

TUGAS AKHIR

ANALISA VIBRASI PADA KERUSAKAN BEARING TURBINE

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD ID'HAM YAHYA
2007230022



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA
MEDAN
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : MUHAMMAD ID'HAM YAHYA
NPM : 2007230022
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : ANALISA VIBRASI PADA KERUSAKAN BEARING TURBINE
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 17 April 2025

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Penguji I



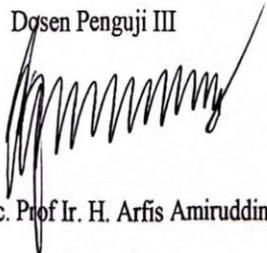
Dr Khairul Umurani ST. MT

Dosen Penguji II



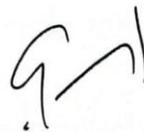
Dr Suherman ST,MT

Dosen Penguji III



Assoc. Prof Ir. H. Arfis Amiruddin, M.Si

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Chandra A Siregar, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD ID'HAM YAHYA
Tempat/ Tanggal Lahir : Medan, 06, September 2002
NPM : 2007230022
Fakultas : Mesin
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

"ANALISA VIBRASI PADA KERUSAKAN BEARING TURBINE"

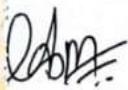
Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan nonmaterial, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses 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 menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 April 2025

Saya yang menyatakan,



MUHAMMAD ID'HAM YAHYA

ABSTRAK

Turbin uap adalah mesin konversi energi dengan mengonversikan energi kalor menjadi energi mekanik, dan energi mekanik menjadi energi listrik pada generator. Dimana komponen tersebut merupakan komponen vital yang berfungsi merubah secara langsung energi panas yang terkandung dalam uap menjadi gerak putar pada poros. PT Multimas Nabati Asahan, Jalan Acces Road, Desa Kuala Tanjung, Kecamatan Sei Suka, Kabupaten Batubara, Sumatra Utara. Sebagai salah satu industri pengolah CPO (*Crude Palm Oil*) yang menggunakan pembangkit listrik tenaga uap. Mesin yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik adalah turbin uap. Ketika turbin berputar maka akan terjadi gesekan antara poros turbin dengan bantalan atau bearing yang menimbulkan getaran, *Journal Bearing* adalah suatu elemen turbin uap yang dapat menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan berumur panjang. Apabila turbin mengalami kerusakan, maka akan mempengaruhi proses produksi. Dengan dibutuhkan alat vibration meter untuk selalu memantau kinerja turbin saat beroperasi yang akan membantu untuk menjaga keamanan pergerakan shaft turbin terhadap bearing disetiap waktu. Monitoring vibration tersebut berupa kondisi nilai vibrasi akurasi tinggi maupun kondisi trip, dengan harapan akan memperkecil kerusakan pada turbin, meningkatkan keamanan, mengurangi biaya operasi, meningkatkan kualitas produk. Hasil analisa vibrasi pada PT Multimas Nabati Asahan dinyatakan handal dan layak digunakan karena telah memenuhi standard ISO 10816-3 dengan nilai akurasi (Rms) rata-rata pengukuran sebesar 0,26 mm/s dan nilai (Rms) dengan tingkat ketinggian 0,30 mm/s yang menyatakan nilai vibrasi pada kategori izin operasi jangka panjang yang tidak terbatas.

Kata kunci: Turbin uap, *Journal Bearing*, Vibrasi Turbin.

ABSTRACT

Steam turbine is an energy conversion machine by converting heat energy into mechanical energy, and mechanical energy into electrical energy in the generator. Where the component is a vital component that functions to directly change the heat energy contained in the steam into rotary motion on the shaft. PT Multimas Nabati Asahan, Jalan Acces Road, Kuala Tanjung Village, Sei Suka District, Batubara Regency, North Sumatra. As one of the CPO (*Crude Palm Oil*) processing industries that uses steam power plants. The machine used to generate electrical energy is a steam turbine. When the turbine rotates, there will be friction between the turbine shaft and the bearing or bearing which causes vibration, Journal Bearing is a steam turbine element that can support the loaded shaft, so that the rotation or reciprocating movement can take place smoothly, safely, and long-lived. If the turbine is damaged, it will affect the production process. With the need for vibration meter tools to always monitor the performance of the turbine when operating which will help to maintain the safety of the turbine shaft movement against the bearing at all times. The vibration monitoring is in the form of high accuracy vibration value conditions or trip conditions, with the hope of minimizing damage to the turbine, increasing safety, reducing operating costs, improving product quality. The results of vibration analysis at PT Multimas Nabati Asahan are declared reliable and suitable for use because they have met the ISO 10816-3 standard with an average measurement accuracy value (Rms) of 0,26 mm / s and a value (Rms) with a height level of 0,30 mm / s which states the vibration value in the category of unlimited long-term operating permits

Keywords: Steam turbine, Journal Bearing, Turbine Vibration

KATA PENGANTAR

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 Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“Analisa Vibrasi Pada Kerusakan Bearing Turbine”**.

Selesainya 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. Bapak Assoc. Prof. Ir. H. Arfis Amiruddin, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir
2. Bapak Dr Khairul Umurani ST,MT selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir
3. Bapak Dr Suherman ST,MT selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir
4. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku sekertaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis
8. Kedua Orang Tua penulis yang telah berjasa besar dalam membesarkan dan membiayai segala kebutuhan serta studi penulis di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dan atas doa dan dukungan penulis bisa menyelesaikan proposal tugas akhir
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
10. Teman-teman sejawat dan seperjuangan Fakultas Teknik, khususnya Program Studi Teknik Mesin angkatan 2020 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.

Medan, 23 April 2025

Penulis yang menyatakan,



The image shows an official stamp of Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. The stamp includes the university's logo, the text 'UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA', and 'METERAI TEMPEL'. Below the stamp is a handwritten signature in black ink. The stamp also contains the alphanumeric code 'BEC1AMX278367763'.

MUHAMMAD ID'HAM YAHYA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup Penelitian	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Turbin Uap	3
2.1.1. Prinsip Kerja Turbin Uap	4
2.1.2. Komponen Turbin Uap	5
2.2. Journal Bearing	5
2.3. Vibrasi	7
2.3.1. Vibrasi Reclinear	8

2.3.2. Vibrasi Rotasional	8
2.3.3. Analisis Vibrasi (Detection Mode)	11
2.3.4. Manfaat dan keuntungan	12
2.4. Klarifikasi Getaran	13
2.5. Batas Vibrasi dan Standard Vibrasi	15
2.5.1. Standar Vibrasi ISO 10816-3	15
2.5.2. IRD Machanalysis Standard Vibrasi	16
2.6. Penyebab Vibrasi Pada Mesin	16
2.6.1. Unbalance (ketidakseimbangan)	16
2.6.2. Kerusakan Bearing	19
2.6.3. Missalignment	20
2.7. Parameter Getaran	21
2.8. Predictive Maintenance	24
2.8.1. Manfaat Dan Tujuan Predictive Maintenance	25
BAB 3 METODOLOGI	26
3.1 Tempat dan waktu	26
3.1.1 Tempat Penelitian	26
3.1.2 Waktu Penelitian	26
3.2 Bahan dan Alat	26
3.2.1 Bahan	26
3.2.2 Alat	27
3.3 Bagan Alir Penelitian	30
3.4 Rancangan Alat Penelitian	31
3.5 Prosedur Penelitian.	31

3.6 Langkah-langkah Pengukuran Vibrasi	32
3.7 Variabel	34
3.7.1 Variabel Bebas	34
3.7.2 Variabel Tetap	34
3.8 Pengumpulan Data	35
3.9 Pengolahan Data	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Analisa Data	36
4.2 Analisis Kerusakan Bearing Turbin Uap	39
4.3 Faktor Penyebab Vibrasi Pada Turbin Uap	40
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Penelitian	26
Tabel 3.8 Data Skunder <i>log sheet</i> Vibrasi Operator	32
Tabel 3.9 Data Primer Vibrasi Turbin Uap	33
Tabel 4.2 Data Vibrasi Velocity	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Uap	3
Gambar 2.2 Prinsip Kerja Turbin Uap	4
Gambar 2.3 Journal Bearing	5
Gambar 2.4 Gerak Osilasi dari Suatu Sistem Pegas Massa	8
Gambar 2.5 Gerak Osilasi dari Suatu Sistem Pegas Massa Dashpot	8
Gambar 2.6 Model Getran Lateral	9
Gambar 2.7 Model Getaran Aksial	10
Gambar 2.8 Model Geteran Torsional	11
Gambar 2.9 Getaran Bebas Tidak Teredam	13
Gambar 2.10 Getaran Bebas Teredam	14
Gambar 2.11 Batas Vibrasi Menurut ISO 10816-3	16
Gambar 2.12 Static, Couple, and Dynamic Unbalance	18
Gambar 2.13 Misalignment	21
Gambar 2.14 Bentuk Gelombang Persegi	22
Gambar 2.15 Fase Diantara Dua Gelombang yang Identik	23
Gambar 3.1 Turbin Uap	27
Gambar 3.2 Panel Parameter Turbin	27
Gambar 3.3 Ampere meter	28
Gambar 3.4 Cos	28
Gambar 3.5 Voltas	28
Gambar 3.6 Vibration Meter	29
Gambar 3.7 Bagan Alir Penelitian	30

Gambar 4.1 Titik dan posisi pengukuran vibrasi pada turbin uap	36
Gambar 4.2 Hasil Pengukuran Vibrasi <i>bearing</i> pinion 1 pada shaft depan	37
Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Vibrasi <i>bearing</i> pinion 2 pada shaft belakang	37
Gambar 4.4 Hasil Pengukuran Vibrasi <i>bearing bull gear</i> 1 pada shaft depan	38
Gambar 4.5 Hasil Pengukuran Vibrasi <i>bearing bull gear</i> 2 pada shaft belakang	38

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
M	Massa	Joule
K	<i>Stiffness</i>	
C_{tj}	Danping torsi	
m_x	Gaya Inersia	
c_x	Gaya Peredaman	
k_x	Gaya Pegas	
$f(t)$	Gaya Eksitasi Luar	
C_t	Konstanta Redamanan	
K_t	Kekakuan Pegas	
θ_t	Perubahan Sudut	
T	Torsi	Rpm
ω_n	Frekuensi Pribadi	Rad/s
f_n	Frekuensi	Hz

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perusahaan yang bergerak dalam bidang industri pengolahan kelapa sawit crude palm oil (CPO) dan palm kernel (PK) seperti PT Multimas Nabati Asahan. Sebagai salah satu industri pengolah CPO (Crude Palm Oil) yang menggunakan pembangkit listrik tenaga uap. Listrik yang di hasilkan pada pembangkit tersebut di distribusikan ke setiap stasiun- stasiun pabrik selama proses pengolahan. Mesin yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik adalah turbin uap.

