



PENGARUH VIBRASI TERHADAP SUHU KRITIS PADA COOLING BOOSTER PUMP A UNIT 1 DI PLTU TANJUNG BALAI KARIMUN

Tugas Akhir

**Oleh:
Harry S Nugroho (4232101010)**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul: “PENGARUH VIBRASI TERHADAP SUHU KRITIS PADA COOLING BOOSTER PUMP A UNIT 1 DI PLTU TANJUNG BALAI KARIMUN” adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, ...

Harry S Nugroho
NIM: 4232101010

Lembar Pengesahan

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Harry S Nugroho (4232101010)

Tanggal Sidang: 07 Januari, 2025

Disetujui oleh:

Penguji I



Ir. Muhammad Syafei Gozali, ST, M.T
NIK: 107050

Dosen Pembimbing



Hasnira, S.ST., M.Tr.T
NIK: 113112

Penguji II



Dr. Didi Istardi, S.T., M.Sc.
NIK: 102022

[Pengaruh Vibrasi terhadap Suhu Kritis *Cooling Booster Pump A* Unit 1 di Tanjung Balai Karimun]

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh vibrasi terhadap suhu kritis pada pompa *Cooling Booster Pump A* Unit 1 di PLTU Tanjung Balai Karimun menggunakan metode analisis regresi linear sederhana untuk menjawab bagaimana vibrasi di posisi *Drive-end* dan *Non Drive-End* mempengaruhi suhu mesin di posisi *Drive-end* dan *Non Drive-End* pada pompa *Cooling Booster Pump*. Hasil regresi sederhana pada vibrasi kondisi di posisi *Drive-end* menunjukkan persamaan $\hat{Y} = 34.774 + 9.634X$ dengan signifikansi 0.000 (< 0.05) dan $R^2 = 88,4 \%$, Pada vibrasi kondisi di posisi *Non Drive-End*, hasil regresi sederhana $\hat{Y} = 29.363 + 13.374X$ dengan signifikansi 0.000 (< 0.05) dan $R^2 = 88,8 \%$. Koefisien regresi tersebut bernilai positif, sehingga dapat dinyatakan bahwa ada pengaruh kondisi vibrasi posisi *Drive-End* terhadap suhu mesin di posisi *Drive end* dan *Non Drive-End* pada pompa *Cooling Booster Pump* adalah positif yang artinya semakin tinggi nilai vibrasi maka semakin tinggi pula kenaikan suhu mesin pada pompa *Cooling Booster Pump*. Berdasarkan nilai signifikansi yang diperoleh sebesar $0.000 < 0.05$ dapat disimpulkan bahwa vibrasi posisi *Drive-End* dan *Non Drive-End* berpengaruh terhadap suhu dan besar pengaruh nya adalah 88,4% dan 88,8% sisanya dipengaruhi oleh hal lain.

Kata kunci: *Cooling Booster Pump*, Vibrasi, Suhu.

[The Effect of Vibration on Critical Temperature of Cooling Booster Pump A Unit 1 in Tanjung Balai Karimun]

Abstract

This study aims to analyze the effect of vibration on the critical temperature of the Cooling Booster Pump A Unit 1 at the Tanjung Balai Karimun Power Plant using a simple linear regression analysis method to answer how vibration at the Drive-end and Non drive-end positions affects the machine temperature at the drive end and Non drive-end positions of the Cooling Booster Pump. The results of the simple regression on vibration conditions at the Drive-end position show the equation $\hat{Y} = 34.774 + 9.634X$ with significance 0.000 (< 0.05) and $R^2 = 88.4\%$. For vibration conditions at the Non Drive-End position, the simple regression results are $\hat{Y} = 29.363 + 13.374X$ with significance 0.000 (< 0.05) and $R^2 = 88.8\%$. The regression coefficients are positive, indicating that there is a positive influence of vibration conditions at the Drive-End position on engine temperature at both the Drive-End and Non Drive-End positions of the Cooling Booster Pump. This means that as vibration values increase, engine temperature also increases in the Cooling Booster Pump. Based on the significance value obtained of $0.000 < 0.05$, it can be concluded that the vibration of the Drive-End and Non Drive-End positions affects the temperature, with 88.4% and 88.8% of the effect, respectively, and the remainder influenced by other factors.

Keywords: Cooling Booster Pump, Vibration, Temperature.

Kata Pengantar

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT karena atas berkat, rahmat, dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan lancar dan tepat waktu yang berjudul " Pengaruh Vibrasi terhadap suhu kritis pada *Cooling Booster Pump* A Unit 1 di PLTU Tanjung Balai Karimun ".

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan ujian guna memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) Pada jurusan Teknik Elektro Prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam.

Penulis menyadari dalam pengerjaan tugas akhir ini masi jauh dari kata sempurna dan sempurna dan masih banyak kekurangan baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. Hal tersebut karena keterbatasan kemampuan penulis, sehingga penulis mengharapkan berupa saran dan kritik yang bersifat membangun. Selama perjalanan perkuliahan hingga praktek kerja lapangan, penulis telah menerima masukan seperti bantuan moral atau pun material yang tidak dapat dinilai harganya. Sebagai peneliti, perkenankan saya menyampaikan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua, Ayahanda Adika Putra, Ibunda Herlianti dan keluarga yang sangat saya sayangi dan cintai, yang telah banyak memberikan dukungan, bimbingan, perhatian, semangat, kasih sayang yang tiada tara serta dukungan moral dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Bambang Hendrawan, ST., MSM., CIPMP., CISC. selaku Direktur Perguruan Tinggi Politeknik Negeri Batam.
3. Bapak Irwanto Zarma Putra, S.Pd. M.Eng selaku ketua prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi.
4. Bapak Fauzun Atabiq, S.T., M. Cs selaku wali dosen Prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi kelas A pagi yang senantiasa memberikan semangat dan nasihat selama perkuliahan berlangsung.
5. Ibu Hasnira, S.T., M.Tr.T selaku Koordinator magang program studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi di Politeknik Negeri Batam dan juga sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulis yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya untuk membantu dalam hal bimbingan, dan pengarahan kepada penulis selama perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir ini.

