alasan pemilihan judul, permasalahan, batasan masalah, tujuan penelitian, sistematika penulisan dalam Skripsi.

##### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Memberikan konsep-konsep dan teori-teori yang menjadikan landasan dalam kegiatan penelitian yang mencakup pengertian dari vibrasi, analisa vibrasi, getaran mekanis, indikator yang menyebabkan vibrasi pada turbin, pengertian sensor, turbin, probe. Prinsip kerja dari sensor

proximity. Landasan teori digunakan sebagai landasan berpikir untuk melaksanakan penelitian dan digunakan sebagai pedoman untuk melaksanakan penelitian.

### **BAB III Metode Penelitian**

Menentukan lokasi dan memaparkan langkah metode penelitian yang digunakan untuk menganalisis data yang diperoleh dan menggabungkan dengan teori yang digunakan dalam perhitungan *sensitivity probe* dan pengaturan gap yang baik

### **BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Membahas hasil penelitian dan perhitungan serta perbandingan dari data – data yang didapat penulis di area penelitian.

### **BAB V Kesimpulan dan Saran**

Berdasarkan hasil rangkuman penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan dan saran yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

(Elmaati H, 2013) Turbin adalah mesin pembakaran eksternal yang Mengubah energi uap menjadi mekanis Energi untuk memutar alternator rotor. Ini Transformasi terjadi dalam dua tahap:

- Transformasi energi potensial uap (Tekanan) menjadi energi kinetik (kecepatan),
- Transformasi energi kinetik menjadi mekanis

Energi (putaran rotor) yaitu transfer Energi kinetik dari garis singgung impeler yang Memerlukan generator

(Zargar A, 2014) Poros turbin dan kompresor biasanya terletak pada *journal bearings*. Titik tengah *bearing* selalu pada posisi yang sama karena bearing dianggap sebagai bagian stasioner pada instalasi tetapi poros tengah bergerak ke posisi vertikal. Sebelum proses *startup* untuk kompresor dan turbin uap, *shaft* harus berada ditengah *bearing*. Sistem pemantauan kondisi (*monitoring*) sangat penting dilakukan untuk menghindari kerusakan pada saat pengoperasian.

Kondisi sistem pemantauan *shaft* turbin biasanya menggunakan sensor non-kontak yan dipasang  $45^0$  dari poros utama. Pengkalibrasian pengaturan jarak *probe* dengan poros perlu dilakukan karena dipengaruhi oleh material poros, sensitivitas dan panjang kabel. Sensitivitas untuk *probe* non-kontak yang sesuai dengan standarnya adalah 200mV/ mil, artinya *probe* mentranslasikan tiap mil dengan 200 mV. Dimana 1 mill adalah 25.4  $\mu\text{m}$ .



Evaluasi gerakan rotor dengan Metode garis tengah poros dianggap sebagai salah satu metode yang paling efektif dalam perawatan prediktif dan pemantauan kondisi Sistem. Selain itu, getaran rendah tidak selalu menunjukkan bahwa Mesin dalam keadaan baik.

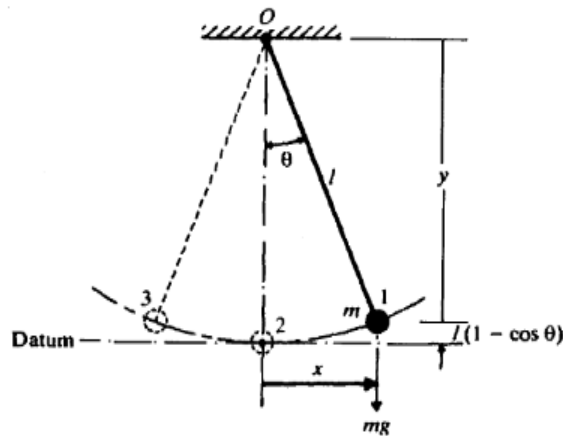
## **2.2 Vibrasi (getaran)**

### **2.2.1 Konsep dasar Vibrasi**

(Karyasa TB, 2011) Getaran adalah gerakan berisolasi dari sistem mekanis serta kondisi-kondisi dinamisnya. Gerakan dapat berupa benturan yang berulang secara kontinyu atau dengan kata lain dapat juga berupa gerakan tidak beraturan atau acak. Getaran sebagai fenomena alam merupakan kecenderungan respons alam atau respons yang terjadi, baik langsung maupun tidak langsung, akibat terjadinya peristiwa alam.

Untuk fenomena getaran mesin, getaran mesin disebabkan oleh adanya variasi oleh sistem penggerak menjadi gaya yang memiliki resultan tidak sama dengan nol atau resultan gaya dengan harga berubah-ubah. Kalau semua gaya tersebut mempunyai harga dan arah yang dapat dihitung secara tepat dan akurat maka keseimbangan mesin tersebut akan terjadi sehingga mesin tidak menimbulkan getaran. Disisi lain getaran mesin dapat terjadi akibat gaya putar atau torsi yang tidak seimbang, dalam artian gaya tersebut tidak mempunyai harga tetap; perubahan tekanan dalam torak, dan perubahan gaya kelembaman atau momen lentur dalam setiap gerakan benda.

Umumnya getaran timbul akibat adanya gaya yang bervariasi dengan waktu. Contohnya, ayunan sebuah pendulum yang dikaitkan dengan sebuah kawat seperti pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Pendulum Sederhana

(Karyasa TB, 2011)

Sebagai contoh adalah getaran dari pendulum pada gambar 2.1. Jika suatu massa  $m$  dilepas setelah disimpangkan membentuk sudut ' $\theta$ ' pada posisi-1, energi kinetiknya adalah nol. Namun pada posisi ini energi potensialnya sebesar ' $mgl(1 - \cos \theta)$ ', Karena gaya gravitasi ' $mg$ ' akan memberikan torsi sebesar  $mgl \sin \theta$  dititik O. Benda tersebut akan mulai berayun ke kiri dari posisi-1. Hal ini memberikan percepatan angular searah jarum jam. Ketika mencapai posisi-2, semua energi potensial pada benda dikonversi menjadi energi kinetik. Ayunan pada benda kemudian berlanjut ke posisi-3, namun torsi yang berlawanan dengan arah jarum jam mulai bereaksi akibat gaya resultan sebagai gaya radial. Hal ini menyebabkan terjadinya perlambatan benda. Kecepatan benda berkurang hingga menjadi nol pada posisi-3. Pada posisi ini semua energi kinetik benda dikonversi menjadi energi potensial. Akibat adanya torsi dari resultan gravitasi dan tegangan tali, dan

meskipun pada posisi-2 tidak ada gaya resultan radial, benda melanjutkan ayunannya dengan arah berlawanan jarum jam, dengan percepatan secara angular dan melewati titik-2. Proses ini terus berulang dan pendulum akan memiliki gerakan osilasi. Besar sudut osilasi ' $\theta$ ' secara perlahan akan berkurang dan pendulum akan berhenti akibat adanya redaman yang dihasilkan oleh udara.

### 2.2.2 Klasifikasi Getaran

(Rao S, 2011) Getaran dibagi menjadi beberapa klasifikasi, antara lain:

- a) **Getaran bebas** didefinisikan sebagai getaran yang terjadi pada suatu sistem (mekanisme) tanpa adanya pengaruh gaya luar (eksitasi) yang memengaruhinya. Dengan kata lain, eksitasi diberikan pada awal saja, setelah itu benda akan berosilasi. Contohnya adalah gerakan pendulum pada Gambar 2.1.
- b) **Getaran paksa** dapat didefinisikan sebagai getaran yang terjadi pada suatu sistem karena adanya rangsangan gaya luar (eksitasi). Sebagai contoh adalah getaran pada motor diesel. Jika rangsangan tersebut berosilasi maka system dipaksa untuk bergetar pada frekuensi rangsangan. Jika frekuensi rangsangan sama dengan salah satu frekuensi natural sistem maka akan didapat resonansi, dan osilasi besar dapat menimbulkan bahaya. Kerusakan struktur yang terjadi pada gedung, jembatan, turbin, dan sayap pesawat berhubungan dengan fenomena resonansi ini.

## 2.3 Parameter Dasar Getaran

(Hamid A, 2012) Vibrasi (getaran) memiliki parameter dasar yang dibutuhkan sebagai tolak ukur yaitu:

### 2.3.1 Frekuensi

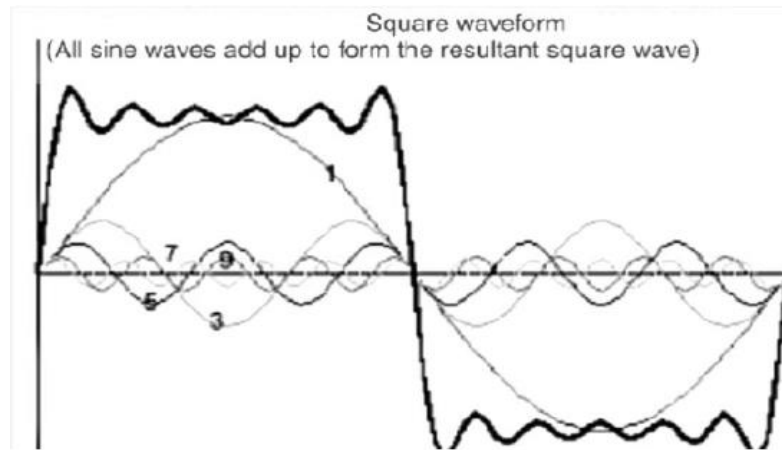
Frekuensi adalah banyaknya periode getaran yang terjadi dalam satu putaran waktu. Besarnya frekuensi yang timbul pada saat terjadinya vibrasi dapat mengidentifikasi jenis-jenis gangguan yang terjadi. Gangguan yang terjadi pada mesin sering menghasilkan frekuensi yang jelas atau menghasilkan contoh frekuensi yang dapat dijadikan sebagai bahan pengamatan. Dengan diketahuinya frekuensi pada saat mesin mengalami vibrasi, maka penelitian atau pengamatan secara akurat dapat dilakukan untuk mengetahui penyebab atau sumber dari permasalahan. Frekuensi biasanya ditunjukkan dalam bentuk *Cycle* permenit (CPM), yang biasanya disebut dengan istilah *Hertz* (dimana  $\text{Hz} = \text{CPM}$ ). Biasanya singkatan yang digunakan untuk *Hertz* adalah Hz.

$$\text{Frequency} = 0,25 \text{ cycles/s (cps)}$$

$$(\omega) = 0,25 \times 60 \text{ cycles/min} = 15 \text{ cycles/min (cpm)}$$

Fase 0 90 270 450 *degree*

Waktu 1 2 4 6 *second*



Gambar 2.2 Bentuk Gelombang Persegi

(Abdul Hamid, 2012)

Keterangan Gambar 2.2 nomor yang tertera menunjukkan nomor dari gelombang sinusnya. Penjelasan dari gambar diatas sebagai berikut :