Turbin uap adalah mesin konversi energi dengan mengonversikan energi kalor menjadi energi mekanik, dan energi mekanik menjadi energi listrik pada generator. Dimana komponen tersebut merupakan komponen vital yang berfungsi merubah secara langsung energi panas yang terkandung dalam uap menjadi gerak putar pada poros. Poros turbin ini di kopel dengan poros generator sehingga generator dapat menghasilkan listrik. Ketika turbin berputar maka akan terjadi gesekan antara poros turbin dengan bantalan atau bearing, hal ini akan menimbulkan panas yang apabila berlebihan dapat mengakibatkan kerusakan material. (Izzati, 2022).

Bantalan atau biasa disebut dengan bearing salah satu komponen yang terdapat pada turbin uap. Journal Bearing adalah suatu elemen turbin uap yang dapat menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan berumur panjang.

Salah satu metode perawatan yang diterapkan di industri yang dilakukan adalah dengan mendeteksi dan mendiagnosis kerusakan pada peralatan, sehingga kondisi peralatan dapat terpantau dengan baik. Biasanya kegiatan perawatan pada mesin-mesin berputar (rotating machine) dilakukan dengan menganalisa frekuensi vibrasi, sehingga dapat diketahui jenis kerusakannya (RARIANTO, 2016).

Analisa vibrasi sangat penting karena salah satu indikator yang baik untuk mendeteksi masalah mekanis untuk peralatan berputar (Rotating Equipment), karena getaran suatu mesin yang disebabkan oleh gaya berulang seperti ketidakseimbangan, *misalgnment*, poros bengkok, kerusakan bantalan, kelonggaran mekanik, gear aus,

kavitasi dan resonansi. Analisis vibrasi menganalisa pola vibrasi berdasarkan parameter-parameter getaran seperti frekuensi, amplitudo, dan fasa.

Perubahan terhadap parameter tersebut menunjukkan adanya kelainan pada mesin yang dapat diidentifikasi sebagai kerusakan mesin (Setyawan & Suryadi, 2018).

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan mendeteksi kerusakan pada *journal bearing* pada turbin uap berdasarkan sinyal vibrasi yang dihasilkan oleh mesin saat beroperasi.

Berlandaskan dengan latar belakang tersebut, peneliti terinspirasi untuk melaksanakan penelitian dengan mengangkat judul "Analisa Vibrasi Pada Kerusakan Bearing Turbine".

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menganalisa kerusakan *bearing* pada turbin uap?
2. Bagaimana memperjelas faktor yang menyebabkan vibrasi pada turbin uap?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

1. Pembahasan vibrasi turbin dilakukan hanya pada turbin uap
2. Data vibrasi turbin uap *journal bearing*.
3. Metode yang digunakan berupa metode analisa vibrasi.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisis kerusakan *bearing* pada turbin uap
2. Untuk menganalisis faktor yang menyebabkan vibrasi pada turbin uap

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat mengetahui kerusakan pada turbin uap.
2. Dapat mengetahui dampak penyebab kerusakan pada turbin uap.
3. Dapat menjadi sumber referensi pembelajaran dibidang pembangkit listrik (turbin uap) dalam menambah bahan ajar bagi pembaca.
4. Dapat memberi masukan kepada perusahaan untuk dapat memperbaiki sistem pembangkit tenaga dan meningkatkan *predictive maintenance* diperusahaan tersebut

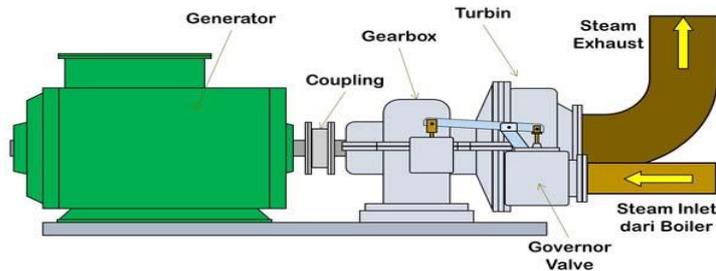
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Uap

Turbin uap adalah mesin konversi energi dengan mengkonversikan energi kalor menjadi energi mekanik, dan energi mekanik menjadi energi listrik pada generator. (Apriandi & Mursadin, 2016). Sudu adalah bagian dari turbin, dimana konversi energi terjadi sudu terdiri dari bagian akar sudu badan sudu dan ujung sudu kemudian di rangkai sehingga membentuk satu lingkaran penuh (Umurani et al., 2020). Dimana komponen tersebut merupakan komponen vital yang berfungsi merubah secara langsung energi panas yang terkandung dalam uap menjadi gerak putar pada poros. Poros turbin ini di kopel dengan poros generator sehingga generator dapat menghasilkan listrik. Ketika turbin berputar maka akan terjadi gesekan antara poros turbin dengan bantalan atau bearing, hal ini akan menimbulkan panas yang apabila berlebihan dapat mengakibatkan kerusakan material. Untuk menguranginya maka diperlukan sistem pelumasan pada turbin uap. Sistem pelumasan pada turbin uap ini tidak hanya berfungsi untuk mengurangi gesekan saja, namun juga berfungsi untuk memindahkan panas, memindahkan kotoran, dan mendinginkan bantalan turbin dan generator (Izzati, 2022).

Gambar 2.1 Sebagai berikut

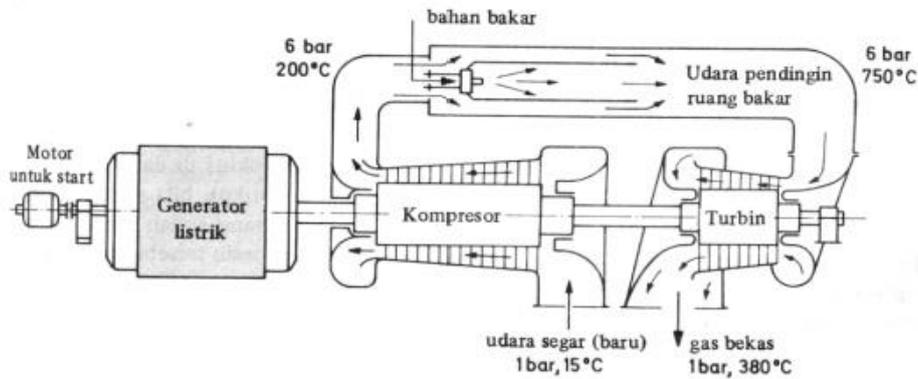


Gambar 2.1 Turbin uap

2.1.1 Prinsip Kerja Turbin Uap

(Hadi, 2021) Menegaskan prinsip kerja turbin uap adalah sebagai berikut:

1. Jika uap masih mempunyai kecepatan saat keluar dari sudu turbin, artinya sudu yang sedang bekerja hanya menyerap sebagian energi kinetik uap, sehingga digunakan sisa energi kinetik pada saat keluar sudu turbin, sehingga turbin dilengkapi dengan beberapa baris sudu yang bergerak. Sebelum memasuki baris kedua dari sudu-sudu penggerak, sederet sudu tetap (sudu-sudu pemandu) dipasang antara baris pertama dan baris kedua untuk mengubah arah kecepatan uap sehingga uap dapat memasuki baris kedua dengan arah yang benar.
2. Tekanan dari uap dirubah menjadi energi kinetis. Tekanan uap pada saat keluar dari nozzel lebih kecil dari pada masuk ke dalam nozzel, akan tetapi sebaliknya kecepatan uap keluar nozzel lebih besar dari pada saat masuk kedalam nozzel. Uap yang memancar keluar dari nozzel diarahkan ke sudu- sudu turbin yang berbentuk lengkungan dan dipasang disekeliling roda turbin. Uap yang mengalir melalui celah-celah antara sudu turbin itu dibelokkan kearah mengikuti lengkungan dari sudu turbin, perubahan kecepatan uap ini menimbulkan gaya yang mendorong dan kemudian memutar roda dan poros turbin,
3. Kecepatan uap saat meninggalkan baris sudu gerak yang terakhir harus dapat dibuat sekecil mungkin, agar energi kinetis yang digunakan untuk mendorong sudu turbin dapat dimanfaatkan secara optimal. Dengan demikian efisiensi turbin menjadi lebih tinggi dikarenakan energi yang tidak termanfaatkan. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.2. Sebagai berikut.



Gambar 2.2 Prinsip kerja turbin uap

2.1.2 Komponen Turbin Uap

Secara umum komponen-komponen utama pada turbin uap adalah sebagai berikut:

1. Nozzel, sebagai media untuk merubah energi potensial menjadi energi kinetik.
2. Sudu, alat yang menerima gaya dari energi kinetik uap melalui nozzel.
3. Cakram, tempat sudu-sudu dipasang secara radial pada poros.
4. Poros, sebagai komponen utama tempat cakram diletakkan/ dipasang.
5. Kopling, sebagai penghubung antara mekanisme turbin dengan mekanisme yang digerakkan.
6. *Bearing*, bagian yang berfungsi untuk menyokong kedua ujung poros serta menerima pembebanan.

2.2 *Journal Bearing*

Journal bearing adalah jenis bantalan selain bantalan gelinding/*rolling bearing*, digunakan secara luas pada poros mesin putar. (Lubis et al., 2021) menjelaskan besarnya pembebanan pada gerakan komponen mesin pada *bearing* akan menyebabkan efisiensi penggunaan daya yang digunakan untuk menggerakkan komponen tersebut. Pembebanan ini juga menyebabkan terjadinya perubahan temperatur pada permukaan bearing (Partogi et al., 2022)

a. *Clearance* tidak sesuai standar

Yakni jarak (gap) antara bearing dengan poros rotor memiliki nilai dan toleransi yang tidak boleh diabaikan. Hal ini sangat berpengaruh terhadap besarnya vibrasi (getaran) pada bearing saat operasi. Pengukuran dan pengaturan *clearance* dilakukan pada saat *bearing* diangkat keluar atau dilepas dari poros turbin. Sedangkan untuk vibrasi (getaran) tinggi, selain dikarenakan oleh *clearance* yang tidak sesuai, bisa juga disebabkan oleh kelendutan rotor. Kelendutan pada rotor dapat mengakibatkan putaran rotor tidak pada sumbu horisontalnya. Sehingga dapat mengakibatkan gesekan yang tidak normal antara poros rotor dengan bearing yang menyebabkan sensor vibrasi pada bearing menunjukkan nilai yang tinggi. Jika nilai vibrasi melebihi batas yang diijinkan, maka unit menjadi trip.

b. Kegagalan sistem pelumasan

Kegagalan system pelumasan juga dapat mengakibatkan temperatur *bearing* menjadi tinggi. Sistem pelumasan pada *bearing* dipengaruhi oleh beberapa hal. Diantaranya, kualitas minyak pelumas, suhu minyak pelumas, tekanan dan aliran minyak pelumas.