6. Bapak Ir. Muhammad Syafei Gozali, ST, M.T. dan Bapak Dr. Didi Istardi, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Jhon Hericson Purba, S.Pd., M.Pd., selaku Dosen Pengampu Tugas Akhir.
8. Segenap dosen pengajar jurusan Teknik elektro yang telah banyak memberikan ilmu, serta pengalaman yang luar biasa selama menempuh perkuliahan.
9. Bapak Andi Taufik Saputra, Manager Unit Bisnis Pembangkitan (UBP) Kepulauan Riau, yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama penyusunan melakukan kegiatan magang hingga akhirnya dapat menyelesaikan Laporan Akhir
10. Bapak Syaiful Edli, selaku Manager UPPLTU Tanjung Balai Karimun UBP Kepulauan Riau yang telah memberikan bimbingan, masukan, arahan, serta motivasi selama penyusunan melakukan kegiatan magang dan penyusunan Laporan Akhir.
11. Seluruh pegawai UBP Kepulauan Riau, UPPLTU Tanjung Balai Karimun yang telah membantu dan mensupport penyusunan selama menjalani kegiatan magang.
12. Kepada teman-teman magang di PLTU Tanjung Balai Karimun yaitu Nabil Yoga FA, Ivan Priadi S, Andre Nikolas H yang telah Bersama-sama dalam hal susah dan senang dalam berdiskusi dan bekerja sama ketika magang.
13. Teman-teman angkatan 2021 Jurusan Teknik Elektro Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi yang namanya tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu. Terimakasih sudah memberikan kesan, motivasi, dan membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. dan penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini terdapat kekurangannya, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun akan selalu diterima dengan senang hati. Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan inspirasi bagi semua pihak yang membacanya.

Batam, 08 Januari 2025

Harry S Nugroho

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	x
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan	2
Bab 2. Tinjauan Pustaka	3
2.1 Vibrasi	3
2.2 <i>Frequency</i>	3
2.3 <i>Root Mean Square (RMS)</i>	4
2.4 Regresi linear sederhana	4
2.5 Analisa Pengujian	5
2.5.1 Uji parsial (Uji-t)	5
2.5.2 Uji Koefisien Determinasi (R^2)	6
Bab 3. Metodologi Penelitian	8
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	10
4.1. Hasil Pengambilan Data Vibrasi dan Suhu	10
4.2. Analisa Pengaruh Vibrasi terhadap Suhu pada posisi <i>Drive End</i>	12
4.3. Analisa Pengaruh Vibrasi Terhadap Suhu Posisi <i>Non Drive-End</i>	13
4.3. Uji Analisis regresi linear sederhana	13

4.3.1. Uji Parsial (Uji-t).....	16
4.3.2 Uji Koefisien Determinasi	16
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	18
5.1. Kesimpulan	18
5.2. Saran	18
Daftar Pustaka	19
Biodata	20
Lampiran	21
Lampiran table pengumpulan data	21
Lampiran pengambilan data.....	23
Lampiran table t	24

Daftar Gambar

Gambar 1. Diagram proses penelitian.....	8
Gambar 2. Grafik pengambilan data vibrasi.....	10
Gambar 3. Grafik data pengambilan suhu.....	11
Gambar 4. Grafik pengaruh vibrasi terhadap suhu pada posisi Drive End	12
Gambar 5. Grafik pengaruh vibrasi terhadap suhu pada posisi Non Drive-End ...	13
Gambar 6. Grafik regresi linear sederhana kondisi drive end	14
Gambar 7. Grafik regresi linear sederhana kondisi non-drive end.....	15

Daftar Tabel

Tabel 1. hasil uji regresi linear sederhana kondisi drive end	14
Tabel 2. hasil uji regresi linear sederhana kondisi non drive end	15
Tabel 3. hasil uji koefisien determinasi	17
Tabel 4. Hasil pengambilan data vibrasi	21
Tabel 5. hasil pengambilan data suhu	22

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Dalam sistem mekanik, pompa memiliki peran krusial dalam menjaga aliran fluida agar proses operasional berjalan dengan baik. Namun, salah satu permasalahan umum yang sering terjadi adalah munculnya vibrasi berlebih selama pompa beroperasi. Vibrasi ini dapat berasal dari ketidakseimbangan rotor, kesalahan perakitan, atau kondisi komponen yang mulai aus[1]. Jika dibiarkan, vibrasi berlebih tidak hanya menimbulkan kerusakan mekanis, tetapi juga menyebabkan kenaikan suhu yang signifikan hingga mencapai suhu kritis[2]. Kondisi suhu kritis ini dapat menjadi indikator awal terjadinya kerusakan serius, bahkan kegagalan sistem secara menyeluruh[3]. Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh vibrasi terhadap suhu kritis pompa sebagai dasar evaluasi kondisi dan pencegahan kerusakan dini.

Pertama, penelitian yang dilakukan oleh Asdanu Rajaza Bakti, Meriani (2021) tentang Analisa Preventive Maintenance, Domestic Booster Pump di PLTU Keban Agung Lahat[4]. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemeliharaan dan perawatan menjaga kualitas dan efisiensi pompa bekerja dengan baik dengan cara perawatan dan penjadwalan yang teratur. Metode ini bertujuan untuk mencegah kerusakan peralatan secara mendadak. Dari hasil Analisa vibration dan temperature dapat disimpulkan rata-rata suhu pada motor melebihi batas out of range dari spesifikasi motor yaitu di suhu 43°C. harus dilakukan penggantian pelumas/oli sesuai standarnya yaitu ISO VG 46. Setelah dilakukan penggantian pelumas didapatkan hasil temperature sekitar 2% yaitu di suhu 40,6°C dan untuk pemeriksaan vibrasi masih tetap sama dengan rata-rata 1,3-1,5 mm/ s.