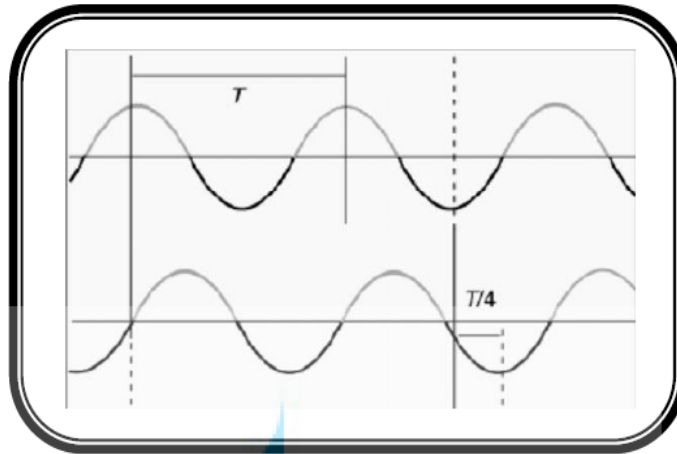
1. Gelombang pertama yang harus kita amati adalah gelombang (1), gelombang 1 adalah gelombang dengan satu siklus. Karena skala waktunya adalah 1 detik, maka frekuensi dari gelombang 1 adalah 1 Hz.
2. Gelombang berikutnya adalah gelombang (3) dengan priode yang sama dengan gelombang 1, dengan jumlah siklus adalah 3, maka frekuensinya adalah 3 Hz.
3. Ketiga adalah gelombang (5) memiliki 5 siklus. Sehingga pada priode yang sama yaitu 1 detik, gelombang 5 mempunyai frekuensi 5 Hz.
4. Berikutnya adalah gelombang (7) mempunyai 7 siklus selama priode 1 detik. Sehingga gelombang ini mempunyai frekuensi sebesar 7 Hz.
5. Kemudian dengan cara yang sama gelombang (9) mempunyai frekuensi sebesar 9 Hz.

### 2.3.2 Amplitudo

Amplitudo adalah ukuran atau besarnya sinyal vibrasi yang dihasilkan. Amplitudo dari sinyal vibrasi mengidentifikasi besarnya gangguan yang terjadi. Makin tinggi amplitudo yang ditunjukkan menandakan makin besar gangguan yang terjadi, besarnya amplitudo bergantung pada tipe mesin yang ada. Pada mesin yang masih bagus dan baru, tingkat vibrasinya biasanya bersifat relatif.

### 2.3.3 Fase

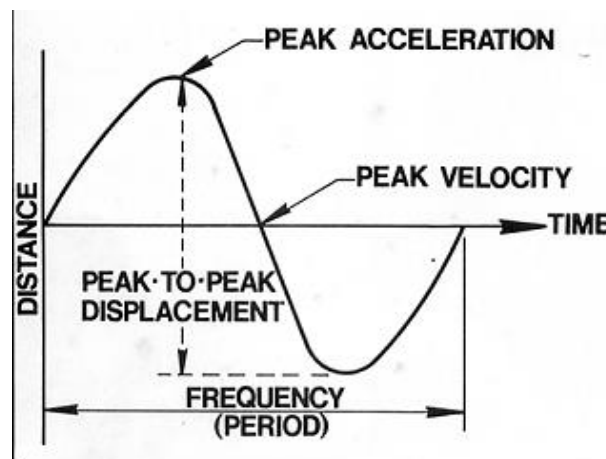
pada gambar 2.3 kita temukan bahwa kedua gelombang vibrasi memiliki amplitude dan frekuensi yang sama tetapi puncak gelombangnya berjarak sekitar  $1/4 T$ .  $T$  adalah priode yaitu waktu yang dibutuhkan untuk mencapai satu gelombang vibrasi sempurna yaitu satu puncak dan satu lembah atau  $360^\circ$ . Perbedaan waktu ini disebut "*fase*" dan dapat dinyatakan dengan sudut *fase*. Jadi dalam gambar 2.3 dibawah waktu "*wavecrest*" gelombang kedua terlambat (*lag*) sebesar  $T/4$  dari "*wavecrest*" gelombang pertama. Waktu keterlambatan  $T$  adalah sudut fase sebesar  $360^\circ$  sehingga waktu keterlambatan  $T/4$  akan menjadi fase sudut  $90^\circ$ . Dalam hal ini, biasanya kita mengatakan bahwa kedua gelombang tersebut berbeda fase sebesar  $90^\circ$ , sehingga  $1/4 T$  setara dengan  $90^\circ$ .



Gambar 2.3 *Fase* Diantara Dua Gelombang yang Identik

(Abdul Hamid, 2012)

### 2.3.4 Karakteristik Vibrasi



Gambar 2.4 Karakteristik Getaran

([www.vibrasindo.com](http://www.vibrasindo.com))

Vibrasi atau getaran mempunyai tiga karakteristik yang dapat dijadikan sebagai tolak ukur yaitu :

1. **Displacement** (Jarak vibrasi) adalah jarak yang ditempuh oleh gerakan bolak-balik (getaran) pada suatu periode waktu tertentu.

$$Displacement = A \sin ( 2\pi ft ) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

A = Panjang jarak radius pergeseran (*micron*)

f = Frekuensi gerakan bolak-balik (*Hertz*)

t = Waktu (detik)

Jarak yang ditempuh dari suatu puncak ke puncak yang lain disebut perpindahan dari puncak ke puncak (*peak to peak displacement*). Perpindahan tersebut pada umumnya dinyatakan dalam satuan mikron ( $\mu\text{m}$ ) atau mils.

$$1 \mu\text{m} = 0.001 \text{ mm}$$

$$1 \text{ mils} = 0.001 \text{ inch}$$

$$1 \text{ mils} = 0.0254 \text{ mm}$$

$$1 \text{ mils} = 25.4 \mu\text{m}$$

$$1 \mu\text{m} = 0.03937 \text{ mils}$$

Dalam pengukuran vibrasi kita hanya dapat mengukur *Peak to Peak Displacement*, yaitu jarak dari positif maximum ke negatif maximum atau sama dengan  $2xA$ .

2. **Velocity** (Kecepatan vibrasi) adalah kecepatan gerakan bolak balik pada suatu periode waktu tertentu. Kecepatan ini selalu berubah sepanjang jarak yang ditempuhnya, dimana pada posisi positif maximum dan negatif maximum kecepatan adalah nol. Pada posisi gerakan melewati daerah netral kecepatan adalah maximum.



$$Velocity = 2\pi f A \cos(2\pi ft) \dots\dots\dots (2)$$

Dalam pengukuran vibrasi kita hanya dapat mengukur kecepatan maximum atau disebut *Peak Velocity* (mm/s).

$$1 \text{ inch} = 25,4 \text{ mm}$$

$$1 \text{ mm} = 0.393 \text{ inch}$$

3. **Acceleration** (percepatan vibrasi) adalah percepatan gerak bolak balik pada suatu periode waktu tertentu. Percepatan selalu berubah sepanjang jarak yang ditempuhnya, dimana maximum pada saat displacement mencapai positif maximum atau mendekati negatif maximum.

$$Acceleration = - (2\pi f)^2 A \sin(2\pi ft) \dots\dots\dots (3)$$

Dalam pengukuran vibrasi kita hanya dapat mengukur percepatan vibrasi maximum atau disebut *Peak Acceleration* ( $mm/s^2$ ).

## 2.4 Analisa Vibrasi

Analisa vibrasi digunakan untuk menentukan kondisi mekanis dan operasional dari peralatan. Keuntungan utama adalah bahwa analisa vibrasi dapat mengidentifikasi munculnya masalah sebelum menjadi serius dan menyebabkan *downtime* yang tidak terencana. Hal ini bisa dicapai dengan melakukan monitoring secara regular terhadap getaran mesin baik secara kontinyu maupun pada interval waktu yang terjadwal. Monitoring vibrasi secara regular dapat mendeteksi *detorisasi* atau cacat pada bantalan, kehilangan mekanis (*mechanical looseness*) dan gigi-gigi yang rusak atau aus. Analisa vibrasi dapat juga mendeteksi

*misalignment* dan ketidakseimbangan (*unbalance*) sebelum kondisi ini menyebabkan kerusakan pada bantalan dan poros.

*Trending* terhadap tingkat vibrasi dapat mengidentifikasi praktek pemeliharaan yang buruk seperti instalasi dan penggantian bantalan yang buruk, *alignment* poros yang tidak akurat, dan *balancing* rotor yang tidak presisi. Semua mesin yang berputar menghasilkan getaran yang merupakan fungsi dari dinamika permesinan seperti *misalignment* dan *unbalance* dari komponen-komponen rotor. Pengukuran amplitudo getaran pada frekuensi tertentu akan menginformasikan tingkat akurasi dari proses *alignment* dan *balancing*, kondisi bantalan atau roda gigi, dan efek mesin yang diakibatkan oleh resonansi dari rumah mesin, pipa dan komponen lainnya.



Gambar 2.5 Monitor vibrasi

## 2.5 Penyebab Vibrasi Pada Mesin

Kesalahan atau penyebab terjadinya vibrasi pada rotor sering diakibatkan oleh ketidakseimbangan (*unbalance*), kerusakan pada *bearing* (bantalan), dan *misalignment* (poros bengkok).

### 2.5.1 *Unbalance* (ketidakseimbangan)

(Huda F, 2015) Pengertian *Unbalance* adalah suatu kondisi dimana pusat massa rotor tidak berimpit dengan pusat massa poros, sehingga ketika elemen ini berputar akan menimbulkan gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal meng-eksitasi sistem selama sistem berputar, sehingga menimbulkan taran. *Unbalance* bisa disebabkan oleh penyebaran massa rotor yang tidak merata tau pemasangan poros yang tidak tepat pada pusatnya . Pada Rotor turbin, *unbalance* juga bias disebabkan oleh sudu-sudunya yang terkikis akibat pengikisan oleh fluida.

Fenomena cacat ini sering terjadi pada mesin-mesin berputar, yang merupakan salah satu penyebab utama terjadinya getaran. Analisis sinyal getaran untuk gejala *unbalance* dapat dengan mudah diamati pada domain frekuensinya, yaitu biasanya ciri getarannya ditandai dengan adanya frekuensi dominan pada  $1x$  rpm. Rpm adalah tingkatan/modus frekuensi yang terjadi pada jumlah putaran/menit, dan biasanya didapat dari benda/mesin yang berputar.