Salah satu indikator baik tidaknya sistem pelumasan adalah perbedaan temperatur minyak pelumas yang masuk dan keluar *bearing*. Semakin besar perbedaan temperaturnya berarti semakin baik kemampuan heat transfer (perpindahan panas). Kemampuan perpindahan panas juga dipengaruhi oleh besar kecilnya tekanan dan aliran minyak pelumas.

Hal ini dikarenakan adanya fenomena gesekan yang terjadi saat mesin tersebut bergerak. Selain penggunaan pelumas pada bearing, upaya lain yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut ialah dengan menambahkan tekstur atau alur pada permukaan *bearing*. Beberapa penelitian dan eksperimen menunjukkan bahwasanya penambahan tekstur buatan pada *bearing* akan mempengaruhi bentuk kekasaran buatan pada permukaan *bearing*, sehingga memiliki potensi untuk meningkatkan performa pada bearing. Istilah part *journal bearing* digunakan seperti terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 *journal Bearing*

2.3 Vibrasi

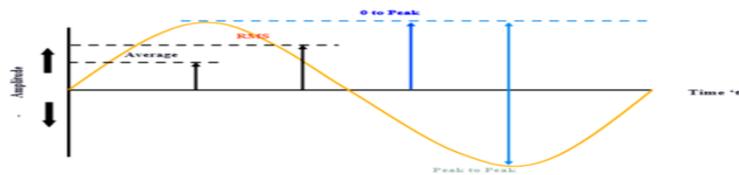
Menurut (FADLI, 2017) Getaran mesin dapat disebabkan oleh variasi sistem penggerak menjadi gaya dengan harga berubah-ubah atau gaya dengan resultan tidak sama dengan nol. Jika semua gaya Mereka memiliki harga dan arah yang dapat dihitung secara akurat, sehingga Keseimbangan mesin tersebut akan terjadi, yang berarti mesin tersebut tidak akan menghasilkan getaran.

Getaran mesin dapat berasal dari gaya putar atau torsi yang tidak seimbang, yang berarti gaya tidak memiliki harga yang tetap; perubahan tekanan pada torak, dan perubahan dalam gaya kelembaman atau momen lentur dalam semua pergerakan benda

(Hamid, 2012) menegaskan vibrasi adalah gerak bolak-balik atau gerak osilasi dari suatu benda yang mempunyai massa dan mempunyai elastisitas seperti sistem pegas massa pada gambar 2.4. Berdasarkan gerakanya vibrasi terbagi menjadi dua yaitu vibrasi Reclinear dan vibrasi Rotasional;

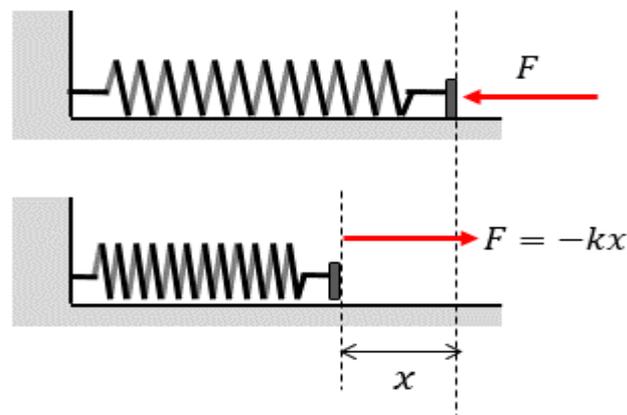
2.3.1 Vibrasi *Reclinear*

(Hamid, 2012) menjelaskan vibrasi *Reclinear* terlihat pada gambar 2.4 suatu sistem pegas massa yang bergerak naik turun atau bolak-balik seperti sistem pada gambar 2.5.



Gambar 2.4 Gerak osilasi dari suatu sistem pegas massa

Sistem pegas massa *dashpot*



Gambar 2.5 Gerak osilasi dari suatu sistem pegas massa *dashpot*

2.3.2 Vibrasi Rotasional

(Hamid, 2012) menjelaskan sejauh ini, kita telah menguraikan sistem gerak *rectilinear*. Untuk sistem dengan gerak rotasional maka elemen-elemennya adalah:

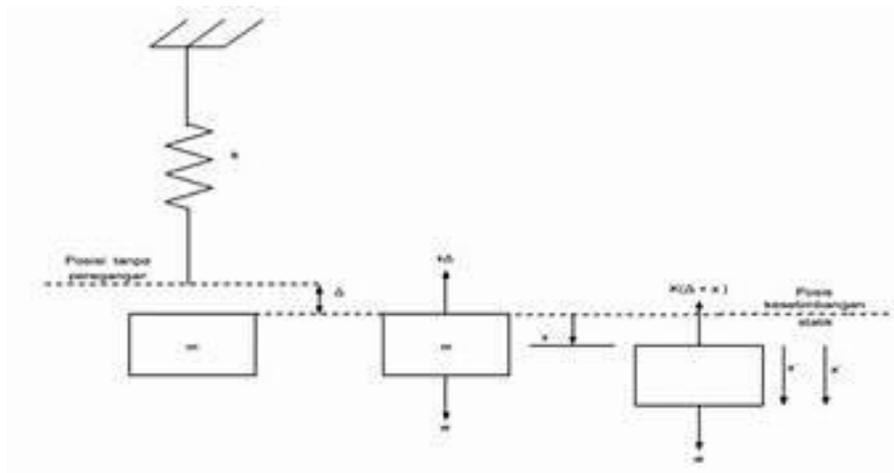
1. Momen inersial massa dari massa (J)
2. Torsi pegas dengan konstanta pegas (K_t)
3. Redaman torsi dengan koefisien Damping torsi (C_t)

4. Displasemen sudut θ analog dengan displasemen linear x dan torsi eksitasi $T(t)$.

Menurut (Agif, 2022) getaran dibagi menjadi tiga, getaran lateral getaran aksial, dan getaran torsional.

a. Getaran Lateral

Getaran lateral merupakan getaran yang terjadi pada bidang yang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal dari poros posisi tanpa perengangan. Getaran lateral menyebabkan bending pada poros posisi tidak kesetimbangan statik. Model sederhana dari getaran lateral pada suatu poros yang berputar diperlihatkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Model Getaran (Agif, 2022)

Persamaan kesetimbangan gaya untuk sistem getaran sederhana yang digambarkan pada Gambar 2.6 adalah sebagai berikut:

$$mx + cx + kx = f(t) \tag{2.1}$$

Dimana:

mx adalah gaya inersia

cx adalah gaya peredaman

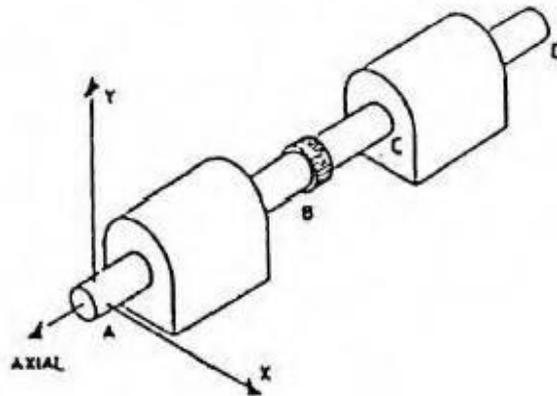
kx adalah gaya pegas

$f(t)$ adalah gaya eksitasi luar

Persamaan Gambar (2.6) di atas adalah persamaan gerak difrensial lineat orde dua dengan koefisien yang konstan. Terdapat empat parameter dinamik yang digunakan untuk menganalisis getaran lateral, yaitu gaya, massa, redaman lateral dan kekakuan lateral.

b Getaran Aksial

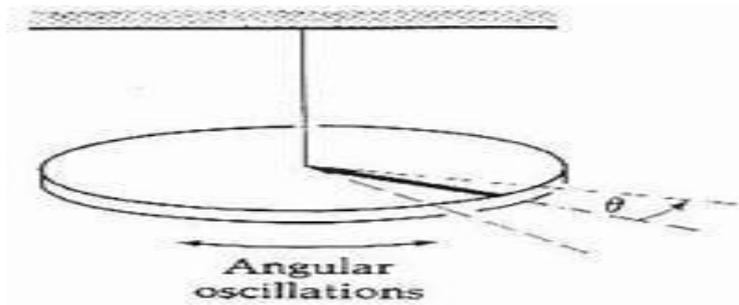
Getaran aksial merupakan getaran yang terjadi arah x , y , maupun z . Getaran aksial terjadi pada bidang yang arahnya searah dengan sumbu longitudinal poros seperti dijelaskan pada Gambar 2.7. Getaran aksial biasanya terjadi pada mesin freis, bor, dan mesin-mesin turning dan milling.



Gambar 2.7 Model Getaran Aksial (Agif, 2022)

c. Getaran Torsional

Getaran torsional terjadi jika suatu poros terpuntir terhadap sumbu putarnya kemudian dilepas. Hal ini akan menyebabkan terjadinya fluktuasi kecepatan putar dari poros. Model sederhana dari sistem getaran torsional.



Gambar 2.8 Model Geteran Torsional (Agif, 2022)

Persamaan kesetimbangan torsi untuk sistem getaran yang digambarkan pada Gambar 2.8 adalah sebagai berikut :

$$T = j \theta + C_c \dot{\theta} + K_c \theta \quad (2.2)$$

J adalah momen inersia

c adalah konstanta redaman

k adalah kekakuan pegas

θ adalah perubahan sudut

T adalah torsi

2.3.3 Analisa Vibrasi (*Detection Mode*)

(Hamid, 2012) menjelaskan analisa vibrasi digunakan untuk mengetahui kondisi mekanis peralatan dan pengoperasian peratan. Salah satu keuntungan utama dari analisa getaran adalah bahwa itu dapat menemukan perkembangan masalah sebelum menjadi sangat serius dan menyebabkan waktu yang tidak terjadwal. Ini dapat dicapai dengan memantau getaran mesin secara konsisten atau pada interval tertentu. Analisis getaran rutin dapat menemukan bantalan yang tidak sempurna atau cacat. Selain itu, analisis getaran dapat menemukan misalignment dan ketidakseimbangan (*unbalance*) sebelum kondisi ini dapat menyebabkan kerusakan pada bantalan atau poros.

Analisa getaran digunakan terutama pada peralatan yang berputar seperti turbin uap dan turbin gas, pompa, motor, kompresor, mesin kertas, *rolling mills*, peralatan mesin dan *gearbox*.

Sistem analisa getaran pada umumnya terdiri dari empat bagian utama;

1. Sinyal *pickup* (s) juga disebut *transducer*
2. Sinyal *analyzer*.

3. Komputer untuk analisis dan menyimpan data.

Bagian utama ini dapat dikonfigurasi untuk membentuk sebuah indica online terus-menerus, sistem analisis periodik dengan menggunakan peralatan indicator, atau sebuah indica *multiplexing* yang membuat satu rangkaian transducer pada interval waktu yang telah ditentukan.