Kedua, penelitian yang dilakukan oleh Suhesti, Aulia Rahayu Agustini, Efrata (2024) tentang Performansi Vibrasi Pompa pada *Steam Condensate Pump*(G-2707)[5]. Penelitian ini bertujuan mengenai performan pompa bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara vibrasi dan performa pompa. Tingkat vibrasi yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada komponen pompa, mengurangi efisiensi, bahkan kegagalan proses operasional pompa. Pemeriksaan vibrasi penting dilakukan secara rutin untuk menjaga performan pompa. Setelah dilakukan pemeriksaan vibrasi didapat nilai vibrasi pada 2,21 mm/s yang menunjukkan kondisi *good* pada Vibration ISO 10816 dan berarti pompa masih aman untuk beroperasi. Dengan demikian Berdasarkan dari latar belakang yang telah di paparkan diatas, melalui hasil studi literatur dan observasi ketika magang di PLTU Tanjung Balai Karimun, maka penulis mengambil judul tugas akhir "Pengaruh vibrasi terhadap suhu kritis pada pompa *Cooling booster Pump A* unit 1 PLTU Tanjung Balai Karimun".

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh vibrasi terhadap suhu diposisi *Drive End* pada pompa *Cooling Booster Pump A* Unit 1 di PLTU Tanjung Balai Karimun?
2. Bagaimana pengaruh vibrasi terhadap suhu diposisi *Non Drive End* pada pompa *Cooling Booster Pump A* Unit 1 di PLTU Tanjung Balai Karimun?

1.3. Tujuan

1. Menganalisis pengaruh vibrasi terhadap perubahan suhu posisi *Drive End* pada pompa *Cooling Booster Pump A* Unit 1 di PLTU Tanjung Balai Karimun menggunakan metode regresi linear sederhana.
2. Menganalisis pengaruh vibrasi terhadap perubahan suhu posisi *Non Drive End* pada pompa *Cooling Booster Pump A* Unit 1 di PLTU Tanjung Balai Karimun menggunakan metode regresi linear sederhana.

1.4. Manfaat

Manfaat dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah memberikan informasi terkait hasil analisa pengaruh vibrasi posisi *Drive End* dan *Non-Drive End* terhadap suhu kritis pada pompa *Cooling Booster Pump A* Unit 1 di PLTU Tanjung Balai Karimun.

1.5. Batasan

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada *Cooling Booster Pump A* Unit 1 di PLTU Tanjung Balai Karimun.
2. Data yang digunakan diambil dari hasil pengukuran langsung di lapangan menggunakan vibration meter dan thermo gun.
3. Metode analisis yang digunakan adalah regresi linear sederhana dengan bantuan perangkat lunak SPSS.
4. Faktor lain yang mungkin memengaruhi suhu mesin seperti tekanan fluida, kecepatan aliran, dan kondisi lingkungan tidak dibahas dalam penelitian ini.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1 Vibrasi

Vibrasi merupakan gerakan osilasi suatu benda menuju titik keseimbangan akibat pengaruh gaya internal maupun eksternal dalam mesin industri seperti pompa *Cooling Booster Pump*, kondisi ini dapat menjadi indikator awal adanya kerusakan mekanis seperti ketidakseimbangan, kelonggaran, atau keausan komponen[6]. Getaran yang berlebihan tidak hanya menurunkan efisiensi pompa tetapi juga meningkatkan gesekan dan pelepasan panas yang tidak efisien, yang akhirnya menyebabkan peningkatan suhu operasi. Menurut penelitian Prasetyo dan Darmawan (2020) bahwa ketika nilai vibrasi *Root Mean Square* melebihi 4,5 mm/s, terjadi peningkatan suhu sebesar 15–20% dibandingkan dengan kondisi normal. Hubungan antara vibrasi dan suhu cenderung linier pada awalnya, tetapi dapat berubah menjadi eksponensial jika tidak ditangani, terutama ketika kerusakan seperti ketidaksejajaran poros atau keausan bantalan telah terjadi. Oleh karena itu, pemantauan vibrasi dan *frequency* secara real-time sangat penting dalam menjaga kestabilan temperatur mesin dan memastikan keandalan sistem. Menurut penelitian Singh dan Kumar[7] juga menyatakan bahwa getaran yang tidak terkontrol berdampak langsung pada penurunan efisiensi termal dan peningkatan risiko panas berlebih pada komponen pompa industri. Sejalan dengan hal tersebut, analisis getaran merupakan bagian penting dari strategi pemeliharaan prediktif, di mana parameter seperti *Root Mean Square*, nilai puncak, dan *frequency* dominan dapat digunakan untuk mendeteksi potensi kerusakan sebelum kegagalan sistem terjadi[8].

2.2 Frequency

Frequency merupakan salah satu parameter utama dalam analisis getaran, dimana *frequency* getaran mengacu pada jumlah siklus getaran per detik dan umumnya diukur dalam satuan Hertz (Hz). Setiap komponen mesin memiliki *frequency* alami atau *frequency* resonansi tertentu, dan apabila *frequency* operasi mesin mendekati atau sesuai dengan *frequency* resonansinya, maka amplitudo getaran dapat meningkat secara signifikan, yang berpotensi menimbulkan kerusakan mekanis dan peningkatan temperatur akibat gesekan dan ketidakseimbangan dinamis[9]. Menurut penelitian Bayuseno dan Satya[6] juga menunjukkan bahwa pompa pendingin yang beroperasi mendekati *frequency* resonansi cenderung mengalami kenaikan suhu akibat getaran yang tidak terkontrol, di mana energi dari getaran diubah menjadi panas, sehingga mempercepat keausan pada bantalan dan seal pompa. Selain itu, *frequency* vibrasi terkait erat dengan jenis kerusakan tertentu misalnya ketidaksejajaran biasanya menghasilkan *frequency* yang sama dengan kecepatan putaran mesin, sedangkan

misalignment atau kerusakan bantalan menghasilkan *frequency* harmonik atau kelipatan *frequency* dasar[10]. Oleh karena itu, pemantauan perubahan pola *frequency* sangat penting agar operator dapat mengidentifikasi gejala kerusakan sejak dini dan mencegah peningkatan suhu kritis yang dapat menyebabkan kegagalan sistem.