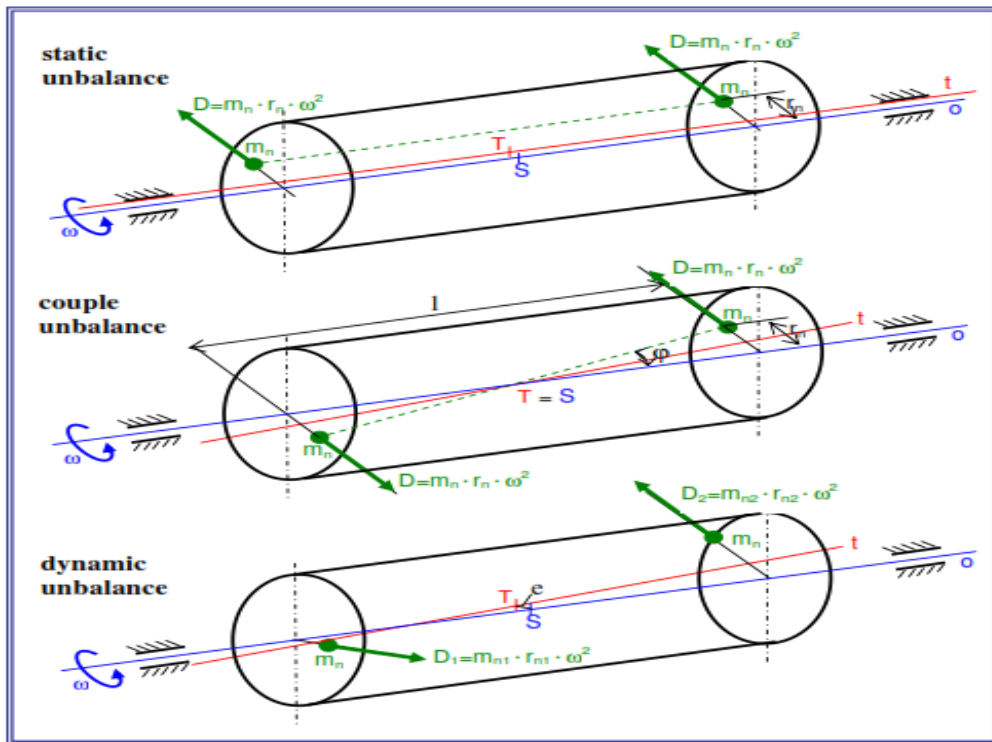
(Bilsova A, 2012) adapun Ketidakseimbangan pada rotor terbagi menjadi:

#### 2.5.1.1 *Static Force Unbalance*

Sebuah rotor adalah statis tidak seimbang ketika sumbu utama inersia  $t$  (merah) adalah sejajar dengan sumbu rotasi  $o$  biru (Gambar 2.5). *unbalance* statis dapat dipahami sebagai dua massa yang sama (*unbalances*)  $m_n$ , Ditempatkan simetris dalam kaitannya dengan bidang tegak lurus ke sumbu rotasi dan melewati pusat gravitasi. ketidakseimbangan ini disebut statis karena memanifestasikan dirinya bahkan ketika rotor tidak berputar, rotor cenderung mengambil sisa posisi dengan pusat gravitasi dibawah sumbu rotasi. Untuk menghilangkan *unbalance*

statis, massa harus hanya ditambahkan atau dihapus dalam bidang tunggal, sehingga pusat gravitasi bergeser kembali ke sumbu rotasi.

Perlu diperhatikan bahwa ketidakseimbangan statis ditunjukkan pada Gambar 2.5. di atas merupakan kasus teoritis. Untuk menghapusnya dengan menempatkan massa keseimbangan tunggal, massa ini harus dimasukkan ke bidang tegak lurus terhadap sumbu rotasi dan melewati pusat gravitasi. Pada prakteknya, ketidakseimbangan dianggap sebagai statis ketika poros diameter  $d$  jauh lebih besar dari panjang  $l$  nya (rasio  $d / l \geq 10/1$  - disebut poros pendek) atau ketika satu *disk* ditempatkan pada poros panjang. Kemudian, hasil ketidakseimbangan terutama dari *disk* ini dan keseimbangan massa ditambahkan juga ke *disk* ini. Dalam kasus lain, ketidakseimbangan poros hampir selalu dinamis.



Gambar 2.6 *Static, Couple, and Dynamic Unbalance*

(Bilosova A & Bilos J, 2012)

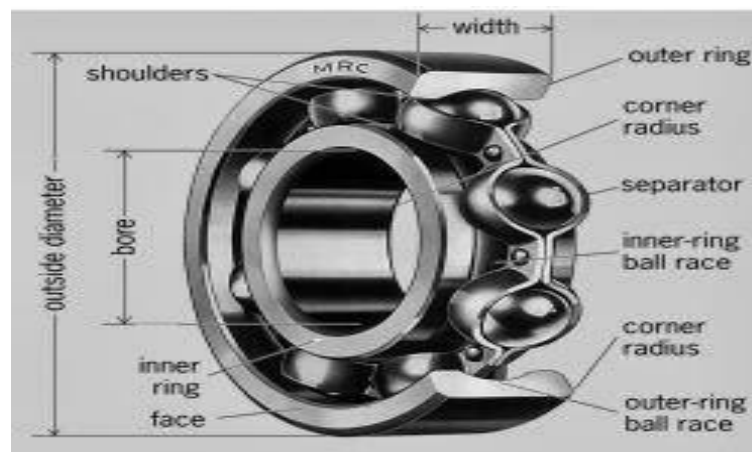
### 2.5.1.2 *Couple Unbalance*

Pasangan unbalance berarti bahwa pusat gravitasi rotor pada sumbu rotasi dan sumbu utama inersia yang berpotongan dengan sumbu rotasi. *Unbalance* ini dapat dipahami sebagai dua massa  $m_n$  sama ditempatkan pada radius  $r_n$  ditempatkan simetris (Gambar 2.5 tengah). Jika rotor ketidakseimbangan beristirahat, maka ketidakseimbangan tidak memiliki efek dan rotor akan tetap diam dalam posisi apapun. *Couple unbalance* tidak akan memanifestasikan dirinya kecuali rotor berputar, sebagai kekuatan sentrifugal dari massa yang tidak seimbang membuat pasangan yang mengalihkan sumbu utama inersia.

### 2.5.1.3 *Dynamic Unbalance*

ketidakseimbangan dinamis adalah jenis yang paling umum dari ketidakseimbangan dan pada dasarnya adalah kombinasi statis dan beberapa ketidakseimbangan. Hal ini terjadi ketika sumbu utama inersia dan sumbu rotasi adalah garis miring. *unbalance* ini dapat dipahami sebagai dua massa berbeda  $M_{n1}$  dan  $M_{n2}$ , ditempatkan sembarangan pada rotor (Gambar 2.4 di bawah). Dua kekuatan sentrifugal  $D_1$  dan  $D_2$  timbul karena massa tersebut selama rotasi. efeknya dapat dikompensasikan dengan dua bobot yang ditambahkan atau dihapus di bidang tunggal. Ukuran dan posisi beban *balancing* pada rotor ditentukan oleh prosedur *balancing*.

### 2.5.2 Kerusakan *Bearing* (bantalan)



Gambar 2.7 *Bearing*

(rodabalap.com)

*Bearing* atau bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari *bearing* yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang

berlebihan. *Bearing* membantu mengurangi gesekan diantara dua buah permukaan sehingga sistem tersebut dapat berjalan dengan baik. Untuk itu *bearing* harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik.

Pada umumnya bantalan dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu:

1. Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros.

A. Bantalan luncur (*sleeve bearing*)

Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas. Kerusakan pada *sleeve bearing* umumnya adalah *clearance* terlalu besar, beban yang ditumpu terlalu besar dan pelumasan yang tidak baik.

Karakteristik kerusakan *sleeve bearing* adalah sebagai berikut :

- a) Frekuensi vibrasi terjadi  $2x$ ,  $3x$ , atau beberapa  $x$  putaran.
- b) *Clearance* yang terlalu besar biasanya disertai dengan agak tidak *balance*, *misalignment*, *looseness* pada bagian-bagian sekitar *bearing* atau *rubbing*.
- c) Jika antara poros dengan *bearing* terjadi kontak langsung tanpa pelapisan minyak, amplitude vibrasi arah vertical umumnya lebih besar dari arah horizontal. Hal ini bias disertai dengan *clearance* yang terlalu besar.

B. Bantalan gelinding (*rolling bearing*).

Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola, rol, dan rol bulat.

Karakteristik kerusakan pada *rolling bearing* adalah sebagai berikut :

- a) Jika *bearing* menerima vibrasi akibat *unbalance* rotor, Maka kerusakan pertama terjadi pada alur dalam.
- b) Jika *bearing* menerima vibrasi akibat *misalignment*, maka kerusakan pertama terjadi sebesar jumlah *ball/ roll* kali RPM.
- c) Jika kerusakan pertama terjadi di *ball/ roll*, maka penyebabnya adalah pelumasan yang tidak baik, *overheating*, atau ada arus listrik yang melewati *bearing* tapi pentanahannya tidak baik.

### 2.5.3 Misalignment (poros bengkok)

(Huda F, 2015) *Misalignment* adalah suatu kondisi pada sistem poros-kopling ketika dua sumbu poros yang terhubung tidak berada dalam satu garis sumbu. *Misalignment* merupakan penyebab utama terjadinya getaran selain dari *unbalance*. *Misalignment* bisa terjadi pada bantalan maupun pada komponen yang saling berhubungan seperti pada kopling. *Misalignment* dibagi menjadi dua jenis yaitu *misalignment* paralel dan sudut (*angular*), namun kebanyakan kasus yang terjadi adalah gabungan dari keduanya. Pada suatu unit kompresor, *misalignment* sering terjadi pada sambungan (kopling) antara *power turbine shaft* dan *compressor shaft*. Sama seperti halnya dengan *unbalance*, gejala *misalignment* dapat dengan mudah diamati pada domain frekuensi getarannya, biasanya ciri getarannya ditandai dengan adanya frekuensi dominan pada 2x rpm bahkan pada 3x rpm.

Berikut ini akan digambarkan kemungkinan-kemungkinan yang timbul akibat *misalignment* terhadap kondisi idealnya, untuk mengetahui kasus-kasus *misalignment* yang terjadi diantara dua *shaft* mesin., dilakukan dengan mempertimbangkan empat termin dasar parameter *alignment* yaitu:



- a) **Vertikal Offset Misalignment** adalah ketidaksejajaran yang terjadi pada dua *shaft* pada posisi vertikal mesin, dimana terdapat perbedaan antara tinggi pada kedua poros, atau pada posisi sumbu z.
- b) **Vertikal Angularity Misalignment** adalah ketidaksejajaran yang terjadi pada dua poros pada posisi vertikal mesin, dimana terdapat perbedaan antara tinggi pada kedua poros, tetapi membentuk nilai sudut antara kedua poros.
- c) **Horizontal Offset Misalignment** adalah ketidaksejajaran yang terjadi pada dua poros pada posisi horizontal mesin, dimana terdapat perbedaan posisi pada posisi sumbu y.
- d) **Horizontal Angularity Misalignment** adalah ketidaksejajaran yang terjadi pada dua *shaft* pada posisi horizontal mesin, dimana terdapat perbedaan posisi pada posisi y, dengan membentuk suatu nilai sudut.