Ketika bantalan dilepas dari sebuah poros atau rumah (*housing bearing*). maka kerusakan pada bearing tersebut dapat dianalisis dengan lebih mudah. Kasus kerusakan *bearing* yang dapat diidentifikasi secara visual antara lain, akibat beban berlebih, kelebihan panas, kesalahan ketika pemasangan, kontaminasi, kesalahan pelumas dan lain-lainnya. Kesalahan tersebut saat ini dapat dianalisis oleh teknologi yang mutakhir. sebuah uji yang dilakukan untuk mengukur getaran pada *bearing*. Pengujian uji *bump test* merupakan salah satu jenis vibration test yang cepat dan ekonomis yang dirancang untuk mode getaran dan struktur mesin. Tes "benturan" (atau tabrakan) adalah cara terbaik untuk memastikan bahwa getaran end-wall yang merusak tidak terjadi pada *engine* baru, dan biasanya dilakukan pada generator turbin.

2.3.4 Manfaat dan keuntungan

(Hamid, 2012) menegaskan analisa vibrasi dapat mengidentifikasi perawatan yang salah atau praktik/pekerjaan perbaikan yang tidak benar. Ini dapat termasuk instalasi dan penggantian bantalan yang tidak benar, *alignment* poros yang tidak akurat atau balancing rotor yang tidak tepat. Seperti masalah umum pada *rotating equipment*, yaitu indica 80% terkait dengan *misalignment* dan ketidak seimbangan, analisis vibrasi merupakan perangkat yang penting yang dapat digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan berulang kembalinya masalah permesinan.

Pada akhirnya, analisa vibrasi dapat digunakan sebagai bagian dari program keseluruhan secara signifikan dalam meningkatkan kehandalan peralatan. Hal ini dapat mencakup *alignment* dan balancing yang lebih tepat, kualitas, instalasi dan perbaikan yang lebih baik, dan secara kontiniu menurunkan level rata-rata vibrasi peralatan di pabrik. Lebih jauh, masing masing bagian yang berputar (*rotating part*) yang terdiri dari komponen komponen sederhana seperti stator (*volute*), *rotor*, *seals*, *bearing*, *coupling*, *gear* dan *belts*.

Dengan sedikit pengecualian, keursakan mekanis pada mesin akan menyebabkan tingginya tingkat getaran. Pada umumnya nya kerusakan yang disebabkan tingkat getaran yang tinggi dalam mesin adalah ketidakseimbangan (*unbalance*), *miss alignment* dari kopling dan bantalan *bent shaft*, roda gigi dan bantalan yang cacat atau rusak, sabuk dan rantai yang berputar tidak sempurna, torque yang bervariasi, adanya kelonggaran (*looseness*), ada saling bergerak (*rubbing*), resonansi.

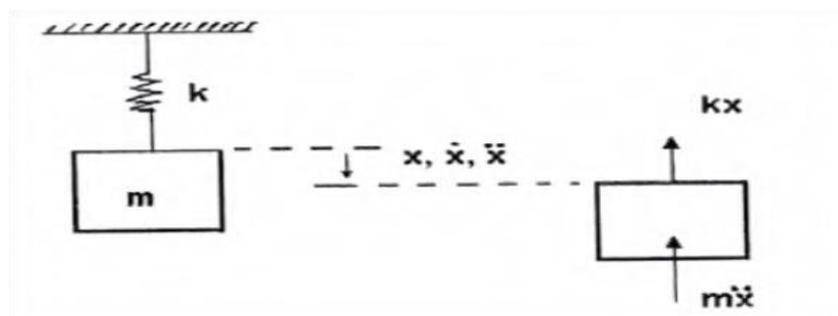
Tingkat keparahan vibrasi dapat menyebabkan ketidaknyamanan, bising, keasuan, *stress*, juga dapat mengurangi masa pakai komponen. Vibrasi yang makin meningkat disebabkan oleh kerusakan yang terjadi pada frekuensi getaran yang spesifik, yang merupakan karakteristik dari komponen, karakteristik pengoperasiannya, karakteristik perakitannya, dan karakteristik kausannya.

2.4 Klarifikasi Getaran

(Rianto, 2016) menjelaskan berdasarkan gangguan yang bekerja getaran dapat dibagi menjadi 2 yaitu getaran bebas dan getaran paksa.

1. Getaran Bebas

Getaran bebas adalah gerak sistem getaran tanpa adanya gangguan dari luar. gerakan ini terjadi karena kondisi awal saja. bila sistem tidak memiliki redaman, maka getaran yang terjadi akan berlangsung terus menerus tiada hentinya, namun kondisi ini tidak pernah dijumpai dalam praktek karena system getaran selalu memiliki redaman. adanya redaman akan menyebabkan amplitudo getaran semakin lama semakin kecil sehingga akhirnya berhenti.



Gambar 2.9 Getaran bebas tidak teredam (Rianto, 2016)

Dari Gambar diatas, maka persamaan gerak benda dapat diturunkan sebagai berikut:

$$m\ddot{X} + kX = 0 \dots$$

$$\text{Dimana : } \omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ rad / s} \quad (2.3)$$

$$\omega_n = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (2.4)$$

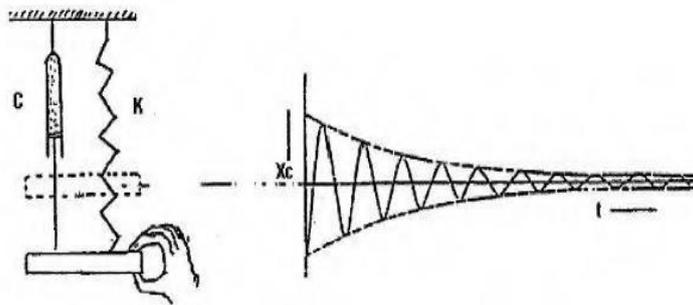
$$f n = \frac{1}{2\pi} \frac{K}{M} \text{ Hz} \quad (2.5)$$

Dimana : ω_n : frekuensi pribadi (rad/s)

$f n$: frekuensi pribadi (hz)

T : periode getaran

Bila suatu system yang memiliki redaman $C < C_c$ diberi simpangan kemudian dilepas, sistem tersebut akan bergetar pada ωd .



Gambar 2.10 getaran bebas teredam

Getaran yang diganggu atau dirangsang oleh gaya luar disebut getaran paksa. Frekuensi rangsangan akan mempengaruhi sistem jika rangsangan tersebut terisolasi. Jika frekuensi natural sama dengan frekuensi rangsangan, maka akan terjadi resonansi, yang dapat menyebabkan osilasi yang signifikan.

2. Getaran paksa

Getaran paksa adalah getaran yang mendapat gangguan/rangsangan dari gaya luar. Jika rangsangan tersebut berisolasi, maka system akan terpengaruh oleh frekuensi rangsangan. Jika frekuensi natural sama dengan frekuensi

rangsangan maka akan terjadi resonansi dan akan mengakibatkan osilasi yang besar dan berbahaya.

2.5 Batas Vibrasi dan Standard Vibrasi

(Hamid, 2012) menjelaskan seperti disebut di atas, indikator vibrasi (perpindahan, kecepatan, atau percepatan) adalah sebuah ukuran tingkat keparahan atau kerusakan pada sebuah mesin. Dilema umum bagi analisis vibrasi adalah dalam menentukan apakah vibrasi dapat diterima untuk memungkinkan pengoperasian peratan permesinan lebih lanjut dengan cara yang aman. Untuk mengatasi indikator ini, yang penting untuk diingat adalah bahwa tujuannya haruslah melaksanakan pemeriksaan monitoring vibrasi secara teratur untuk mendeteksi kerusakan pada tingkat awal. Tujuannya bukanlah untuk menentukan berapa besar vibrasi suatu peralatan permesinan akan bertahan sebelum peralatan permesinan tersebut mengalami kerusakan. Tujuannya haruslah memperoleh tren/ kecenderungan karakteristik vibrasi yang dapat memperingatkan akan terjadinya masalah sehingga dapat dilakukan sesuatu tindakan terhadap masalah tersebut sebelum kerusakan itu terjadi. Untuk mencegah "*breakdown*".

2.5.1 Standar Vibrasi ISO 10816-3

Nilai efektif kecepatan getaran digunakan untuk menilai kondisi mesin. Standar Vibrasi ISO 10816-3 digunakan sebagai referensi untuk menentukan level vibrasi mesin (Setyawan & Suryadi, 2018). Gambar 2.11 menunjukkan jenis ISO memberikan standar untuk pengukuran yang dilakukan di lokasi mengenai tingkat getaran. Set standar berlaku untuk mesin yang memiliki kapasitas lebih dari 15 kW dan kecepatan operasi di tengah 120 RPM dan 15000 RPM (Romahadi et al., 2019)

VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816					
Machine		Class I small machines	Class II medium machines	Class III large rigid foundation	Class IV large soft foundation
in/s	mm/s				
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28			
	0.02	0.45			
	0.03	0.71		good	
	0.04	1.12			
	0.07	1.80			
	0.11	2.80		satisfactory	
	0.18	4.50			
	0.28	7.10		unsatisfactory	
	0.44	11.2			
	0.70	18.0			
	0.71	28.0		unacceptable	
	1.10	45.0			

Gambar 2.11 batas vibrasi menurut ISO 10816 (Romahadi et al., 2019)

2.5.2 IRD *Machanalysis* Standar Vibrasi

(Hamid, 2012) menjelaskan diagram umum bagan kelayakan permesinan terlihat pada gambar 2.12 yang menggabungkan pengukuran kecepatan vibrasi bersama dengan pengukuran displasemen yang familier, bila pembacaan amplitude dibaca dalam suatu *indica* (*indica peak-peak* atau *mm/s-peak*). Bagan chart tersebut dikembangkan dari berbagi peralatan permesinan.

Bila akan menggunakan pengukuran *displasemen* maka hanya pembacaan displasemen yang telah tersaring (untuk frekuensi tertentu) saja yang seharusnya ditetapkan pada tabel tersebut.

Kecepatan vibrasi keseluruhan dapat diterapkan karena garis yang membagi wilayah kelayakan adalah sebenarnya garis kecepatan konstan. Bagan *chart* digunakan untuk vibrasi *casing* dan tidak dimaksudkan untuk vibrasi poros.