2.3 Root mean square (RMS)

Root Mean Square adalah parameter statistik yang sangat umum digunakan di bidang teknik, khususnya dalam analisis getaran dan mekanika yaitu untuk mengukur energi rata-rata yang dibawa oleh sinyal atau data yang berfluktuasi seiring waktu[11]. *Root Mean Square* secara matematis didefinisikan sebagai akar kuadrat dari rata-rata kuadrat. Rumus umum dari *Root Mean Square* adalah sebagai berikut:

$$RMS = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2}{N}} \dots\dots\dots(1)$$

Atau biasa ditulis sebagai:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N 1x_i^2}{N}} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- x_i : Setiap nilai data dalam urutan
- N : Jumlah total titik data
- $\sum_{i=1}^N = 1 x_i^2$: Jumlah dari kuadrat setiap nilai data

Karena *Root Mean Square* mempertimbangkan kuadrat dari nilai-nilai yang dapat menunjukkan level energi atau kekuatan sinyal, ini lebih representatif dalam mengukur getaran atau sinyal listrik dibandingkan dengan nilai puncak atau rata-rata. Ini menjadikan ideal untuk analisis sistem dinamis seperti motor listrik, pompa industri, dan mesin berputar. Sebagaimana dijelaskan oleh McConnell, *Root Mean Square* merupakan alat yang sangat penting untuk menentukan intensitas dari sinyal dinamis dalam sistem mekanik dan elektrikal karena mencerminkan kekuatan total dari sinyal fluktuatif terhadap waktu[11].

2.4 Regresi linear sederhana

Metode Analisa data dalam penelitian ini menggunakan metode regresi linear sederhana. Menurut Sugiyono uji regresi linear sederhana digunakan untuk memeriksa data yang terdiri dari dua variable yaitu independent dan variable dependen yang bersifat kausal[12].

Persamaan rumus regresi linear sederhana adalah:

$$Y' = a + bx \dots\dots\dots (3)$$

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n \sum X^2 - (\sum Y)^2} \dots\dots\dots (4)$$

$$b = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum Y)^2} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

Y = Suhu

X = Vibrasi

a = Konstanta

b = Koefisien arah regresi linear

Y' = Nilai yang diprediksi

Dimana a merupakan konstanta (nilai Y apabila X = 0) dan b adalah koefisien regresi (taksiran perubahan nilai Y apabila X berubah nilai satu unit). Kemudian Y variabel yang nilainya di pengaruhi variabel lain (dependen variabel) dan X variabel yang mempengaruhi nilai variabel lain (independent variabel)[13]. Rumus untuk mencari nilai a dan b dapat dilihat pada persamaan 4 dan 5.

2.5 Analisa pengujian

2.5.1 Uji parsial (Uji-t)

Menurut Ghozali uji t menggambarkan seberapa jauh berpengaruh variable independent (X) dan dependen(Y)[14]. Apabila nilai probabilitas signifikan lebih kecil dari 0,05 (5%) maka variable independent berpengaruh signifikan terhadap variable dependen. Adapun persamaan yaitu:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \dots\dots\dots (6)$$

Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_a diterima

Jika $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka H_0 diterima dan H_a ditolak

Keterangan:

t = Nilai dari t_{hitung}

r = Koefisien Korelasi *Pearson Product Moment*

n = Banyak data

H_0 = Hipotesis nol

H_a = Hipotesis alternative

Koefisien korelasi (r) diperoleh dengan mengambil akar dari perbandingan antara total kuadrat variasi yang dapat dijelaskan dengan total kuadrat variasi keseluruhan. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$r = \frac{\sqrt{\sum(Y_c - \bar{Y})^2}}{\sqrt{\sum(Y - \bar{Y})^2}} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

Y_c =Taksiran (nilai Y yang ditentukan dengan menggunakan persamaan regresi yang diperoleh)

\bar{Y} = Y rata-rata

Y = nilai Y actual

Koefisien korelasi (r) menggambarkan tingkat keterkaitan antara dua variabel dengan nilai berkisar dari 0 hingga ± 1 . Jika nilai r antara dua variabel adalah 0, maka tidak ada hubungan antara keduanya. Sebaliknya, jika nilai r mencapai ± 1 , artinya terdapat hubungan yang sempurna. Tanda negatif (-) pada nilai r menunjukkan hubungan terbalik, di mana kenaikan pada satu variabel diikuti penurunan pada variabel lainnya. Sebaliknya, tanda positif (+) menunjukkan hubungan searah, di mana kenaikan pada satu variabel akan diikuti kenaikan pada variabel lainnya. Semakin besar nilai koefisien korelasi (mendekati 1), semakin kuat hubungan antara dua variabel tersebut. Sebaliknya, semakin kecil nilai koefisien korelasi (mendekati 0), semakin lemah hubungan antar variabel. Sebagai contoh, jika koefisien korelasi antara dua variabel adalah 0,7, berarti terdapat hubungan searah dengan kekuatan hubungan sebesar 0,7 atau 70%[13].

2.5.2 Uji koefisien determinasi (R²)

Menurut Ghozali tujuan dari uji ini adalah mengetahui seberapa besar pengaruh parameter (X) mempengaruhi parameter (Y)[14]. Dimana pada parameter vibrasi (X) terhadap suhu mesin (Y), Nilai R² menunjukkan jumlah varian variable tidak bebas yang dapat dijelaskan oleh variable penjelasnya. Rumus dari R² sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{SS_{reg}}{SS_{total}} \dots\dots\dots (8)$$

$$SS_{reg} = \sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2 \dots\dots\dots (9)$$

$$SS_{total} = \sum(Y_i - \bar{y})^2 \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