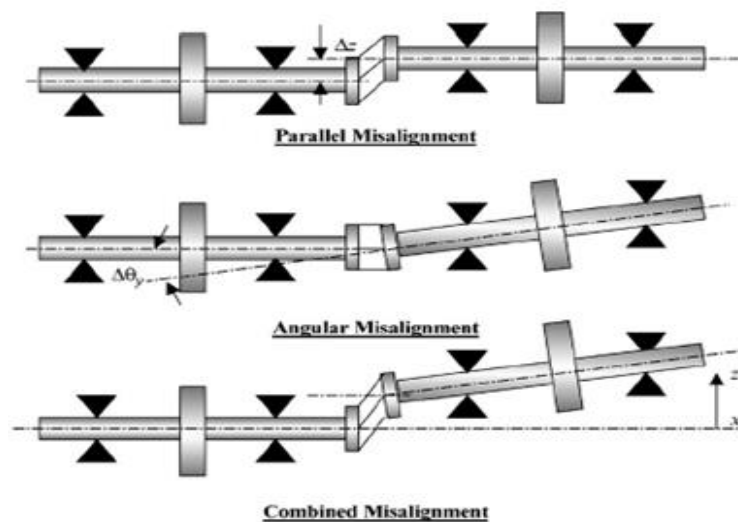


Fig. 2. Schematic of rotor with misalignment at a coupling.

Gambar 2.8 Misalignment

(nptel.ac.in)

## 2.6 Sensor

(Kenny T, 2005) Sensor adalah perangkat yang mengubah fenomena fisik menjadi sinyal listrik. Dengan demikian, sensor merupakan bagian dari antarmuka antara dunia fisik dan dunia perangkat listrik, seperti komputer. Bagian lain dari *interface* ini diwakili oleh aktuator, yang mengubah sinyal listrik menjadi fenomena fisik.

Berikut ini adalah beberapa karakteristik sensor yang penting diketahui:

### 1) Fungsi *transfer*

Fungsi *transfer* menunjukkan hubungan fungsional antara sinyal input fisik dan output sinyal listrik. Biasanya, hubungan ini diwakili sebagai grafik yang menunjukkan hubungan antara input dan output sinyal, dan rincian hubungan ini mungkin merupakan deskripsi lengkap tentang karakteristik sensor.

### 2) Kepekaan (sensitivitas)

Sensitivitas yang didefinisikan dalam hal hubungan antara input sinyal fisik dan sinyal listrik output. Hal ini umumnya merupakan rasio antara perubahan kecil dalam sinyal listrik untuk perubahan kecil dalam sinyal fisik. Dengan demikian, dapat dinyatakan sebagai turunan dari fungsi transfer sehubungan dengan sinyal fisik. unit khas adalah volt/kelvin, milivolt/kilopascal dan lain sebagainya.

Tabel 2.1 *Standard Sensitivity Proximity Probe Bently Nevada 3300 XL*

### SENSITIVITY

Standard (ASF) : 200 mVdc/mils

: 7.87 Vdc/mm

Tolerance  $\pm 6.5\%$  : From 187 mVdc/mils to 213 mVdc/mils

: From 7.36 Vdc/mm to 8.38 Vdc/mm

Sumber: PT. Pupuk Iskandar Muda, 2017

*Sensitivity* sensor menggunakan *standard* ASF (Untuk menguji *sensitivity* sensor dapat digunakan rumus:

$$\text{Sensitivity (ASF)} = \frac{(V_{o2}-V_{o1})}{(S_2-S_1)} \times 1000 \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

$V_{o2}$  = Tegangan output akhir (Volt)

$V_{o1}$  = Tegangan output awal (Volt)

$S_2$  = Jarak (gap) akhir (mils)

$S_1$  = Jarak (gap) awal (mils)

### 3) *Span* atau *Dynamic Range*

Jangkauan sinyal fisik masukan yang dapat dikonversi menjadi sinyal listrik oleh sensor adalah rentang dinamis atau *span*. Sinyal luar kisaran ini diharapkan menyebabkan ketidaktepatan tidak dapat diterima besar. rentang ini atau jangkauan dinamis biasanya spesifik oleh pemasok sensor sebagai rentang di mana karakteristik kinerja lainnya dijelaskan dalam lembar data diharapkan berlaku unit khas adalah kelvin, pascal, newton, dan lain sebagainya.



Gambar 2.9 Sensor *Proximity Probe* Bently Nevada 3300 XL

### 2.6.1 Sensor Proximity

Sensor *proximity* merupakan suatu sensor atau saklar yang mendeteksi adanya target (jenis logam) dengan tanpa adanya kontak fisik, sensor jenis ini biasanya terdiri dari alat elektronis *solid-state* yang terbungkus rapat untuk melindunginya dari pengaruh getaran, cairan, kimiawi, dan korosif yang berlebihan. Sensor ini dapat diaplikasikan pada kondisi penginderaan pada objek yang dianggap terlalu kecil/lunak untuk menggerakkan suatu mekanis saklar. Prinsip kerjanya adalah dengan memperhatikan perubahan amplitudo suatu lingkungan medan frekuensi tinggi.

Secara bahasa *Proximity* switch berarti, "*proximity*" artinya jarak atau kedekatan, sedangkan "*switch*" artinya saklar jadi definisinya adalah sensor atau saklar otomatis yang mendeteksi logam berdasarkan jarak yang diperolehnya, artinya sejauh mana kedekatan objek yang dideteksinya dengan sensor, sebab karakter dari sensor ini, mendeteksi object yang cukup dekat dengan satuan mili meter, umumnya sensor ini mempunyai jarak deteksi yang bermacam-macam seperti 5, 7, 10, 12, dan 20 mm tergantung dari tipe sensor yang digunakan, semakin

besar angka yang tercantum pada tipenya, maka semakin besar pula jarak deteksinya, selain itu sensor ini mempunyai tegangan kerja antara 10-30 Vdc atau ada juga yang menggunakan tegangan AC 100-200Vac.

Sensor *proximity* bekerja berdasarkan jarak objek terhadap sensor, ketika ada objek logam yang mendekat kepadanya dengan jarak yang sangat dekat 5 mm misalkan, maka sensor akan bekerja dan menghubungkan kontaknya, kemudian melalui kabel yang tersedia bisa dihubungkan ke perangkat lainnya seperti lampu indikator, *relay*, dan lain-lain. Pada saat sensor ini sedang bekerja atau mendeteksi adanya logam (besi) maka akan ditandai dengan lampu kecil berwarna merah atau hijau yang ada dibagian atas sensor, sehingga memudahkan dalam memonitor kerja sensor atau ketika melakukan *preventive maintenace*.



Gambar 2.10 *Mounting Probe*

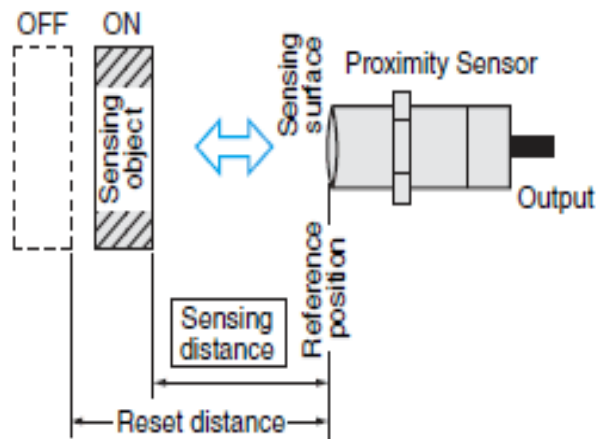
- a. Ada beberapa hal atau kondisi digunakannya sensor ini antara lain:
  1. Objek yang dideteksi terlalu kecil.
  2. Respon cepat dan kecepatan switching diperlukan.

3. Objek yang dideteksi harus dianalisa/*check* dengan adanya pembatasan non metalik (non logam) seperti kaca, plastik, dan kertas karton.
  4. Lingkungan yang berbahaya, dimana lingkungan tersebut tidak diizinkan adanya kontak mekanik.
- b. Ada beberapa klasifikasi sensor *proximity* yang ada, di antaranya yaitu:
1. Induktif yaitu memakai 2 lempeng dengan 1 bagian lempeng pembuat medan dari sistem induksi. Bila objek mendekat maka medan akan dipantulkan dan menghasilkan induktansi tertentu sesuai jaraknya. Objek yang dideteksi umumnya dari metal dan respon frekuensi *switch* umumnya tinggi.
  2. Kapasitif yaitu memakai sistem 2 lempeng dan dialiri suatu frekuensi. Bila objek mendekat diantara lempeng tersebut maka akan timbul kapasitansi dengan nilai sesuai jarak objek. Objek yang dapat dideteksi bisa dari metal atau non-metal seperti cairan, tepung dan plastik. Respon frekuensi *switch* ini rendah tetapi stabilitas *switching* tinggi. Ketika akan memasang, faktor lingkungan juga ditentukan. Harga jenis ini lebih mahal dan jarak *sensing*-nya bisa diatur.
  3. Magnetik yaitu memakai magnet permanen sebagai pemancar medan magnet. Objek yang mendekat akan memantulkan medan magnet ke keping berikutnya. *Switch* yang digunakan dalam *pneumatic cylinder* adalah permanen magnet. Magnet tersebut digunakan untuk pengukuran posisi tetap dalam *cylinder*. Harganya

sangat mahal dan saklarnya dapat digunakan dengan *range* tegangan yang lebar. Outputnya dibuat dari kontak *relay*.

c. Jarak Deteksi

Jarak deteksi adalah jarak dari posisi yang terbaca dan tidak terbaca sensor untuk operasi kerjanya ketika objek benda digerakkan oleh metode tertentu.

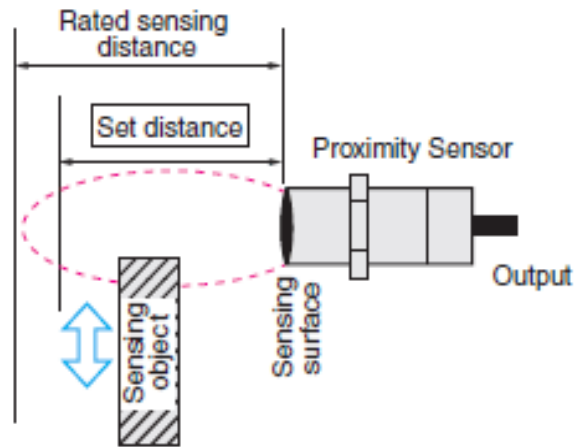


Gambar 2.11 Jarak Deteksi

(www.academia.edu)

d. Pengaturan Jarak

Jarak dari permukaan referensi yang memungkinkan penggunaan stabil, termasuk pengaruh suhu, dan tegangan ke posisi objek (standar) *sensing* transit, ini adalah sekitar 70% sampai 80% dari jarak (nilai) normal *sensing*.