2.6 Penyebab Vibrasi Pada Mesin

(Fadli, 2017) menegaskan kesalahan atau penyebab terjadinya vibrasi pada rotor sering diakibatkan oleh ketidakseimbangan (*unbalance*), kerusakan pada *bearing* (bantalan), dan *misaligamen* poros bengkok

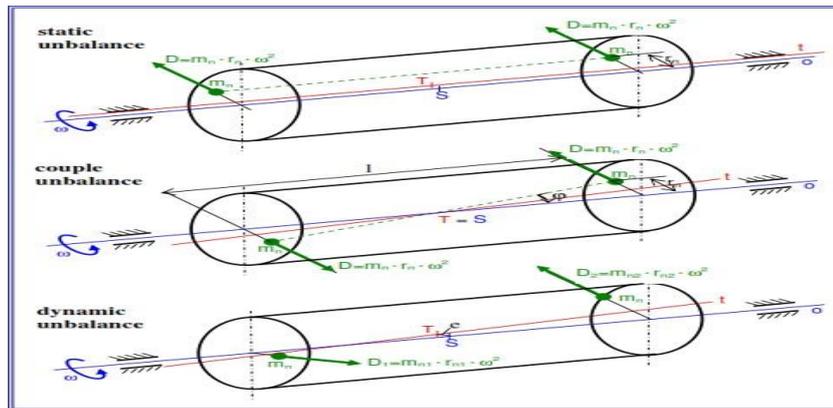
2.6.1 *Unbalance* (ketidakseimbangan)

Menurut (ilkam, 2022) Sebelumnya kita efinisikan ketidakseimbangan sebagai distribusi berat yang tidak sama pada komponen terhadap sumbu porosnya.

Ketidakseimbangan dapat juga didefinisikan sebagai suatu kondisi yang terjadi jika sumbu poros dan pusat sumbu inersia dari rotor tidak sama (Fadli. 2017) menjelaskan 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 getaran. *Unbalance* bisa disebabkan oleh penyebaran massa rotor yang tidak merata atau pemasangan poros yang tidak tepat pada pesatnya, Pada rotor turbin, *unbalance* juga bisa disebabkan oleh sudu-sudunya yang terkikis akibat pengikisan oleh fluida. fenomena ini sering terjadi pada mesin-mesin berputar, yang merupakan salah satu penyebab utama terjadinya getaran. Analisa sinyal getaran untuk gejala *unbalance* dapat dengan mudah diamati pada domain frekuensinya, yaitu biasanya ciri getarannya ditandai dengan adanya frekuensi dan pada 1x rpm. Rpm adalah tingkatan/modus frekuensi yang terjadi pada jumlah putaran/menit, dan biasanya didapat dari benda/mesin yang berputar.

Sebuah rotor adalah statis tidak seimbang ketika sumbu utama inersia 1 (merah) adalah sejajar dengan sumbu rotasi 0 bira (Gambar 2.14), *unbalance* statis dapat dipahami sebagai dua massa yang sama *unbalance* mn, 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, dan 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 2.14 merupakan kas 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 $d/l \gg 1$ -disebut poros pendek) atau ketika satu 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 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 2.12 *Static, Couple, and Dynamic Unbalance* (Fadli, 2017)

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. 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.

Ketidakeimbangan 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. 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*.

2.6.2 Kerusakan *Bearing*

(Pramono & Maksus, 2016) menjelaskan bearing adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan. *Bearing* menjaga poros agar selalu berputar terhadap sumbu porosnya, atau juga menjaga suatu komponen yang bergerak linier agar selalu berada pada jalurnya.

Menurut (RARIANTO, 2016) *Bearing* umumnya terbuat dari bahan dengan titik leleh rendah, sehingga bila *bearing* beroperasi pada temperatur tinggi maka mengakibatkan kerusakan. Temperatur bearing dimonitor melalui pengukuran temperatur oil pelumas dan temperatur bearing metal. *Thermocouple* yang tertanam di *bearing* metal, selanjutnya akan mengirim signal ke *recorder* yang sebanding dengan temperatur *bearing*. namun temperatur *bearing* selalu lebih tinggi dibanding temperatur minyak pelumas. Temperatur *bearing* yang melebihi batas normal mengindikasikan terjadinya kerusakan pada *bearing* sebagai akibat: pembebanan yang berlebihan pada bearing, *clearance* yang tidak cukup, atau *misalignment*. Pada waktu operasi temperatur *bearing* akan meningkat dan hal ini harus didinginkan oleh sistem pelumasan *bearing* yang bersirkulasi melewati *heat exchanger*.

Bearing dapat diklasifikasikan berdasarkan gerakan yang diijinkan oleh desain *bearing* itu sendiri, berdasarkan prinsip kerjanya, dan juga berdasarkan gaya atau jenis beban yang dapat ia tahan. Berikut adalah macam-macam *bearing* dilihat dari berbagai aspek:

1. Jika berdasarkan gesekan yang terjadi pada *bearing*, maka *bearing* terbagi menjadi dua jenis yakni:
 - a. *Anti-friction bearing* yaitu bearing yang tidak akan menimbulkan gesekan. Contoh: *roller dan ball bearing*.
 - b. *Friction bearing* yakni bearing kerjanya dapat menimbulkan gesekan. Contoh: *bush dan plain bearing*.
2. Jika dilihat dari beban yang ditahan oleh bearing, maka berikut adalah jenis-jenisnya:
 - a. *Journal Bearing* adalah *bearing* yang didesain untuk menahan beban yang tegak lurus terhadap sumbu *shaft* horizontal.

- b. *Foot step* atau *pivot bearing*: adalah *bearing* yang didesain pada poros vertikal untuk menahan beban yang paralel terhadap sumbu poros tersebut.
- c. *Thrust bearing*: adalah *bearing* yang didesain untuk menahan beban horizontal yang paralel dengan sumbu poros horizontal.

2.6.3 Misalignment

(Fadli, 2017) menjelaskan *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 shafi pada posisi horizontal mesin, dimana terdapat perbedaan posisi pada posisi y, dengan membentuk suatu nilai sudut.

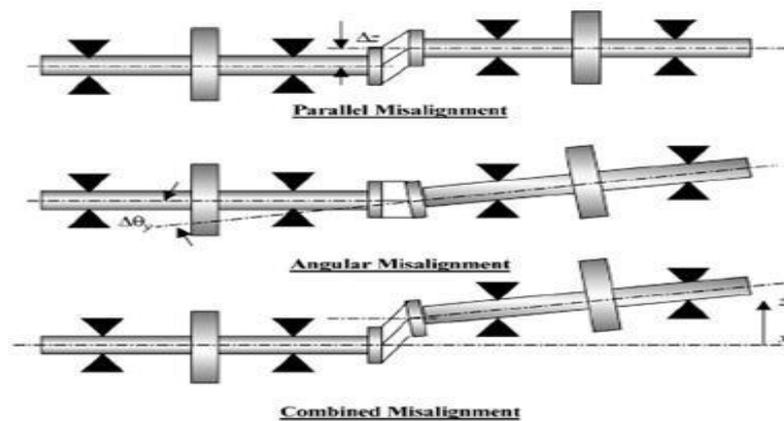


Fig. 2. Schematic of rotor with misalignment at a coupling.

Gambar 2.13 Misalignment

2.7 Parameter Getaran

(YASIR, 2022) menjelaskan vibrasi atau getaran mempunyai tiga parameter yang dapat dijadikan sebagai tolak ukur pengamatan yaitu:

1. Amplitudo

Amplitudo adalah ukuran atau besarnya sinyal vibrasi yang dihasilkan. Semakin tinggi amplitudo yang ditunjukkan, akan menunjukkan makin besarnya gangguan yang terjadi besarnya amplitudo akan tergantung pada tipe mesin yang ada

2. Frekuensi

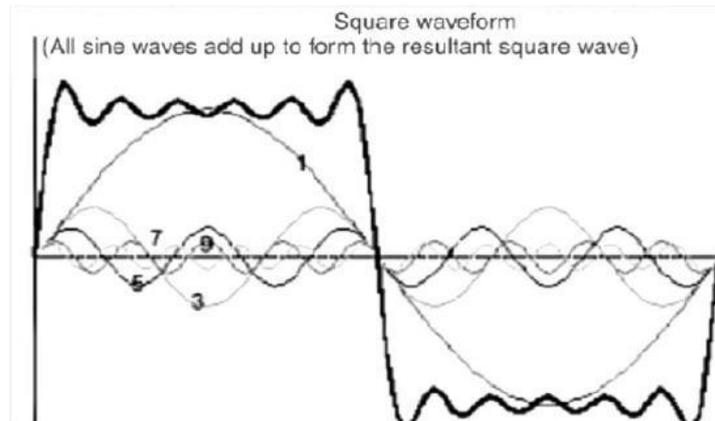
Frekuensi adalah banyaknya periode getaran yang terjadi dalam satu putaran waktu. Besarnya frekuensi yang timbul saat terjadinya vibrasi dapat mengindikasikan jenis-jenis gangguan yang terjadi.

Frekuensi biasanya ditunjukkan dalam bentuk cycle per menit (CPM) yang biasanya disebut dengan istilah Hertz (HZ). Frequency = 0,25 cycles/s (cps)

(0) = 0,25 x60 cycles/min 15 cycles/min (cpm)

Fase 0 90 270 450 *degree*

Waktu 1 2 4 6 *second*



Gambar 2.14 Bentuk Gelombang Persegi (Hamid, 2012)

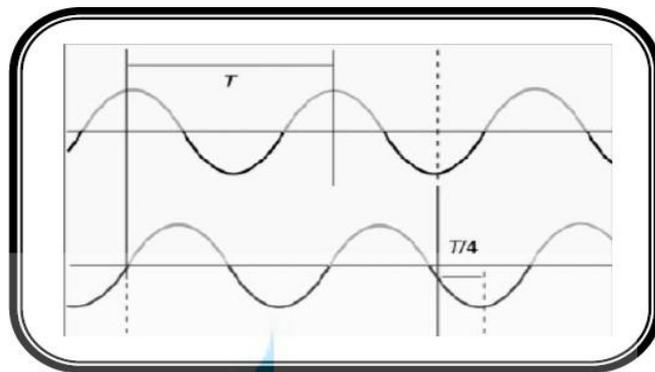
Keterangan Gambar 2.16 nomor yang tertera menunjukkan nomor dari gelombang sinusnya. Penjelasan dari gambar diatas sebagai berikut:

- e. 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.
- f. Gelombang berikutnya adalah gelombang (3) dengan priode yang sama dengan gelombang 1, dengan jumlah siklus adalah 3, maka frekuensinya adalah 3 Hz.
- g. Ketiga adalah gelombang (5) memiliki 5 siklus. Sehingga pada priode yang sama yaitu 1 detik, gelombang 5 mempunyai frekuensi 5 Hz.
- h. Berikutnya adalah gelombang (7) mempunyai 7 siklus selama priode 1 detik. Sehingga gelombang ini mempunyai frekuensi sebesar 7 Hz.
- i. Kemudian dengan cara yang sama gelombang (9) mempunyai frekuensi sebesar 9 Hz.

3. Phase vibrasi

Phase adalah penggambaran akhir dari karakteristik suatu getaran atau vibrasi yang terjadi pada suatu mesin.

Phase adalah perpindahan atau perubahan posisi pada bagian-bagian yang bergetar secara relatif untuk menentukan titik referensi atau titik awal pada bagian lain yang bergetar.