SS_{total} = Total Sum of Squares

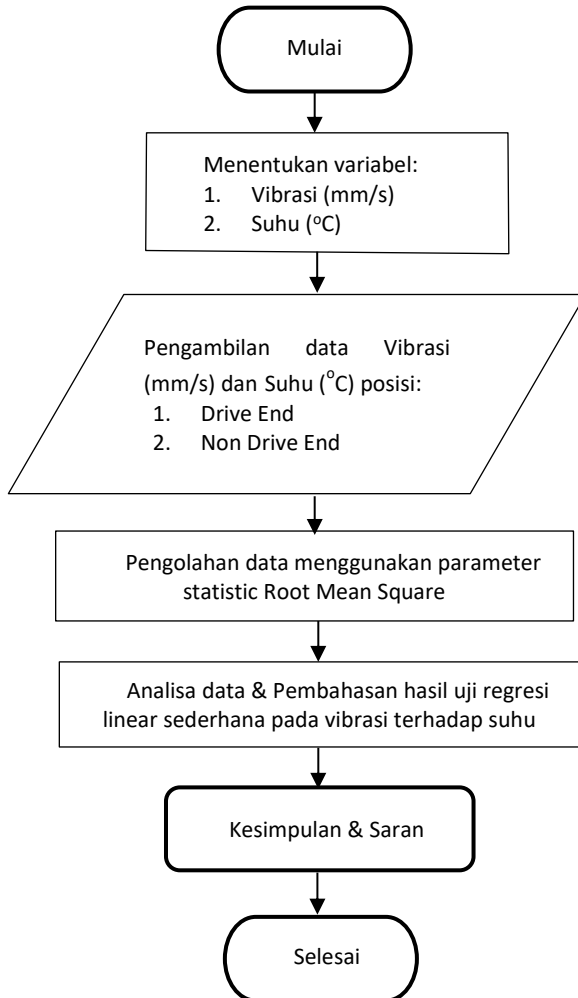
SS_{reg} = Regression Sum of Squares

\hat{y}_i = Nilai efisiensi hasil prediksi model regresi

\bar{y} = Rata-rata efisiensi

R square adalah sebuah nilai yang menunjukkan sejauh mana variabel independen (eksogen) berpengaruh terhadap variabel dependen (endogen). Nilai R square berada dalam rentang antara 0 hingga 1, yang mencerminkan besarnya pengaruh Bersama variabel independen terhadap variabel dependen. R square (R^2) digunakan untuk mengukur besarnya pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Nilai R square ini dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu kategori kuat, kategori sedang, dan kategori rendah. R square atau koefisien determinasi merupakan ukuran yang menggambarkan sejauh mana variasi pada data dependen dapat dijelaskan oleh data independen. Nilai R square berada dalam kisaran 0 hingga 1, dan semakin mendekati angka satu berarti semakin baik model tersebut. Misalnya, jika R square bernilai 0,6, artinya 60% variasi pada variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabel independen, sementara sisanya, yaitu 40%, tidak dapat dijelaskan oleh variabel independen dan dianggap sebagai komponen error. Apabila nilai R square rendah, maka komponen errornya lebih besar[14].

Bab 3. Metodologi Penelitian

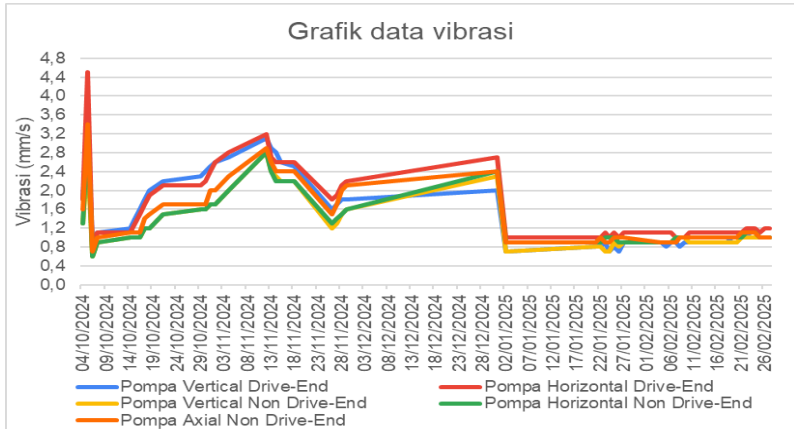


Gambar 1. Diagram proses penelitian

1. Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mulai langsung terjun ke lapangan untuk melihat dan mengamati permasalahan yang berkaitan dengan pembangkit listrik. Setelah itu dilakukan studi pustaka untuk memahami dan mencari literatur yang relevan dengan topik penelitian yang akan dilakukan. Setelah itu dilakukan wawancara dengan pembimbing lapangan dan beberapa pekerja yang memiliki pengalaman langsung di bidang pembangkit listrik.
2. Langkah kedua dilanjutkan dengan menentukan variabel penelitian dari topik yang diambil, yaitu variabel vibrasi dan suhu yang dilakukan pengambilan data secara langsung di lapangan menggunakan alat ukur *vibration meter* dan *thermo gun*.
3. Langkah ketiga Pengambilan data vibrasi dan suhu, vibrasi menggunakan alat ukur *vibration meter* dilakukan dengan cara menempelkan sensor getaran pada alat *vibration meter* ke titik pengamatan yaitu *Drive End* di posisi horizontal dan vertical sedangkan *Non Drive End* di vertical, horizontal, dan axial, Sedangkan pengambilan data suhu menggunakan alat ukur *thermo gun* dengan cara mengarahkan sensor laser ke posisi *Drive End* dan juga ke posisi *Non Drive End*.
4. Langkah keempat ketika pengambilan data sudah didapatkan dilanjutkan dengan pengolahan data menggunakan parameter statistic Root Mean Square (1) dan (2) untuk mendapatkan nilai vibrasi Root Mean Square.
5. Langkah kelima ketika pengolahan data selesai dilakukan dengan melakukan analisa untuk mencari pengaruh vibrasi terhadap suhu kritis pada *Cooling Booster pump*. Pada proses analisa menggunakan uji regresi linear sederhana dengan persamaan (3), (4), dan (5) tujuannya untuk menguji hubungan antara dua variabel yaitu vibrasi (X) dan suhu (Y). Lalu dilanjutkan dengan proses uji parsial (Uji-t) untuk mengetahui seberapa signifikan pengaruh vibrasi terhadap suhu kritis pada *Cooling Booster pump* menggunakan persamaan (6). Kemudian proses Analisa pada vibrasi terhadap suhu kritis diakhiri dengan melakukan uji koefisien determinasi dengan menggunakan persamaan (7), (8), dan (9) untuk mengetahui seberapa besar pengaruh vibrasi terhadap suhu kritis pada *Cooling Booster pump*.
6. Langkah keenam setelah dilakukan Analisa dan pembahasan dari data yang didapatkan dan diakhiri dengan memberikan kesimpulan serta sara dari topik yang diangkat. Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian deskriptif kuantitatif yang merupakan metode pengumpulan data yang kemudian akan di olah dan di analisa[15]. Metode analisa yang digunakan pada data yang didapatkan adalah Uji T untuk mencari pengaruh pada variabel yang telah di tentukan. Proses pengumpulan data diperoleh melalui observasi langsung di lapangan untuk mengumpulkan data vibrasi dan suhu pada *Cooling Booster pump* A unit 1 di PLTU Tanjung Balai Karimun