Gambar 2.12 Pengaturan Jarak Sensor

([www.academia.edu](http://www.academia.edu))

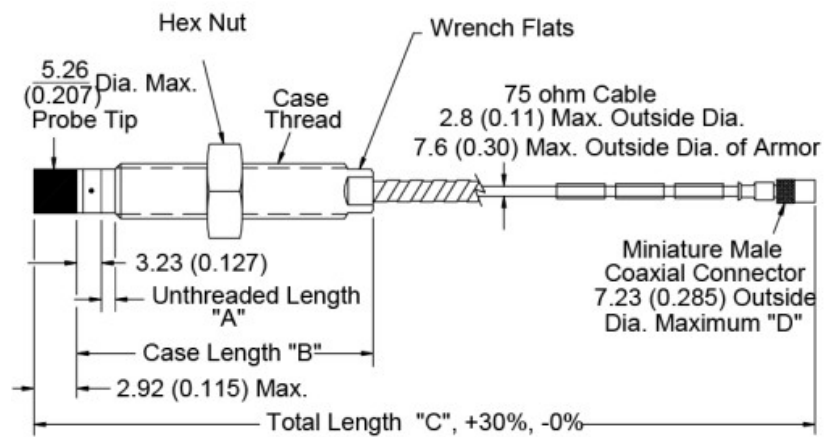
### 2.6.2 Probe

*Probe* adalah sebuah transduser yang ditempelkan pada bagian mesin yang bergetar, getaran tersebut diteruskan melalui case insulator ke bahan *piezoelectric*, sehingga bahan tersebut mengalami tekanan sebanding dengan getarannya. Bahan *piezoelectric* tersebut mempunyai kemampuan untuk menimbulkan muatan listrik sebagai respon terhadap gaya mekanis yang bekerja terhadapnya. Getaran mekanis yang menghasilkan gaya akan mengenai bahan piezoelectric dan bahan tersebut akan menimbulkan muatan listrik yang sebanding dengan besarnya percepatan dari getaran tersebut.





Gambar 2.13 Probe



Gambar 2.14 Bagian Probe

Pada gambar 2.14 merupakan jenis probe yang digunakan pada PT. Pupuk Iskandar Muda dengan P/N 330103 – 00 – 03 – 10 – 02 – 00 merk *Bently Nevada*. Dari P/N tersebut dapat dijelaskan bahwa 00 merupakan *unthreaded length*, 03 merupakan *case length*, 10 merupakan *total length*, 02 merupakan *miniature male coaxial connector* dan 00 merupakan kode Negara yang memproduksi jenis *probe* tersebut.

### 2.6.3 Extension Cable

(Rufina Z, 2014) Kabel listrik adalah kawat penghantar berisolasi sebagai media untuk menyalurkan energi listrik dari satu tempat ke tempat lain dan juga untuk membawa sinyal informasi dari satu tempat ke tempat lain. Sebuah kabel listrik terdiri dari isolator dan konduktor, kecuali untuk kabel grounding, kabel TT (Tegangan Tinggi), kabel SUTET (kabel Tegangan Ekstra Tinggi), biasanya ada yang tidak dibungkus dengan isolator.

Isolator adalah bahan pembungkus konduktor untuk menahan tekanan listrik yang disebabkan tegangan arus bolak-balik maupun tegangan transien tanpa mengalami kegagalan isolasi dan tidak menyebabkan hubung pendek (*short circuit*), terbuat dari karet atau plastik. Sedangkan konduktor berfungsi untuk menyalurkan energi listrik, berupa kumpulan kawat yang dipilin agar lebih fleksibel terbuat dari tembaga atau aluminium.

Berdasarkan konstruksinya, penghantar diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Penghantar pejal (*solid*) yaitu penghantar yang berbentuk kawat pejal yang berukuran sampai 10 mm<sup>2</sup>.
2. Penghantar berlilit (*stranded*) yaitu penghantar terdiri dari beberapa urat kawat yang berlilit dengan ukuran 1 mm<sup>2</sup> – 500 mm<sup>2</sup>.
3. Penghantar serabut (*fleksible*) yaitu penghantar yang banyak digunakan untuk tempat-tempat yang sulit dijangkau, alat-alat *portable*, alat-alat ukur listrik dan pada kendaraan bermotor. Ukuran kabel ini antara 0,5 mm<sup>2</sup> - 400 mm<sup>2</sup>



Gambar 2.15 *Extension Cable and Connector*

Pada gambar 2.15 merupakan jenis kabel yang digunakan pada PT. Pupuk Iskandar Muda dengan P/N 330130 – 080 – 00 – 05 merk *Bently Nevada*. Dari P/N tersebut dapat dijelaskan bahwa 080 merupakan total *length* dan 05 merupakan kode Negara yang memproduksi jenis kabel tersebut. Untuk panjang *Extension cable* bently menyediakan pilihan yaitu 8 meter dan 5 meter.

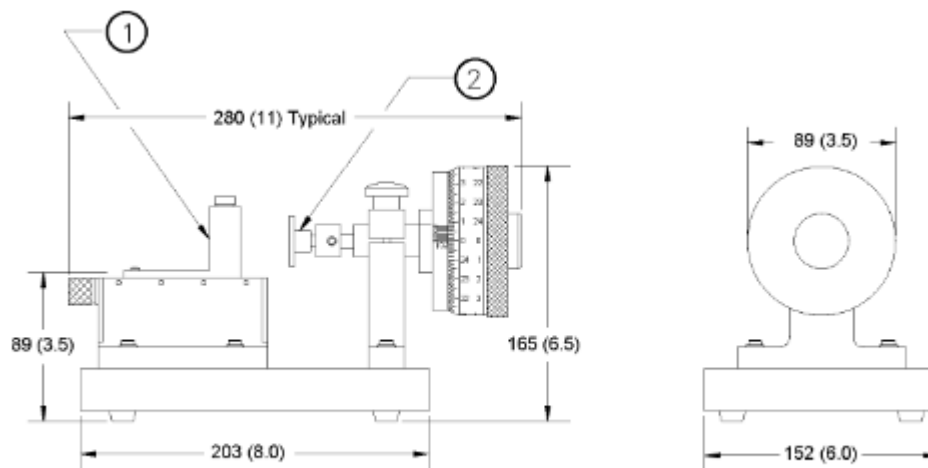
## 2.7 Simulator TK-3



Gambar 2.16 Simulator TK-3

Simulator TK-3 sangat ideal untuk melakukan pengujian Sistem transduser dengan spesifikasi kinerja transduser atau API (Standar American Petroleum Institute) 670. Sistem transduser Nevada yang kokoh semuanya diproduksi untuk memenuhi spesifikasi kinerja yang dipublikasikan. Mereka memiliki rentang linier yang ditentukan, faktor skala rata-rata (ASF) dan faktor skala inkremental (ISF). Sistem transduser memiliki penyimpangan maksimum dari toleransi garis lurus (DSL) dan ISF, keduanya pada suhu sekitar dan untuk suhu yang diperpanjang. Simulator TK-3 dapat membantu memverifikasi apakah sistem transduser bekerja dengan benar dan dalam spesifikasi yang dipublikasikan.

Simulator TK-3 mempunyaia presisi untuk memeriksa sistem transduser. Sebuah *probe mounting* disediakan untuk meletakkan *probe* sehingga mempunyai target presisi yang tinggi. Ada 4140 target yang bisa dipindahkan (diputar) mendekat atau menjauh dari ujung probe secara bertahap. Tombol target ini Mensimulasikan posisi poros. Keluaran dari Sensor *proximity* Direkam menggunakan voltmeter. Keluaran tersebut untuk memverifikasi kondisi pengoperasian sistem transduser dengan membandingkan kurva probe yang baru dihasilkan menggunakan simulator TK-3 dengan spesifikasi yang dipublikasikan untuk system transduser tersebut. Simulator TK-3 dapat memeriksa dan memverifikasi pengoperasian posisi poros yang tepat pada monitor.



Gambar 2.17 Bagian Simulator TK-3

## 2.8 Steam Turbine (turbin uap)

(Duzinkiewicz K, 2016) Sistem turbin uap mengubah energi yang tersimpan tinggi Tekanan dan uap suhu tinggi menjadi energi putar, yang Selanjutnya diubah menjadi energi listrik oleh generator sinkron. Setiap bagian turbin uap terdiri dari bebrapa Pisau bergerak yang menempel pada rotor dan baling-baling. Di mana uap dipercepat ke kecepatan tinggi. Energi kinetik uap yang berkecepatan tinggi diubah menjadi torsi poros. Berbagai macam turbin uap telah dibangun dengan kapasitas, aplikasi dan kinerja yang diinginkan. Untuk aplikasi pembangkit listrik turbin uap memiliki Fitur yang kompleks dan terdiri dari ekspansi uap multistage (bertingkat) untuk meningkatkan Efisiensi termal.

(Elmaati H, 2013) Turbin uap diklasifikasikan sebagai mesin vital. Yang kegagalannya akan menyebabkan penghentian produksi. Jika tidak di *monitoring*, setiap kejadian atau kecelakaan pada instalasi yang ada pada turbin akan mengancam pengoperasian peralatan dan keamanan pribadi.

Dengan kata lain, biaya perawatan langsung dan tidak langsung dari mesin ini sangat penting. Padahal, keandalannya membutuhkan suku cadang khusus dan melibatkannya Ahli dengan perpanjangan shutdown turbin. Dengan demikian, menerapkan perawatan preventif yang memadai pada turbin ini sangat diperlukan dalam tujuannya :

- a. Meningkatkan produktivitas,
- b. Meningkatkan alat pendukung keputusan secara substansial berdasarkan keandalan, dengan menyediakan kapasitas pengoptimalan yang nyata,
- c. Memastikan pengoperasian mesin dan keamanan pribadi yang aman,
- d. Mengurangi resiko kegagalan dan meningkatkan ketersediaan,
- e. Merencanakan perawatan,
- f. Mengoptimalkan sumber daya perawatan,
- g. Mengoptimalkan stok suku cadang.



Gambar 2.18 Turbin Uap (*steam turbine*)

## BAB III

### METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Denah/Lokasi Penelitian



Gambar 3.1 Denah/lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di turbin uap (*steam turbine*) unit amoniak PT. Pupuk Iskandar Muda, Jl. Medan-Banda Aceh, Kruenggeukuh, Aceh Utara, Nanggroe Aceh Darussalam (NAD), Indonesia.

#### 3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun peralatan dan bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

## 1. Toolbox

Berfungsi sebagai alat pendukung untuk melakukan *setting* pada probe.



Gambar 3.2 *Toolbox*

(thebestofzambia.com)

## 2. Power supply DC merk Emerson

Berfungsi sebagai penyuplai tegangan listrik pada transduser. Tegangan *power supply* adalah 24 Vdc.



Gambar 3.3 *Power Supply DC*



3. Multitester merk Fluke type 78

Berfungsi untuk mengetahui *output* dari *oscillator*



Gambar 3.4 Multitester merk Fluke Type 78

4. Laptop merk ASUS A455L Series

Berfungsi untuk mencatat hasil pengukuran saat simulasi menggunakan



3.5 Laptop ASUS

5. Simulator TK-3

Berfungsi untuk simulasi dan mengetahui probe layak digunakan atau tidak (rusak).