Gambar 2.15 Fase Diantara Dua Gelombang yang Identik (Fadli, 2017)

4. Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan

Perpindahan (*displacement*), kecepatan (*velocity*), dan percepatan (*acceleration*) suatu getaran diukur untuk mengetahui seberapa besar dan kerasnya getaran tersebut. Pengukuran amplitudo getaran biasanya digunakan untuk menunjukkannya. Gerakan suatu titik dari satu tempat ke tempat lain yang menunjukkan suatu titik tertentu yang tidak bergerak atau tetap disebut perpindahan. jarak perpindahan puncak ke puncak-juga dikenal sebagai jarak perpindahan yang digunakan sebagai standar untuk mengukur getaran mesin. Perpindahan poros sebagai akibat dari gerak putarnya adalah contohnya. Bantalan akan rusak jika perpindahan poros melebihi batas "*clearance*" bantalan. Kecepatan gerak mesin selalu diwakili dalam kecepatan puncak atau peak *velocity*. Kecepatan adalah perubahan jarak per satuan waktu. Simpul gelombang mengalami puncak kecepatan gerakan. Kecepatan adalah parameter penting dan efektif dalam getaran karena dapat menentukan tingkat getaran dengan data kecepatan.

2.8 Predictive maintenance

(RARIANTO, 2016) menegaskan *Predictive maintenance* bukanlah metode yang ampuh untuk semua faktor faktor yang menyebabkan kerusakan dari suatu peralatan di pabrik. Bahkan tidak dapat secara langsung mempengaruhi kinerja dari suatu pabrik. Perawatan prediktif pada dasarnya merupakan filosofi atau perilaku yang menggunakan kondisi operasi sesungguhnya dari peralatan untuk mengoptimalkan operasi pabrik.

Output dari perawatan dari program prediktif adalah data, perawatan ini termasuk jenis "*condition-based maintenance*" dimana perubahan kondisi mesin atau peralatan dapat dideteksi sehingga tindakan yang bersifat proaktif dapat segera dilakukan sebelum terjadinya kerusakan mesin. Pengembangan pola pemeliharaan prediktif, memanfaatkan berbagai peralatan *test*, peralatan monitoring yang telah dimiliki dan mengikuti berbagai metoda analisis yang dapat diterapkan dalam meningkatkan kualitas pemeliharaan maupun keandalan operasi pembangkit serta efektifitas dalam penggunaan biaya pemeliharaan itu sendiri. Penggunaan dari teknologi *predictive maintenance* memungkinkan kinerja dari departemen perawatan dapat meningkat karena kondisi permesinan dapat diketahui dengan baik tanpa menghentikan jalannya mesin. Perawatan prediktif menunjukkan penyimpangan dari kondisi normal kerja mesin dan dengan cara ini dapat memberikan cara yang lebih handal untuk mengetahui kerusakan yang sedang dan akan terjadi, dengan menunjukkan komponen yang rusak maka pihak manajemen dapat menyiapkan komponen sesuai kebutuhan yang diinginkan. Kunci utama perawatan prediktif adalah mendeteksi adanya kerusakan atau kesukaran yang akan terjadi atau *impending trouble* dan segera menyelesaikan masalah tersebut sebelum terjadinya kerusakan mesin atau *machine breakdown*. Perawatan prediktif bekerja berdasarkan proses monitoring condition yang dilakukan terhadap peralatan yang diinginkan. Hasil dari proses ini adalah data data hasil pengukuran atau pengujian yang selanjutnya data data tersebut dibandingkan dengan data-data acuan yang sudah diketahui sebelumnya (*known engineering limit*) untuk menentukan kondisi operasi dari peralatan tersebut. Teknik pemantauan yang umumnya digunakan dalam perawatan prediktif meliputi monitoring vibrasi, proses parameter, tribologi, metode

thermography, inspeksi visual dan metode *non-destructive testing* seperti metode ultrasonic.

2.8.1 Manfaat Dan Tujuan *Predictive Maintenance*

Manfaat dari *predictive maintenance* adalah;

1. Memperpanjang umur mesin karena perawatan prediksi bergantung pada hasil pengamatan kondisi Kita dapat mengetahui kondisi mesin dan memperbaikinya secepat mungkin jika ada masalah yang tidak biasa, sehingga kita dapat memperpanjang umur mesin dengan perawatan prediktif.
2. Memperbaiki efisiensi dan kinerja mesin: Dengan mengetahui keadaan mesin, kita dapat memperbaikinya jika kondisinya tidak sesuai dengan standar. Setelah diperbaiki, mesin tersebut akan lebih efisien dan berkinerja.
3. Digunakan untuk manajemen perawatan setelah kami mendapatkan data *predictive maintenance*, Manajemen perawatan akan mengurangi biaya perawatan dan mengurangi proses breakdown yang tidak terjadwal.
4. *Predictive maintenance* membantu peralatan tetap handal dan tangguh saat digunakan.
5. Memberi data hasil pengukuran yang dapat digunakan untuk menilai, mengubah dan memperbaiki peralatan di kemudian hari. Dengan mengetahui data dari *predictive maintenance*, kita bisa menjadwalkan perawatan pencegahan dan mengevaluasi peralatan, baik baru maupun lama.

Karena keandalan mesin yang lebih baik, perawatan prediktif meningkatkan kesiapan peralatan pabrik. Kemungkinan kerusakan mesin di masa depan dapat diantisipasi, sehingga aktivitas perawatan yang direncanakan akan sesuai dengan jadwal *shutdown* peralatan. Menurunnya biaya peralatan dan gaji karyawan merupakan keuntungan tambahan. Mesin yang rusak selama operasi akan lebih mahal untuk diperbaiki daripada mesin yang diperbaiki tepat waktu. Kerusakan mesin setelah *startup* sering terjadi karena kesalahan pemasangan. Ada kemungkinan bahwa teknik perawatan prediktif dapat digunakan untuk memastikan *alignment* (RARIANTO, 2016)

BAB 3

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Berikut adalah tempat dan waktu penelitian yang dilakukan pada penelitian analisa vibrasi pada kerusakan *bearing* turbine

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT Multimas Nabati Asahan, Jalan Acces Road, Desa Kuala Tanjung, Kecamatan Sei Suka, Kabupaten Batubara, Sumatra Utara

3.1.2 Waktu Penelitian

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan				
		1	2	3	4	5
1	Pengajuan judul					
2	Studi kasus					
3	Pembuatan proposal					
4	Pengambilan data					
5	Analisa data					
6	Penyusunan laporan penelitian					

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

- a. Data sekunder yang digunakan adalah *log sheet* operator data vibrasi turbin
- b. Data primer yang digunakan adalah wawancara dan dokumentasi penelitian secara experimental dengan cara pengukuran langsung pada turbin

3.2.2 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai :

1. Turbin Uap

Alat yang digunakan sebagai bahan penelitian ini adalah turbin uap di PT Multimas Nabati Asahan



Gambar 3.1 Turbin Uap

2. Panel Parameter Turbin

Panel parameter turbin yang berfungsi sebagai acuan saat pengukuran vibrasi turbin dengan melihat acuan daya atau beban pada panel



Gambar 3.2 Panel Parameter Turbin



Gambar 3.3 *Ampere meter*



Gambar 3.4 *Cos φ*



Gambar 3.5 *Voltase*

3. *Vibration Meter*

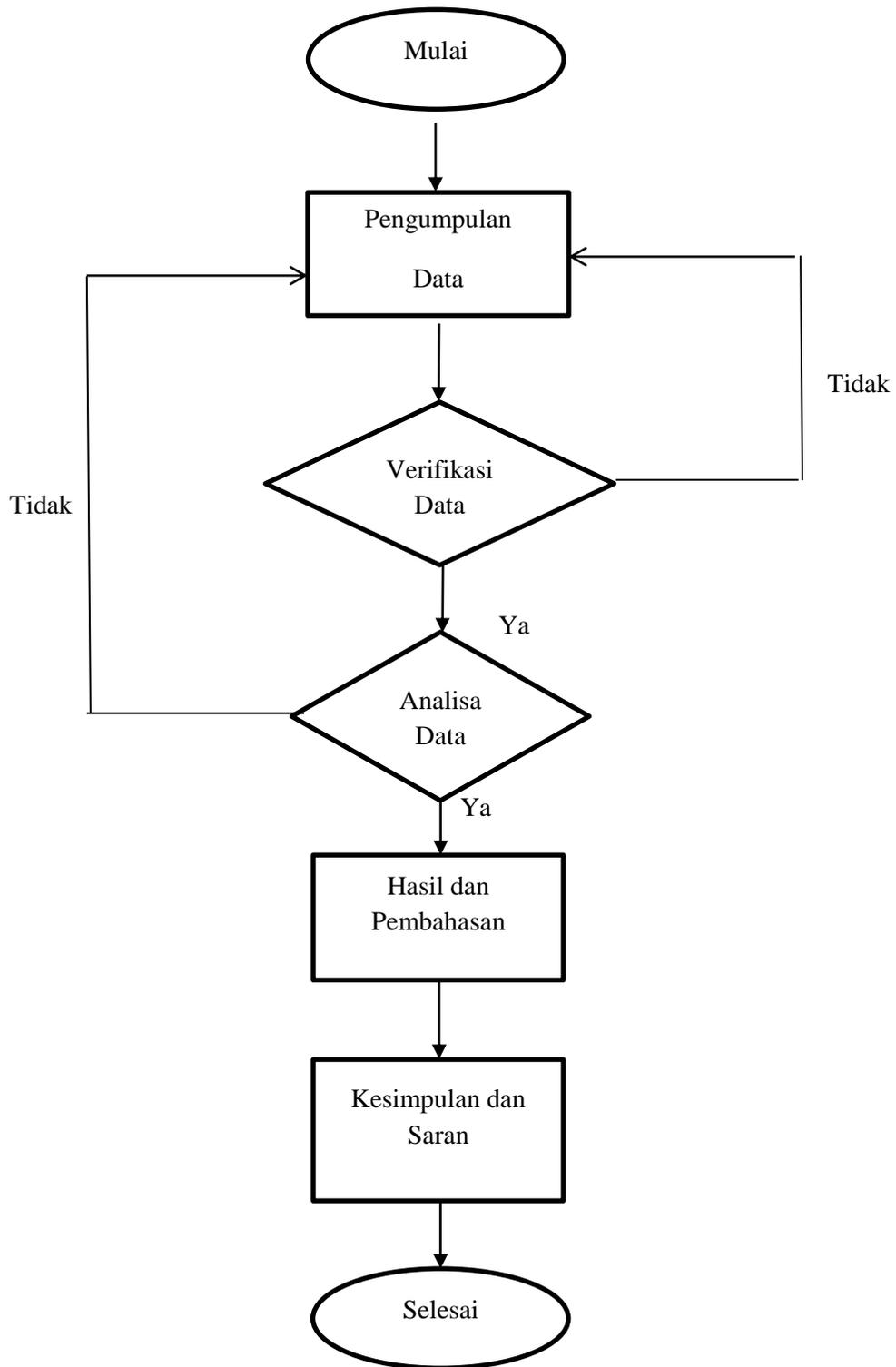
Vibration meter adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengukur sebuah getaran pada turbin uap