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

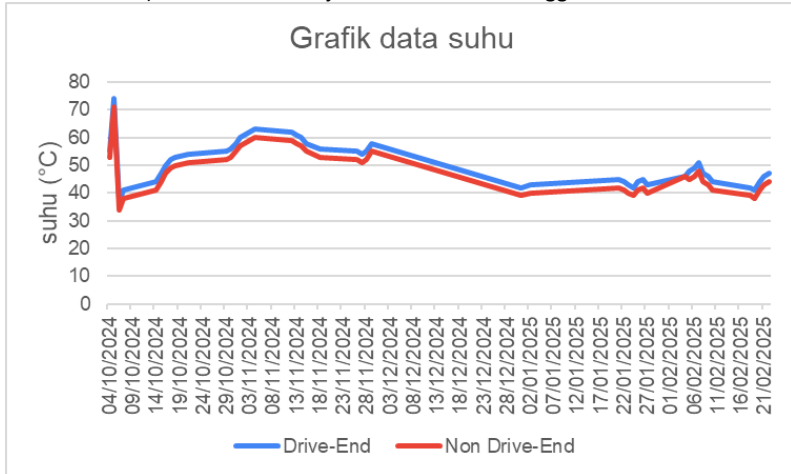
4.1. Hasil Pengambilan Data Vibrasi dan Suhu



Gambar 2. Grafik pengambilan data vibrasi

Pada gambar 2 merupakan grafik vibrasi yang menampilkan data kecepatan getaran (mm/s) dari lima titik pengukuran pada sistem pompa. Puncak vibrasi terjadi pada pompa vertikal *Drive-End* sebesar 4,8 mm/s, melebihi ambang peringatan umum (4,5 mm/s) dan menandakan potensi ketidak seimbangan pada sisi drive. Posisi kedua tertinggi adalah pompa horizontal *Drive-End* (4,4 mm/s), yang masih berada di zona B. Ketiga titik Non Drive-End Axial, Vertical, dan Horizontal mencatat nilai 3,6 mm/s, 2,8 mm/s, dan 1,2 mm/s secara berurutan, menunjukkan kondisi relatif stabil namun dengan tren penurunan dari arah

vertikal ke horizontal. Secara keseluruhan, arah vertikal (baik di Drive-End maupun Non Drive-End) konsisten menunjukkan vibrasi lebih tinggi.

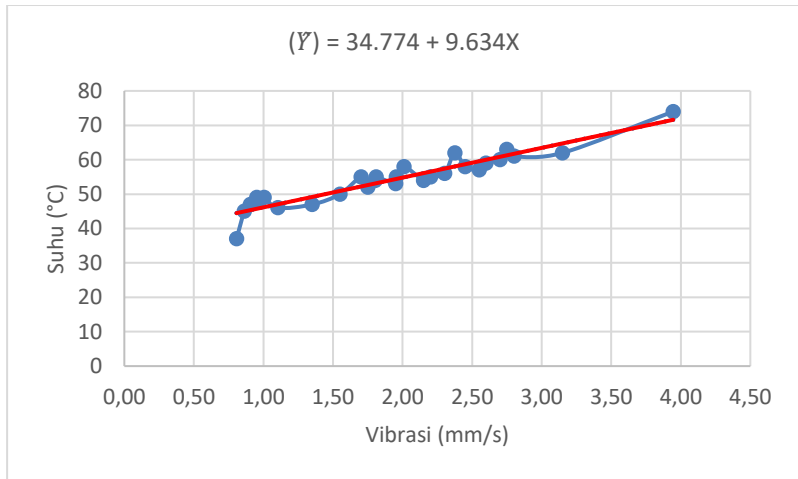


Gambar 3. Grafik data pengambilan suhu

Pada gambar 3 grafik pengumpulan data suhu di atas menunjukkan data suhu dalam satuan derajat Celsius ($^{\circ}\text{C}$) pada bagian Drive-End dan Non Drive-End pada pompa, yang dikumpulkan secara berkala mulai tanggal 4 Oktober 2024 hingga 21 Februari 2025. Pada awal periode, terdapat lonjakan suhu yang cukup signifikan pada kedua sisi, terutama di Drive-End yang mencapai hampir 80°C , sebelum menurun drastis dan mulai stabil. Setelah penurunan awal tersebut, suhu perlahan meningkat dan mencapai puncak pada pertengahan November 2024 dengan nilai mendekati 60°C , kemudian secara bertahap menurun hingga mencapai titik terendah sekitar 40°C pada Januari 2025. Sepanjang periode pengamatan, suhu di sisi Drive-End cenderung sedikit lebih tinggi dibandingkan Non Drive-End, namun perbedaannya tidak signifikan. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan adanya fluktuasi suhu yang konsisten namun terkendali,

mencerminkan kondisi termal pompa yang relatif stabil dengan kecenderungan menurun seiring waktu.