Gambar 3.6 Simulator TK-3 Bentley Nevada

6. Sensor *proximity probe* Bentley Nevada *type* 3300 XL

Berfungsi sebagai sensor yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada rotor turbin.

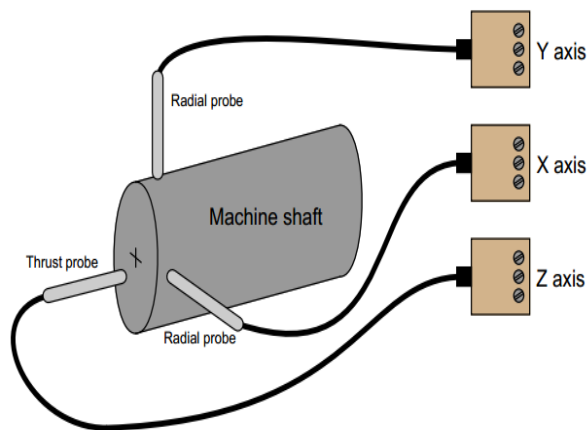


Gambar 3.7 Bentley Nevada 3300 XL

### 3.3 Posisi dan Arah Pengukuran

Pengukuran getaran pada suatu mesin secara normal diambil pada *bearing* dari mesin tersebut melalui transduser. Transduser sebaiknya harus ditempatkan sedekat mungkin dengan bearing mesin karena melalui bearing tersebut gaya getaran dari mesin ditransmisikan. Gerakan bearing merupakan hasil reaksi gaya dari mesin tersebut.

Disamping karakteristik getaran seperti amplitudo, frekuensi dan fasa ada karakteristik lain dari getaran yang juga mempunyai arti yang sangat penting yaitu arah dari gerakan getaran. Ada dua arah posisi pengukuran yang sangat penting yaitu horizontal dan vertikal. Perhatikan gambar dibawah ini :



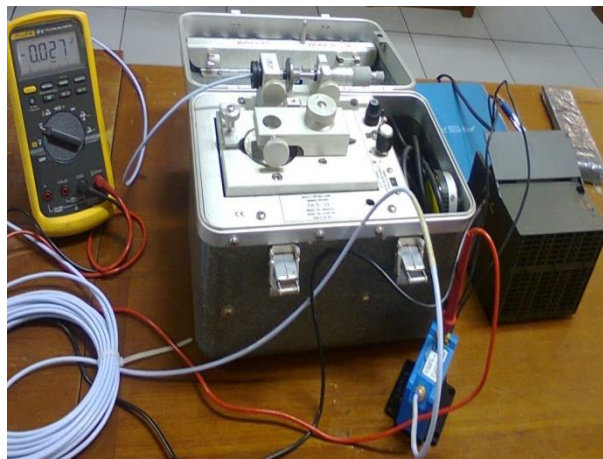
Gambar 3.8 Pengukuran Posisi Radial dan Axial

(rifqitf09.blogspot.com)

Posisi vertikal mengatur sistem kerja dari *radial* dan posisi horizontal mengatur sistem kerja dari *axial*. Arah pengukuran ini biasanya didasarkan pada posisi sumbu transduser terhadap sumbu putaran dari *shaft* mesin. Arah ini juga sangat penting artinya dalam analisa suatu getaran.

### 3.4 Prosedur Pengukuran Dalam Penelitian

Pendeteksi vibrasi sangat penting pada mesin-mesin *rotating*, seperti turbin. Turbin berfungsi untuk menggerakkan kompresor. Kompresor yang dimaksud dalam pembahasan ini adalah 105-J yang digunakan oleh PT Pupuk Iskandar Muda. Turbin merupakan alat yang sangat penting dan berpengaruh dalam proses produksi. Oleh karena itu turbin harus dipasang pengaman agar terhindar dari kerusakan yang membahayakan terhadap peralatan maupun pekerja. Salah satu pengamanan tersebut yaitu *monitoring* vibrasi yang berupa sistem alarm dan *emargancy shut down* (trip) terhadap mesin tersebut. Rangkaian pendeteksi vibrasi dapat di aplikasikan pada rangkaian berikut :

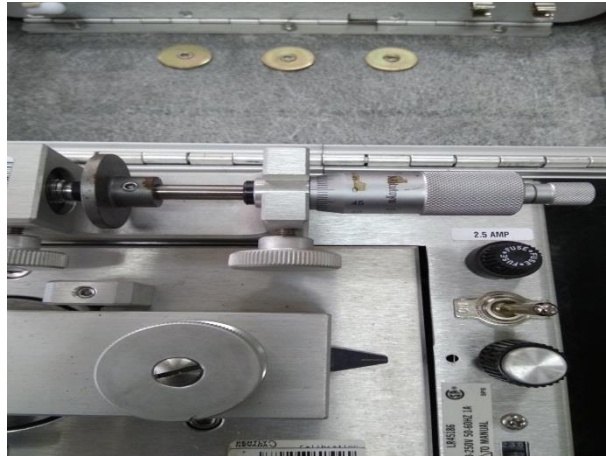


**Gambar 3.9** *Installing* dengan Simulator TK-3

Gambar 3.9 merupakan aplikasi yang digunakan pada area kompresor amoniak 61-105-J di PT Pupuk Iskandar Muda. Beberapa alat pendukung untuk melakukan pengukuran terjadinya vibrasi antara lain :

1. *Probe*
2. kabel
3. *Proximator*
4. Multimeter (Monitor)

Semua komponen tersebut saling berkaitan untuk mendapatkan nilai pembacaan vibrasi terhadap monitor. *Probe* yang digunakan pada pengukuran tersebut menggunakan jenis probe merk Bently Nevada dengan panjang kabel internal 1 meter. *Probe* tersebut dihubungkan pada kabel *extension* dengan panjang 8 meter. Kemudian kabel tersebut dihubungkan pada *input proximator*, dimana *proximator* membutuhkan tegangan kerja sebesar 0 sampai -24Vdc. *Output proximator* dihubungkan ke multimeter sebagai alat ukur untuk menampilkan pembacaan besaran tegangan. Panjang kabel yang mampu terbaca untuk jenis *proximator* ini hanya 9 meter yaitu kabel internal dari *probe* 1 meter dan ditambah dengan kabel *extension* 8 meter. *Standart probe* yang dibaca oleh *proximator* yaitu 7.87V/mm atau 200mV/mil.



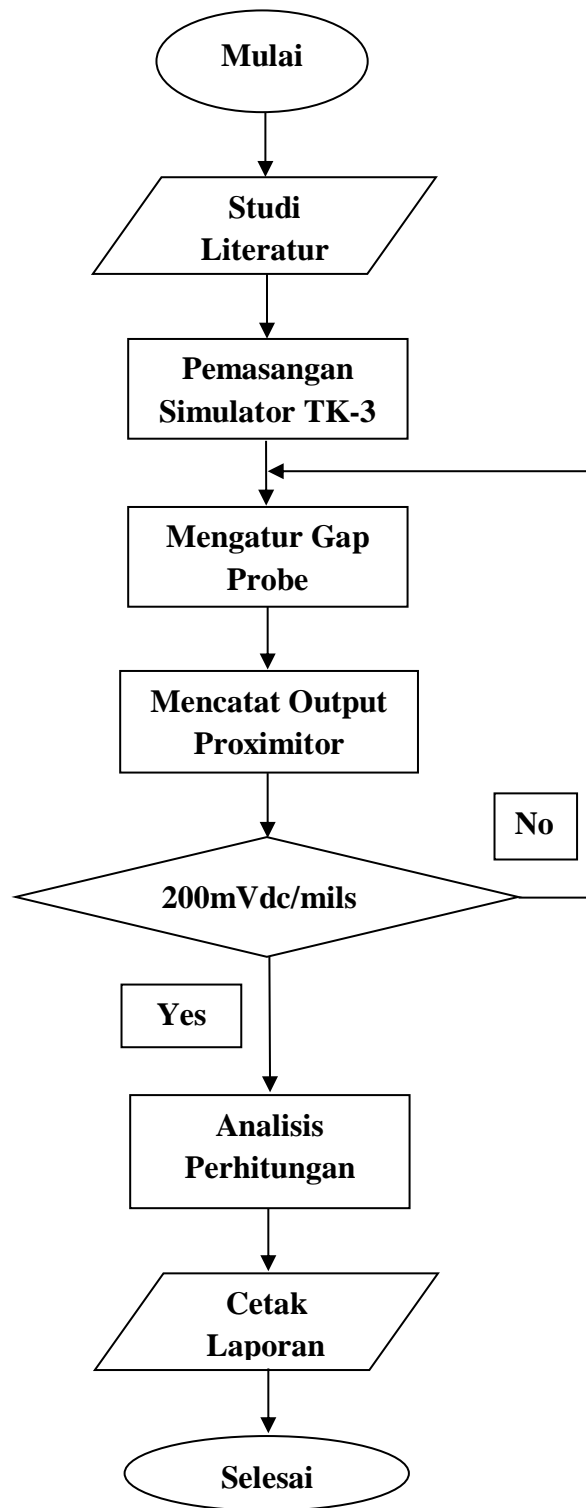
Gambar 3.10 Pengujian *Probe* dengan Simulator TK-3

Jarak antara *probe* dengan objek memiliki batasan tertentu. Jika jarak probe dengan objek semakin jauh, maka tegangan yang dihasilkan akan semakin positif ( + ), namun jika jarak *probe* dengan objek semakin dekat, maka tegangan yang dihasilkan akan semakin *negative* ( - ). Dengan demikian amplitudo sinyal *carrier* juga akan berubah-ubah sebanding dengan jarak antara *probe* dan objek tersebut. Jarak antara ujung probe dengan objek dari mesin disebut gap. Gap ini diatur sesuai dengan karakteristik transduser dan mesin yang akan digunakan.

*Probe* tersebut memiliki koil yang menyebabkan induksi magnetik sehingga menghasilkan sinyal frekuensi yang dialirkan melalui kabel extension ke *proximitor*. Pada *proximitor* besarnya sinyal tergantung dari objek yang di sensor dan perubahan magnet yang di timbulkan. Kemudian sinyal tersebut dapat di informasikan melalui monitor dalam bentuk bar grafis.

### **3.5 Diagram *Flowchart* Penelitian**

Adapun diagram proses alur jalannya penelitian sebagai berikut:



Gambar 3.11 *Flowchart* Penelitian



### 3.6 Teknik Analisis Data

Hal ini merupakan suatu langkah penting dalam penelitian, terutama bila digunakan sebagai simpulan tentang masalah yang diteliti. Dalam hal ini bersifat deskriptif, analisa yang digunakan adalah analisa deskriptif.

#### 3.6.1 Analisa Keandalan Sensor

Apabila turbin bekerja, maka dibutuhkan sebuah alat proteksi berupa sensor proximity untuk mengukur getaran poros tanpa menyentuh poros (*shaft* turbin) tersebut. Sensor harus selalu dalam keadaan handal ketika turbin beroperasi sehingga kerusakan pada turbin dapat terhindarkan.