Gambar 3.6 *Vibration Meter*

3.3 Diagram Penelitian

Adapun diagram proses alur jalannya penelitian sebagai berikut



Gambar 3.7 Bagan Alir Penelitian

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Adapun penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan cara mengamati, merangkum dan mencatat data vibration pada turbin uap

3.5 Prosedur Penelitian

Pada prosedur penelitian ini memiliki beberapa bahan yang akan dijadikan sebagai data untuk menganalisis vibrasi terhadap kerusakan *bearing*, hal yang harus dilakukan yaitu pengumpulan data yang akurat antara lain :

1. Merangkum data primer dan data sekunder berupa pengambilan data vibration secara langsung dan *log sheet* operator.
2. Melakukan wawancara dengan operator serta pembimbing lapangan yang khususnya turbin uap
3. Melakukan pengukuran vibrasi pada titik 4 (empat) bagi bearing yaitu:
 - a) *bearing* pinion 1 pada shaft depan
 - b) *bearing* pinion 2 pada shaft belakang
 - c) *bearing bull gear* 1 pada shaft depan
 - d) *bearing bull gear* 2 pada shaft belakang
4. Melakukan pengolahan data vibrasi pada bearing turbin uap hasil dari pengukuran secara langsung untuk menentukan nilai yang efektif dengan standart vibrasi ISO 10816-3 sebagai referensi untuk menentukan temperatur vibrasi pada turbin uap.
5. Mengidentifikasi penyebab kerusakan pada bearing turbin uap dengan hasil pengolahan pengukuran vibrasi pada turbin uap.

Berikut rangkuman *long sheet* operator data skunder dan data primer pada gambar 3.8 dan 3.9 merupakan dan hasil penelitian secara langsung di PT Multimas Nabati Asahan

Tabel 3.8 Data Skunder *log sheet* Vibrasi Operator

Jam	Steam Bar	Beban kw	Tekanan bpv	P1 mm/ s	P1 mm/ s	P2 mm/ s	P2 mm/ s	B1 mm/ s	B1 mm/ s	B2 mm/ s	B2 mm/ s
11:00	20	958	1,7	0,15	0,43	0,16	0,11	0,10	0,16	0,11	0,12
12:00	20	1137	3,1	0,27	0,43	0,14	0,13	0,10	0,10	0,10	0,11
13:00	20	1030	3,0	0,17	0,33	0,14	0,11	0,10	0,10	0,09	0,10
14:00	20	1091	2,4	0,12	0,36	0,17	0,09	0,12	0,13	0,10	0,10
15:00	20	1091	2,4	0,12	0,36	0,17	0,09	0,12	0,13	0,10	0,10
16:00	20	1070	3,0	0,12	0,28	0,17	0,10	0,12	0,09	0,08	0,10
17:00	20	1140	2,2	0,13	0,34	0,14	0,11	0,09	0,09	0,08	0,11
18:00	20	1120	3,0	0,13	0,34	0,12	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10
19:00	19	1116	3,1	0,13	0,31	0,12	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09
20:00	20	1109	2,4	0,12	0,31	0,12	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09

Tabel 3.9 Data Primer Vibrasi Turbin Uap

Hari	Nomor Pengukuran	P1V	P1H	P2V	P2H	B1V	B1H	B2V	B2H
	Satuan	mm/s							
Senin	Data	0,30	0,43	0,20	0,27	0,10	0,16	0,11	0,12
Selasa	Data	0,26	0,33	0,14	0,13	0,10	0,10	0,10	0,11
Rabu	Data	0,13	0,28	0,12	0,10	0,19	0,14	0,09	0,10
Kamis	Data	0,17	0,33	0,15	0,11	0,10	0,10	0,09	0,11
Jumat	Data	0,11	0,26	0,12	0,09	0,14	0,14	0,09	0,11
Sabtu	Data	0,13	0,25	0,12	0,09	0,14	0,14	0,09	0,10

3.6 Langkah-langkah Pengukuran Vibrasi pada Turbin

1. Pastikan sebelum memasuki stasiun power house agar memakai alat pengaman diri yaitu: sepatu safety, ear plu, masker dan helmet.
2. Pengukuran dilakukan pada saat turbin sedang beroperasi dan sudah berbeban maksimal dengan standart pengoprasian SOP untuk mendapatkan analisis vibrasi efektif.
3. Lakukan pengukuran dengan baik dengan pola mengukur secara teratur pada *bearing* turbin.
4. Untuk pengukuran lebih waspada agar tidak terlalu dekat dengan area pipa-pipa atau permukaan *casing* turbin, karena area suhu panas yang dapat menyebabkan pengukuran tidak efektivitas.
5. Perlunya dokumentasi pada saat pengukuran untuk mendapatkan data yang tetap dan tidak berubah-ubah karena pada saat pengukuran dan dokumentasi akan sesuai dengan waktu dan tanggal pengukuran berlangsung.
6. Merangkum data-data pengukuran pada list data long sheet observasi vibrasi turbin uap.

3.7 Variabel

3.7.1 Variabel Bebas

1. Data Vibration (peak/jarak dari puncak kelembah) satuan dan jarak vibrasi peak to peak dan jarak getaran bisa menggunakan micron (1/1000mm) atau mil (1/1000 inci)

3.7.2 Variabel Tetap

1. Satuan RMS (Root Mean Square) adalah satuan vibrasi yang sering di gunakan dalam klasifikasi tingkat keparahan getaran mesin, tegangan bolak-balik menunjukkan arus/tegangan dc yang menghilangkan daya dalam jumlah yang sama dengan daya rata-ata yang dihamburkan oleh arus/tegangan bolak-balik (nilai statistic rata-rata).

3.8 Pengumpulan Data

1. Pengumpulan data dilakukan selama 1 minggu di PT Multimas Nabati Asahan

3.9 Pengolahan Data

Berikut tahapan pengolahan data dalam penelitian ini, yaitu;

1. Mengukur getaran menggunakan sensor seperti *vibration* meter

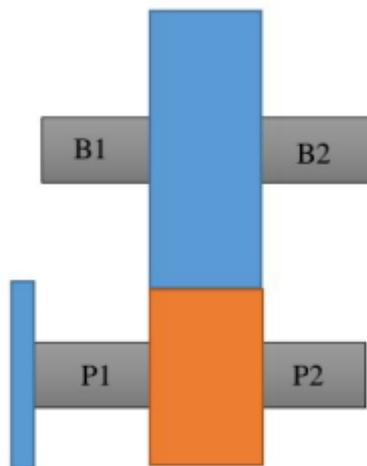
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Monitoring vibrasi sangat penting untuk pengamanan turbin uap. Monitoring vibrasi bertujuan untuk mengamati perubahan vibrasi yang terjadi pada bearing apabila melewati batasan yang ditentukan akan menyebabkan vibrasi yang begitu tinggi sehingga menyebabkan turbin uap trip/breakdown.

Pengambilan data ini dilakukan untuk mengetahui kerusakan pada bearing, data tersebut digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan terhadap beberapa factor yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui beberapa tingkat vibrasi yang dihasilkan pada 4 (empat) bearing yang terdapat pada shaft turbin uap.



Gambar 4.1 Titik dan posisi pengukuran vibrasi pada turbin uap



Gambar 4.2 Hasil Pengukuran Vibrasi *bearing* pinion 1 pada shaft depan 0,26mm/s dan 0,30mm/s



Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Vibrasi *bearing* pinion 2 pada shaft belakang 0.43mm/s dan 0.33mm/s



Gambar 4.4 Hasil Pengukuran Vibrasi *bearing bull gear 1* pada shaft depan 0,20mm/s dan 0,14mm/s



Gambar 4.5 Hasil Pengukuran Vibrasi *bearing bull gear 2* pada shaft belakang 0,27mm/s dan 0,13mm/s

4.2 Analisa Kerusakan Bearing Turbin Uap

Nilai efektif kecepatan getaran digunakan untuk menilai kondisi turbin uap. Standar Vibrasi ISO 10816-3 digunakan sebagai referensi untuk menentukan level vibrasi turbin uap. Standard Vibrasi ISO 10816-3 dapat dilihat pada Gambar 2.12. Karena turbin uap yang digunakan untuk menggerakkan generator yang memiliki daya output 840 KW dengan base plate tipe rigid, sehingga standard vibrasi ISO 10816-3 masuk dalam kategori Group 1. Penelitian dilakukan secara experimental dengan cara pengukuran secara langsung pada turbin uap yang sedang beroperasi, hasil pengukuran ditampilkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Vibrasi Velocity

NomorPegukuran	P1V	P1H	P2V	P2H	B1V	B1H	B2V	B2H
Satuan	mm/s							
Data	0,26	0,30	0,20	0,27	0,10	0,16	0,11	0,12
Data	0,26	0,33	0,43	0,33	0,10	0,10	0,10	0,11
Data	0,13	0,28	0,12	0,10	0,20	0,14	0,09	0,10
Data	0,17	0,33	0,15	0,11	0,10	0,10	0,27	0,13
Data	0,11	0,26	0,12	0,09	0,09	0,04	0,09	0,11
Data	0,13	0,25	0,12	0,09	0,08	0,04	0,09	0,10

	Nilai Vibrasi yang Menyebabkan Kerusakan (0,70 mm/s)
	Nilai Vibrasi kategori Pengoperasian jangka pendek yang diizinkan
	Nilai Vibrasi kategori izin operasi jangka panjang yang tidak terbatas
	Nilai Vibrasi kategori kondisi mesin baru (0,10mm/s)

Keterangan pengukuran :

P1 itu adalah bagian dalam pengukuran *bearing* pinion 1 dibagian depan, menjelaskan data yang di peroleh minimum 0,11mm/s dan maksimum 0,33mm/s

P2 itu adalah bagian dalam pengukuran *bearing* pinion 2 dibagian belakang, menjelaskan data yang di peroleh minimum 0,09mm/s dan maksimum 0,43mm/s

B1 itu adalah bagian dalam pengukuran *bearing bull gear* 1 dibagian depan, menjelaskan data yang di peroleh minimum 0,04mm/s dan maksimum 0,20mm/s

B2 itu adalah bagian dalam pengukuran *bearing bull gear* 2 dibagian belakang, menjelaskan data yang di peroleh minimum 0,09mm/s dan maksimum 0,13mm/s

4.3 Faktor penyebab vibrasi pada turbin uap

1. Kerusakan *Bearing* gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas. Umumnya kerusakan pada *bearing* terjadi karena *clearance*, yakni jarak antara bearing dengan poros rotor memiliki nilai dan toleransi yang tidak boleh diabaikan. Hal ini sangat berpengaruh terhadap besarnya vibrasi (getaran) pada bearing saat operasi. Maka dari itu dibutuhkan sebuah sistem mekanis mengenai bearing, sirkulasi oli pada turbin uap harus lancar dan optimal. Mengenai Revolusi Per Menit (RPM) yang tidak stabil dan beban yang naik turun secara tiba-tiba akan membuat bearing menjadi bergetar.
2. *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 getaran. *Unbalance* bisa disebabkan oleh penyebaran massa rotor yang tidak merata tau pemasangan poros yang tidak tepat pada pusatnya. Pada Rotor turbin unbalance juga bisa disebabkan oleh sudu-sudunya yang terkikis akibat pengikisan oleh fluida. Maka dari itu hal yang harus di lakukan ialah melakukan pemasangan rotor wheel yang balance agar tidak terjadinya getaran yang berlebihan. Saat *sandblasting* dan *metal spray* dilakukan secara merata.