Untuk mengetahui deviasi sensor sesuai dengan *standard* ISF dapat menggunakan rumus :

$$\text{Deviasi (ISF)} = \frac{\left(\frac{V_{O(n)} - V_{O(n-1)}}{0,25}\right) - 7,87}{7,87} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

$V_{O(n)}$  = Tegangan output ke n (volt)

$V_{O(n-1)}$  = Tegangan output ke n-1 (volt)

n = 1,2,3,4,5.....

Standart (ASF) = 7.87 vdc

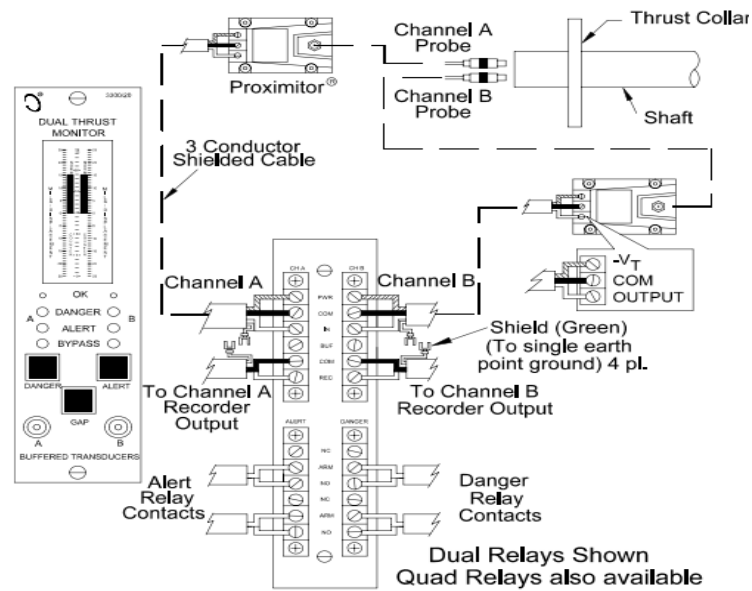
Untuk memperoleh deviasi total dalam bentuk persen dapat menggunakan rumus :

$$\text{Deviasi total : } \left( \frac{\text{Hasil pengujian } sensitivity - \text{standar } sensitivity \text{ ASF}}{sensitivity \text{ standar ASF}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Vibrasi Monitoring System



**Gambar 4.1 Dual Thrust Monitor System**

Gambar 4.1 yaitu vibrasi *monitoring system* yang sangat penting untuk pengamanan *plant*. Vibrasi *monitoring system* dipasang dengan tujuan untuk mengamati perubahan vibrasi yang terjadi pada *rotating equipment* apabila melewati batasan yang di setting akan menyebabkan kondisi alarm dan kondisi yang lebih ekstrim yaitu dapat mematikan kompresor tersebut. Pada kompresor 61-105-J ini terdapat dua vibrasi yang selalu dimonitor, yaitu *axial* dan *radial* vibrasi.

*Setting* yang terpasang pada *monitoring axial* kompresor 61-105-J ada dua yaitu VI4306 dan VI4307. Keduanya bekerja bersamaan memonitoring vibrasi kompresor. Jika terjadi kegagalan atau kerusakan pada salah satu indikasi, maka indikasi yang satunya lagi akan menjadi nilai aktual vibrasi.

Ada tiga kondisi yang terjadi pada indikasi monitor vibrasi yaitu :

1. Kondisi normal
2. Kondisi *Alert* (Alarm)
3. Kondisi *Danger* (trip)

Saat kondisi normal tegangan yang terukur pada VI4306 sebesar -9.82Vdc dan -9.39Vdc untuk VI4307.



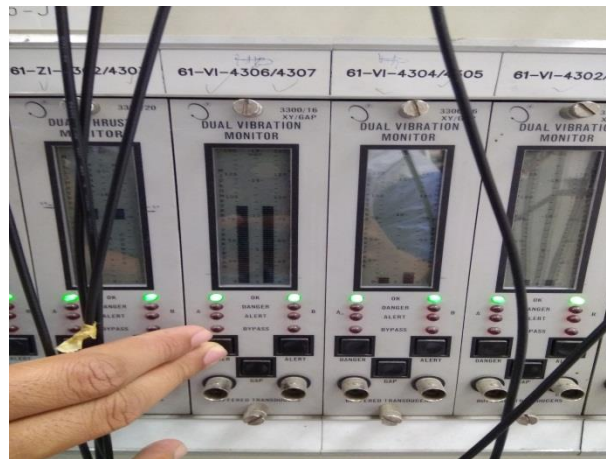
**Gambar 4.2** Kondisi *Axial* normal

Pada keadaan *alert*, jarak pembacaan *probe* terhadap objek pada monitor yaitu  $60\mu\text{m}$ . Jarak  $60\mu\text{m}$  merupakan jarak *settingan* yang disetujui oleh pihak pabrik. Oleh karena itu operator harus segera mengambil tindakan agar tidak terjadinya bahaya atau trip secara otomatis.



Gambar 4.3 Kondisi Axial Alert

Apabila dalam keadaan *danger*, maka jarak pembacaan *probe* mencapai  $90\mu\text{m}$ . Jarak  $90\mu\text{m}$  merupakan jarak settingan yang disetujui oleh pihak pabrik. Apabila itu terjadi, maka mesin yang beroperasi akan langsung mati (*trip*).



Gambar 4.4 Kondisi Axial Danger

## 4.2 Hasil Pengujian Keandalan Sensor

Sensor yang handal harus menghasilkan *sensitivity* sebesar 200mV/ mils atau 7.87 Vdc/ mm dengan toleransinya  $\pm 6.5\%$ . Berikut data-data hasil pengujian keandalan sensor (*sensitivity*) menggunakan sensor *proximity probe* Bently Nevada 3300XL:

### 4.1 Tabel data hasil pengujian 1 keandalan sensor *proximity probe* Bently

Nevada 3300 XL

GAP		OUTPUT
(mm)	(mils)	(-VOLT)
0.00	0.00	0.636
0.25	9.84	0.726
0.50	19.68	2.687
0.75	29.52	4.675
1.00	39.37	6.66
1.25	49.21	8.66
1.50	59.05	10.61
1.75	68.89	12.57
2.00	78.74	14.51

Sumber : PT. Pupuk Iskandar Muda

### 4.2 Tabel data hasil pengujian 2 keandalan sensor *proximity probe* Bently

Nevada 3300 XL

GAP		OUTPUT
(mm)	(mils)	(-VOLT)

0.00	0.00	0.635
0.25	9.84	0.727
0.50	19.68	2.689
0.75	29.52	4.672
1.00	39.37	6.66
1.25	49.21	8.65
1.50	59.05	10.62
1.75	68.89	12.57
2.00	78.74	14.52

Sumber : PT. Pupuk Iskandar Muda

#### 4.3 Tabel data hasil pengujian 3 kehandalan sensor *proximity probe* Bently

Nevada 3300 XL

GAP		OUTPUT
(mm)	(mils)	(-VOLT)
0.00	0.00	0.635
0.25	9.84	0.729
0.50	19.68	2.697
0.75	29.52	4.685
1.00	39.37	6.67
1.25	49.21	8.66
1.50	59.05	10.63
1.75	68.89	12.57

2.00	78.74	14.52
------	-------	-------

Sumber : PT. Pupuk Iskandar Muda

#### 4.4 Tabel data hasil pengujian 4 kehandalan sensor *proximity probe* Bently

Nevada 3300 XL

GAP		OUTPUT
(mm)	(mils)	(-VOLT)
0.00	0.00	0.635
0.25	9.84	0.731
0.50	19.68	2.699
0.75	29.52	4.688
1.00	39.37	6.68
1.25	49.21	8.67
1.50	59.05	10.62
1.75	68.89	12.58
2.00	78.74	14.51

Sumber : PT. Pupuk Iskandar Muda

#### 4.5 Tabel data hasil pengujian 5 kehandalan sensor *proximity probe* Bently

Nevada 3300 XL

GAP		OUTPUT
(mm)	(mils)	(-VOLT)
0.00	0.00	0.635



0.25	9.84	0.729
0.50	19.68	2.698
0.75	29.52	4.684
1.00	39.37	6.67
1.25	49.21	8.67
1.50	59.05	10.63
1.75	68.89	12.57
2.00	78.74	14.51

Sumber : PT. Pupuk Iskandar Muda

### 4.3 Analisa *Sensitivity Probe* dengan Menggunakan Rumus

Untuk menganalisa *sensitivity probe* kita dapat menggunakan data-data hasil pengujian yang terdapat pada tabel 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, dan 4.5 untuk menentukan nilai deviasinya terlebih dahulu.

#### a. Deviasi pengujian 1

1. Untuk jarak gap 0.50 mm atau 19.68 mils diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \text{Deviasi (ISF)} &= \frac{\left(\frac{V_o(n)-V_o(n-1)}{0,25}\right) - 7,87}{7,87} \times 100 \\
 &= \frac{\left(\frac{2.698-0.729}{0,25}\right) - 7,87}{7,87} \times 100 \\
 &= -0.330
 \end{aligned}$$

2. Untuk jarak gap 0.75mm atau 29.52 mils diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \text{Deviasi (ISF)} &= \frac{\left(\frac{V_o(n)-V_o(n-1)}{0,25}\right) - 7,87}{7,87} \times 100 \\
 &= \frac{\left(\frac{4.675-2.687}{0,25}\right) - 7,87}{7,87} \times 100
 \end{aligned}$$

$$= 1.042$$

3. Untuk jarak 1.00 mm atau 39.37 mils diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Deviasi (ISF)} &= \frac{\left(\frac{V_o(n)-V_o(n-1)}{0,25}\right) - 7,87}{7,87} \times 100 \\ &= \frac{\left(\frac{6,66-4,675}{0,25}\right) - 7,87}{7,87} \times 100 \\ &= 0.889 \end{aligned}$$

4. Untuk jarak 1.25 mm atau 49.21 mils diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Deviasi (ISF)} &= \frac{\left(\frac{V_o(n)-V_o(n-1)}{0,25}\right) - 7,87}{7,87} \times 100 \\ &= \frac{\left(\frac{8,66-6,66}{0,25}\right) - 7,87}{7,87} \times 100 \\ &= 1.652 \end{aligned}$$

5. Untuk jarak 1.50 mm atau 59.05 mils diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Deviasi (ISF)} &= \frac{\left(\frac{V_o(n)-V_o(n-1)}{0,25}\right) - 7,87}{7,87} \times 100 \\ &= \frac{\left(\frac{10,62-8,66}{0,25}\right) - 7,87}{7,87} \times 100 \\ &= -0.381 \end{aligned}$$

6. Untuk jarak 1.75 mm atau 68.89 mils diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Deviasi (ISF)} &= \frac{\left(\frac{V_o(n)-V_o(n-1)}{0,25}\right) - 7,87}{7,87} \times 100 \\ &= \frac{\left(\frac{12,57-10,62}{0,25}\right) - 7,87}{7,87} \times 100 \\ &= -0.889 \end{aligned}$$

7. Untuk jarak 2.00 mm atau 78.74 mils diperoleh:

$$\text{Deviasi (ISF)} = \frac{\left(\frac{V_o(n)-V_o(n-1)}{0,25}\right) - 7,87}{7,87} \times 100$$

$$= \frac{\left(\frac{(14.51-12.57)}{0.25}\right) - 7.87}{7.87} \times 100$$

$$= -1.398$$

Dengan menggunakan rumus seperti yang diatas untuk pengujian 2, 3, 4, 5 maka diperoleh:

Tabel 4.6 Hasil pengujian *sensitivity probe* dengan rumus

ISF Deviation ( $\pm 10\%$ )			
Pengujian 2	Pengujian 3	Pengujian 4	Pengujian 5
-0.280	0.025	0.025	0.076
0.788	1.042	1.093	0.940
1.042	0.889	1.245	0.940
1.144	1.144	1.144	1.652
0.127	0.127	-0.889	-0.381
-0.889	-1.398	-0.381	-1.398
-0.889	-0.889	-1.906	-1.398

Sumber : PT. Pupuk Iskandar Muda

Untuk jarak 0.0 mm dan 0.25 mm datanya tidak digunakan karena tidak memenuhi karakteristik *linearity*.

b. *Sensitivity probe*

*Sensitivity probe* harus memenuhi standard ASF yaitu 200mVdc/ mils atau 7.87 Vdc/ mm dengan toleransi  $\pm 6.5\%$ .

1. Pengujian 1

$$Sensitivity (ASF) = \frac{(V_{o2} - V_{o1})}{(S_2 - S_1)} \times 1000$$

$$= \frac{(14.51-0.726)}{(78.74-9.84)} \times 1000$$

$$= 200.058 \text{ mVdc/ mils}$$

## 2. Pengujian 2

$$\text{Sensitivity (ASF)} = \frac{(Vo2-Vo1)}{(S2-S1)} \times 1000$$

$$= \frac{(14.52-0.727)}{(78.74-9.84)} \times 1000$$

$$= 200.189 \text{ mVdc/ mils}$$

## 3. Pengujian 3

$$\text{Sensitivity (ASF)} = \frac{(Vo2-Vo1)}{(S2-S1)} \times 1000$$

$$= \frac{(14.52-0.729)}{(78.74-9.84)} \times 1000$$

$$= 200.160 \text{ mVdc/ mils}$$

## 4. Pengujian 4

$$\text{Sensitivity (ASF)} = \frac{(Vo2-Vo1)}{(S2-S1)} \times 1000$$

$$= \frac{(14.51-0.731)}{(78.74-9.84)} \times 1000$$

$$= 199.985 \text{ mVdc/ mils}$$

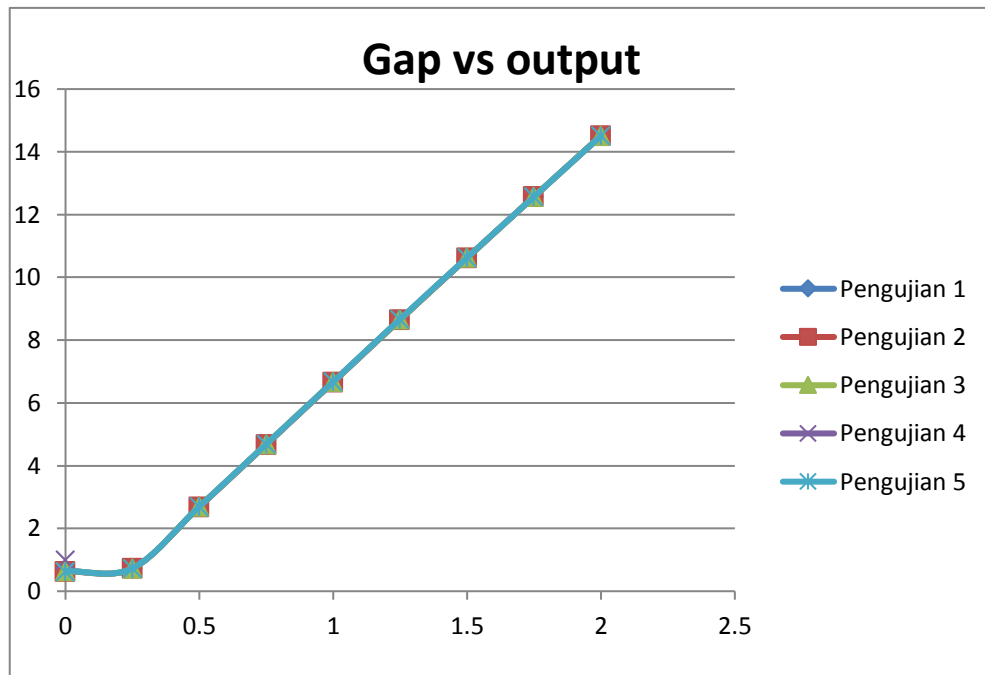
## 5. Pengujian 5

$$\text{Sensitivity (ASF)} = \frac{(Vo2-Vo1)}{(S2-S1)} \times 1000$$

$$= \frac{(14.51-0.731)}{(78.74-9.84)} \times 1000$$

$$= 199.985 \text{ mVdc/ mils}$$

c. Grafik gap terhadap output



Gambar 4.5 Grafik Gap vs Output Pengujian Probe

Tabel 4.5 menyatakan bahwa pada pengujian 1,2,3,4,5 dengan gap 0.00 mm diperoleh output masing-masing 0.636 V, 0.635 V, 0.635 V, 0.635 V, 0.635 V. Gap 0.25 mm diperoleh output masing-masing 0.726 V, 0.727 V, 0.729 V, 0.731 V, 0.729 V. Gap 0.50 mm diperoleh output masing-masing 2.687, 2.689 V, 2.697 V, 2.699 V, 2.698 V. Gap 1.00 mm diperoleh output masing-masing 6.66 V, 6.66 V, 6.67 V, 6.68 V, 6.67 V. Gap 1.25 mm diperoleh output masing-masing 8.66 V, 8.65 V, 8.66 V, 8.67 V, 8.67 V. Gap 1.50 diperoleh output masing-masing 10.61 V, 10.62 V, 10.63 V, 10.62 V, 10.63 V. Gap 1.75 mm diperoleh output masing-masing 12.57 V, 12.57 V, 12.57 V, 12.58 V, 12.57 V. Gap 2.00 mm diperoleh output masing-masing 14.51 V, 14.52 V, 14.52 V, 14.51 V, 14.51 V.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan.

1. Faktor yang menyebabkan vibrasi pada turbin di unit amoniak PT. Pupuk Iskandar Muda, Krunggeukueh – Aceh Utara adalah *unbalance* dan kerusakan pada *bearing*.
2. Hasil analisa kehandalan dan karakteristik kelayakan sensor pada turbin di unit amoniak PT. Pupuk Iskandar Muda , Krunggeukueh – Aceh Utara dinyatakan handal dan layak digunakan karena telah memenuhi *standart* 200mVdc/ mils dengan toleransi yang diberikan  $\pm 6.5\%$

#### 5.1. Saran

Mengingat studi dilakukan dengan keterbatasan dan asumsi-asumsi, maka perlu untuk memperhatikan hal-hal sebagai berikut ini :

1. Pada tugas akhir ini saya hanya menganalisa pengontrolan vibrasi dari sisi *displacement* (perpindahan) rotor turbin, saya mengharapkan agar bisa mengembangkan tugas akhir saya untuk menganalisa pengontrolan vibrasi dari sisi pengaruh amplitudo dan frekuensi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kenny, Tom. (2005). *Sensor Technology Handbook* Department Mechanical Engineering: Stanford University
- Karyasa, Tunga Bima. (2011). *Dasar-Dasar Getaran Mekanis*". Yogyakarta: Andi Offset
- Hamid, Abdul. (2012). *Praktikal Vibrasi Mekanik Teori Dan Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Bilosova, Alena. Jan Bilos. (2012). *Vibration Diagnostics*. VSB-TUO: InterDV.
- Rao, Singeresu S. *Mechanical Vibration*. Miami University: Prentice Hall
- Sokolski, Pawel. Tomasz A Rutkowski, Kazimierz Duzinkiewicz. *Simplified, Multiregional Fuzzy Model Of A Nuclear Power Plant Steam Turbine*. Faculty Of Electrical Control Engineering, Gdansk University Of Technology, Poland
- Elmaati, Hassane. Abdelkader Benbouaza, Bachir Elkihel, Fabienne Delaunois. 2013. *Implementation Of A Vibration Monitoring system Of a Steam Turbine For Optimization Of The Maintenance*. Maroko: International Journal Of Emerging Trends & Technology In Computer Science (IJETTCS). Vol. 2, Issue. 6
- Sukendi. Ikhwanasyah Isranuri, Suherman. 2015. *Analisa Karakteristik Getaran Dan Machine Learning Untuk Deteksi Dini Kerusakan Bearing*. Widya Teknika, vol. 23, No.2, ISSN 1411-0660: 41-49

Ullah, Israr. Naeem Arbab, Waheed Gul. 2017. *State Of The Art Vibration Analysis Of Electrical Rotating Machines*. Pakistan: Journal Of Electrical Engineering. Doi, 10.1765/2328-2223/2017.02.004

Huda, Febliil. Nazaruddin, Mario Dovani. 2015. *Analisis Suara Pada Rotordinamik Akibat Unbalance, Misalignment, Dan Loosness*. Banjarmasin: Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)

Ramali, D Ahmad, Budi Setiyono, Ahmad Hidayatno. *Identifikasi Kerusakan Mesin Berbasis Sinyal Getaran Dengan Metode Fuzzy Logic*. Makalah Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Diponegoro

Zargar, Omid A. 2014. *Turbine Compressor Vibration Analysis And Rotor Movement Evaluation By Shaft Center Line Method (The Case History Related To Main Turbine Compressor Of An Olefin Plant In Iran Industries)*. International Journal Of Mechanical, Aerospace, Industrial, and Manufacturing Engineering. Vol.8, No.1

Rafina, Zikra. I Wayan Ratnata, Hasbullah. 2014. *Analisis Tegangan Tembus Kabel Instalasi Listrik*. Universitas Pendidikan Indonesia: Jurnal Electrans, Vol. 13, No. 1, ISSN 1412-3762

PLN. 2010. *Analisa Vibrasi*. Jasa Diklat Unit Pendidikan Dan Pelatihan Suralaya, UNJ

<https://Academia.edu/10156601/Makalahproximity> diakses pada tanggal 21

Februari 2017



[www.gemeasurement.com/sensors-probes-transducers/proximity-probes/bently-nevada-3300-x1-series-proximito-system](http://www.gemeasurement.com/sensors-probes-transducers/proximity-probes/bently-nevada-3300-x1-series-proximito-system) Diakses pada tanggal 17 Februari 2017