3. *Misalignment* adalah suatu kondisi pada sistem poros kopling ketika dua sumbu poros yang terhubung tidak berada dalam satu garis sumbu. Hal yang harus diperhatikan ketika *misalignment* adalah melakukan pemasangan atau menghubungkannya dengan kopling secara *balance* atau seimbang. Lakukan *alignment* ini dengan alat ukur dial indicator.
4. Manusia Kegagalan dan kesalahan yang sering dilakukan oleh operator adalah kurangnya pemahaman mengenai pengoperasian turbin uap, maka dari itu solusinya ialah memberikan training kepada operator boiler dan operator turbin uap. Hal ini untuk meningkatkan perawatan dan pengoperasian turbin uap agar bekerja secara optimal serta sesuai dengan standard operasional prosedur

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa vibrasi yang telah dilakukan penelitian, dapat menyimpulkan sebagai berikut;

1. Hasil analisa vibrasi pada PT Multimas Nabati Asahan dinyatakan handal dan layak digunakan karena telah memenuhi standard ISO 10816-3 dengan nilai akurasi (Rms) rata-rata pengukuran sebesar 0,26 mm/s dan nilai (Rms) dengan tingkat ketinggian 0,30 mm/s yang menyatakan nilai vibrasi pada kategori izin operasi jangka panjang yang tidak terbatas.
2. Faktor penyebab vibrasi pada turbin uap di PT Multimas Nabati Asahan disebabkan oleh kerusakan *bearing*, *unbalance*, *missaligment*, manusia, dan jangka waktu operasi turbin uap.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa vibrasi yang telah dilakukan penelitian memberikan saran yaitu sebagai berikut:

1. Menggunakan alat uji getar yang lebih baik secara kualitas agar hasil yang didapatkan lebih akurat.
2. Melakukan kajian analisa vibrasi sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan turbin uap dilakukan.
3. Untuk mengatasi faktor-faktor penyebab vibrasi pada turbin uap perlu manajemen dan perhatian khusus pada turbin uap untuk tidak melebihi beban kapasitas dan waktu pengoperasian yang ditentukan yang dimana jika hal tersebut terjadi akan mengakibatkan vibrasi tinggi pada turbin hingga turbin akan *trip/breakdown* yang menimbulkan kegagalan produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Izzati, S. A. N. (2022). *Politeknik Negeri Jakarta. Politeknik Negeri Jakarta*
- Rarianto, E. (2016). *Kerusakan Pada Turbin Uap Ubb Vibration Analisis To Detection The Failure Of Steam Turbine Ubb Victory lii At Pt. Petrokimia Gresik.*
- Agif, D. (2022). *Perilaku Keseimbangan Roda Mobil Pada Proses Balancing.*
- Dr. Abdul Hamid, B.Eng. M. E. (2012). *Praktikal Vibrasi Mekanik.*
- Hadi, 1. (2021). *Analisis Pengaruh Unjuk Kerja Air Priheater Skripsi Oleh: Syah Rinal Efendi Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan Skripsi Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas M*
- Hadi, L. (2021). *Analisis Efisiensi Turbin Uap Sebagai Penggerak Generator Pada Pabrik Kelapa Sawit. Universitas Medan Area-Medan*
- Apriandi, R., & Mursadin, A. (2016). *Analisa Kinerja Turbin Uap Berdasarkan Performance Test Pitu Pt. Indocement P-12 Tarjun. Scientific Journal Of Mechanical Engineering Kinematika, [https://doi.org/10.20527/Sjmekinematika.V1i1.261\(1\).37-46](https://doi.org/10.20527/Sjmekinematika.V1i1.261(1).37-46).*
- Khairul Fadli. (2017). *Analisa Pengontrolan Vibrasi Pada Turbin Pt. Pupuk Iskandar Muda. In Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara Medan (Vol. 87, Issue 1,2).*
- Lubis, F., Pane, R., Lubis, S., Siregar, M. A., & Kusuma, B. S. (2021). *Analisa Kekuatan Bearing Pada Prototype Belt Conveyor. Jurnal Mesil (Mesin Elektro Sipil), 2(2), 51-57. <https://doi.org/10.53695/Jm.V2i2.584>*
- Muhammad Ilham. (2022). *Studi Experimental Pengaruh Proses Balancing Roda Terhadap Getaran Setir Pada Kecepatan 10, 20, 30,40, 50, 60, 70, 80, 90, Dan 100 Km/Jam Skripsi. Universitas Sumatra Utara.*
- Pramono, T. J., & Maksus, A. (2016). *Studi Analisis Sistem Monitoring Temperatur Ruang Bearing.*
- Partogi. A., Tauviqirrahman, M., & Muchammad. (2022).

Analisa Pengaruh Kekasaran Permukaan Pada Hydrodynamic Journal Bearing Dengan Pelumas. Non-Newtonlan Dengan Perangkat Lunak Cfd. Teknik Mesin, 10(1), 43-48.

- Romahadi, D., Xiong, H., & Pranoto, H. (2019). Intelligent System For *Gearbox Fault Detection & Diagnosis Based On Vibration Analysis Using Bayesian Networks, Iop Conference Series: Materials Science And Engineering, 694(1),* <https://doi.org/10.1088/1757-899x/694/1/012001>
- Salamone, D. J. (1984). *Journal Bearing Design Types And Their Applications To Turbomachinery. 179-190*
- Setyawan, H. P., & Suryadi, D. (2018). *Analisis Karakteristik Vibrasi Pada Paper Dryer Machine Untuk Deteksi Dini Kerusakan Spherical Roller Bearing. Rotasi, 20(2), 110* <http://doi.org/10.147/Rotasi.20.2.110-117>
- Yasir, I. (2022). *Studi Eksperimental Pengaruh Dimensi Roda Dengan Ring 14, Ring 15, Ring 16 Terhadap Perilaku Keseimbangan Roda Mobil Pada Proses Balancing. Universitas Sumatera Utara.*
- Umurani, K., Siregar, A. M., & Al-Amin, S. (2020). *Pengaruh Jumlah sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi, 3(2), 103-111.* <https://doi.org/10.30596/Rmme.V3i2.5272>
- Arfis Amiruddin. *Analysis of train noise level at Bandar Khalifah station, Deli Serdang using sound level meter 130 dB* *Journal Of Physics; Conference series, 2021*
- Arfis Amiruddin. *Karakteristik penumpang dengan kapasitas angkut kereta api jurusan Medan-Rantau Prapat* *Education building journal pendidikan Teknik Bangunan dan sipil*

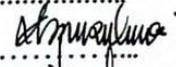
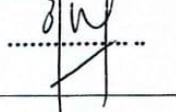
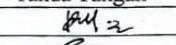
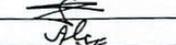
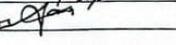
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK Mesin
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025**

Peserta seminar

Nama : Muhammad Idham Yahya

NPM : 2007230022

Judul Tugas Akhir : Analisa Vibrasi Pada Kerusakan Bearing Turbine

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Assoc Prof Ir Arfis Amiruddin M.Si			:
Pembanding – I : Dr Khairul Umurani ST.MT			: 
Pembanding – II : Dr. Suherman ST.MT			: 
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230035	Reza Anbiya Fathillah	
2	2007230094	Syahri Aman	
3	2207230163P	ALIEF HERDIANSYAHRA	
4	2007230152	AULIA PINAMORA HSB	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 14 Ramadhan 1446 H
14 Maret 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Muhammad Idham Yahya
NPM : 2007230022
Judul Tugas Akhir : Analisa Vibrasi Pada Kerusakan Bearing Turbine

Dosen Pembanding – I : Dr Khairul Umurani ST.MT
Dosen Pembanding – II : Dr. Suherman ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Assoc Prof Ir Arfis Amiruddin M.Si

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain:
 - *Uji belahan* - *Abim*
 - *kontrol* - *Sulbar*
 - *trial dan kehebatan*
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 14 Ramadhan 1446 H
14 Maret 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT



Dr. Suherman ST.MT



MSU
Cerdas | Terpercaya
Membantu siapa saja yang membutuhkan pertanya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Pp/PT/III/2024
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
🌐 <https://fatek.umsu.ac.id> ✉ fatek@umsu.ac.id 📘 [umsumedan](#) 📷 [umsumedan](#) 📺 [umsumedan](#) 📺 [umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 677/II.3AU/UMSU-07/F/2025

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 18 April 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD IDHAM YAHYA
Npm : 2007230022
Program Studi : TEKNIK Mesin
Semester : IX(Sembilan)
Judul Tugas Akhir : ANALISA VIBRASI PADA KERUSAKAN BEARING TURBINE
Pembimbing : Assoc Prof Ir Arfis Amiruddin M.Si

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin .
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 19 Syawal 1446 H
18 April 2025 M

Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisa Vibrasi Pada Kerusakan Bearing Turbine

Nama : MUHAMMAD ID'HAM YAHYA

NPM : 2007230022

Dosen Pembimbing : Assoc. Prof Ir. H. Arfis Amiruddin, M.Si

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	20/12/2023	Bisikusi TA	kg
2	8/01/2024	Sistem pemrosesan dari sumber getaran	kg
3	10/01/2024	Review jurnal, draf, pembahasan	kg
4	12/01/2024	Bisikusi / pembahasan Acad Simpro	kg
5	14/01/2024	partisipasi hasil Acad Simpro	kg
6	18/01/2024	Acad Simpro	kg

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : MUHAMMAD ID'HAM YAHYA
NPM : 2007230022
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 06 September 2002
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Kewarganegaraan : Indonesia
Status Perkawinan : Belum kawin
Alamat : Dusun IV Tanjung Permai
Nomor HP : 0822-6845-8489
E-mail : mhdidhamy@gmail.com

PENDIDIKAN FORMAL

1. SD Negeri 014706 Desa Lalang	Tahun 2008-2014
2. MTS YAPIS DESA PAKAM	Tahun 2014-2017
3. SMK BUDHI DARMA	Tahun 2017-2020
4. Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara	Tahun 2020- 2024