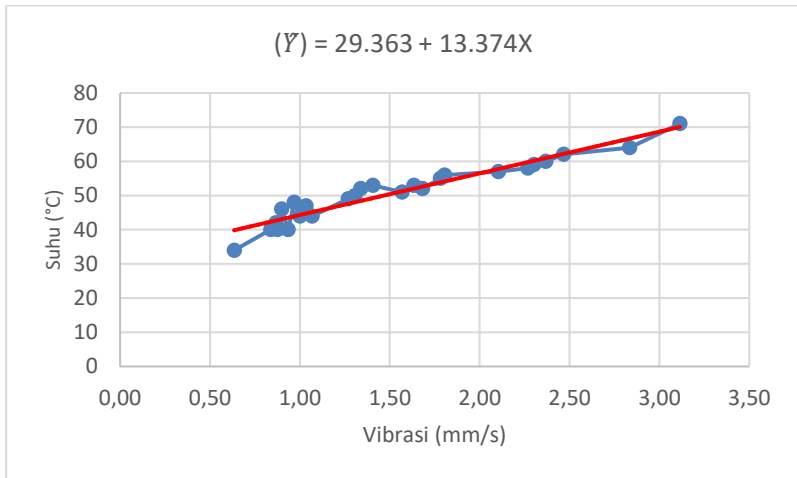
4.2. Analisa Pengaruh Vibrasi terhadap Suhu pada posisi *Drive End*



Gambar 4. Grafik pengaruh vibrasi terhadap suhu pada posisi Drive End

Gambar 4 grafik yang menggambarkan hubungan antara vibrasi (mm/s) dengan suhu (°C) pada kondisi *Drive-End* (DE) pompa. Terlihat adanya korelasi positif antara kedua variabel, di mana peningkatan nilai vibrasi cenderung diikuti oleh peningkatan suhu. Pada rentang vibrasi rendah sekitar 0,5–1,5 mm/s, suhu berkisar antara 40–50°C. Namun, seiring meningkatnya vibrasi hingga sekitar 4,0 mm/s, suhu juga meningkat signifikan hingga mendekati 75°C. Pola ini mengindikasikan bahwa vibrasi berperan dalam peningkatan suhu pada komponen Drive-End, yang dapat mengarah pada potensi masalah mekanis atau keausan jika tidak segera ditangani. Hubungan linier ini memperkuat pentingnya pemantauan kondisi vibrasi sebagai indikator awal gangguan termal pada sistem pompa.

4.3. Analisa Pengaruh Vibrasi Terhadap Suhu Posisi *Non Drive-End*

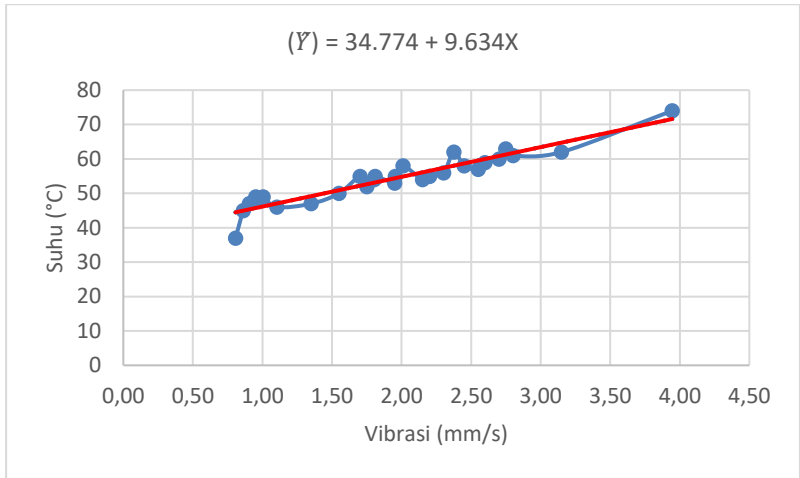


Gambar 5. Grafik pengaruh vibrasi terhadap suhu pada posisi *Non Drive-End*

Gambar 5 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara vibrasi (mm/s) dan suhu (°C) pada kondisi *Non Drive-End* (NDE) dari sistem pompa. Terlihat adanya tren positif, di mana kenaikan tingkat vibrasi cenderung diikuti oleh peningkatan suhu. Pada kisaran vibrasi rendah antara 0,5–1,5 mm/s, suhu umumnya berada pada rentang 35–50°C. Seiring meningkatnya vibrasi hingga sekitar 3,0 mm/s, suhu pun turut naik hingga mencapai sekitar 70°C. Pola ini mencerminkan bahwa vibrasi memiliki pengaruh terhadap suhu operasional di sisi *Non Drive-End*, meskipun korelasinya sedikit lebih tersebar dibandingkan sisi *Drive-End*.

4.3. Uji Analisis regresi linear sederhana

A. Kondisi *Drive End*



Gambar 6. Grafik regresi linear sederhana kondisi drive end

Gambar 6 merupakan grafik linearitas vibrasi terhadap suhu, Penelitian ini menggunakan analisis regresi linear sederhana untuk memprediksi seberapa besar hubungan vibrasi kondisi drive end terhadap suhu kondisi drive end. Perhitungan uji ini dilakukan dengan bantuan SPSS. Adapun hasil dari uji analisis regresi linear sederhana dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. hasil uji regresi linear sederhana kondisi drive end

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	34.774	.874		39.781	.000
Vibrasi	9.634	.503	.940	19.162	.000

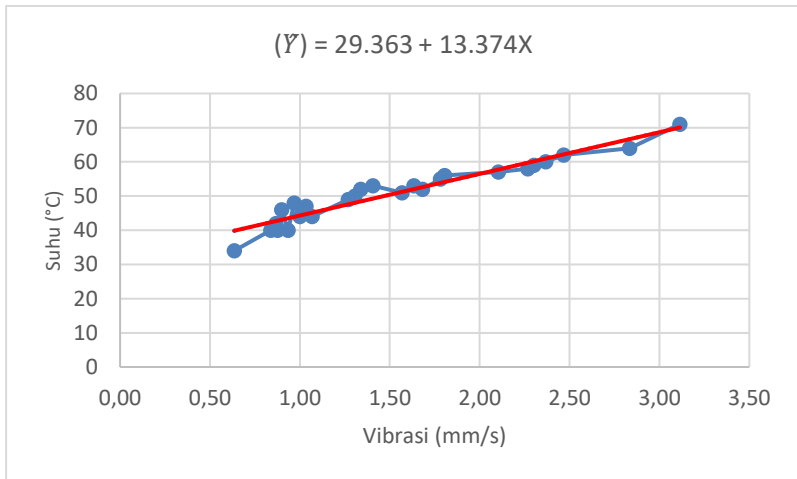
Berdasarkan hasil yang diperoleh nilai constant (a) sebesar 34.774, sedangkan nilai koefisien vibrasi sebesar 9.634. Dari hasil tersebut dapat dimasukkan dalam persamaan regresi sebagai berikut:

$$\hat{Y} = a + Bx$$

$$\hat{Y} = 34.774 + 9.634X$$

Hasil persamaan diatas dapat diterjemahkan konstanta sebesar 34.774 yang mengandung arti bahwa nilai konsistensi variabel suhu sebesar 34.774 koefisiensi regresi X sebesar 9.634. Koefisien regresi tersebut bernilai positif, sehingga dapat dinyakan bahwa ada pengaruh vibrasi (variabel X) terhadap suhu pompa (variabel Y) adalah positif. Artinya semakin tinggi nilai vibrasi maka suhu juga akan meningkat. Dan berdasarkan nilai signifikansi yang diperoleh dari tabel diatas sebesar $0,000 < 0,05$ dapat disimpulkan bahwa vibrasi berpengaruh terhadap suhu sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima.

B. Kondisi Non Drive End



Gambar 7. Grafik regresi linear sederhana kondisi non-drive end

Gambar 7 merupakan grafik linearitas vibrasi terhadap suhu, Penelitian ini menggunakan analisis regresi linear sederhana untuk memprediksi seberapa besar hubungan vibrasi kondisi non drive end terhadap suhu kondisi non drive end. Perhitungan uji ini dilakukan dengan bantuan SPSS. Adapun hasil dari uji analisis regresi linear sederhana dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. hasil uji regresi linear sederhana kondisi non drive end

<i>Coefficients^a</i>

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std.Error	Beta		
1 (Constant)	29.363	.998		29.408	.000
Vibrasi	13.374	.684	.943	19.554	.000

Berdasarkan hasil yang diperoleh nilai constant (a) sebesar 29.363, sedangkan nilai koefisien vibrasi sebesar 13.374. Dari hasil tersebut dapat dimasukkan dalam persamaan regresi sebagai berikut:

$$\hat{Y} = a + Bx$$

$$\hat{Y} = 29.363 + 13.374X$$

Hasil persamaan diatas dapat diterjemahkan konstanta sebesar 29.363 yang mengandung arti bahwa nilai konsistensi variabel suhu sebesar 29.363 koefisiensi regresi X sebesar 13.374. Koefisien regresi tersebut bernilai positif, sehingga dapat dinyakan bahwa ada pengaruh vibrasi (variabel X) terhadap suhu pompa (variabel Y) adalah positif. Artinya semakin tinggi nilai vibrasi maka suhu juga akan meningkat. Dan berdasarkan nilai signifikansi yang diperoleh dari tabel diatas sebesar $0,000 < 0,05$ dapat disimpulkan bahwa vibrasi berpengaruh terhadap suhu sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima.

4.3.1. Uji Parsial (Uji-t)

Pada tabel 1 diketahui nilai t hitung kondisi drive end sebesar 39.781 dan pada tabel 2 diketahui t hitung kondisi non drive end sebesar 29.408 lebih besar dari nilai t tabel sebesar 1.67 dengan signifikansi $0.00 < 0.05$. Dapat diambil kesimpulan bahwa vibrasi berpengaruh positif dan signifikansi terhadap suhu karena nilai t hitung $>$ t tabel dan nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima. Sehingga hal ini menunjukkan bahwa vibrasi memiliki pengaruh terhadap suhu.

4.3.2 Uji Koefisien Determinasi

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh vibrasi terhadap suhu pada pompa, dilakukan perhitungan statistik dengan menggunakan koefisien determinasi dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 3. hasil uji koefisien determinasi

Model summary									
Kondisi Drive End					Kondisi Non-Drive End				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.940 ^a	.884	.882	2.67073	1	.943 ^a	.888	.886	2.78773

Dari tabel diatas terdapat hasil data analisis koefisien determinasi kondisi drive end dan non drive end, yang menjelaskan bahwa besar nilai hubungan (R) untuk drive end yaitu 0,940, Dari output tersebut diperoleh Koefisien Determinasi (R Square) sebesar 0,884 dan besar nilai hubungan (R) untuk kondisi non drive end yaitu 0,943, Dari output tersebut diperoleh Koefisien Determinasi (R Square) sebesar 0,888 yang mengandung bahwa pengaruh variabel bebas (vibrasi) terhadap variabel terikat (suhu) sebesar 88.4% untuk kondisi drive end dan 88.8% untuk kondisi non drive end.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

- 1) Pada kondisi vibrasi posisi *Drive End* mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap perubahan suhu pada pompa *Cooling Booster Pump* hal tersebut didukung dengan hasil analisa persamaan $Y = 34.774 + 9.634X$ yang berarti variabel vibrasi posisi *Drive End* sebesar 34.774 dimana penambahan (1) satuan nilai vibrasi output maka suhu akan bertambah sebesar 9.634. Koefisien regresi tersebut bernilai positif, sehingga dapat dinyatakan bahwa ada pengaruh kondisi vibrasi posisi *Drive End* terhadap suhu adalah positif yang artinya semakin tinggi nilai vibrasi maka semakin tinggi pula kenaikan suhu mesin pada pompa *Cooling Booster Pump*. Berdasarkan nilai signifikansi yang diperoleh sebesar $0.000 < 0.05$ dapat disimpulkan bahwa vibrasi posisi *Drive End* berpengaruh terhadap suhu dan besar pengaruh nya adalah 88,4% dan sisanya dipengaruhi oleh hal lain.
- 2) Pada kondisi vibrasi posisi *Non-Drive End* mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap perubahan suhu pada pompa *Cooling Booster Pump* hal tersebut didukung dengan hasil analisa persamaan $Y = 29.363 + 13.374X$ yang berarti variabel vibrasi posisi *Non-Drive End* sebesar 29.363 dimana penambahan (1) satuan nilai vibrasi output maka suhu akan bertambah sebesar 13.374. Koefisien regresi tersebut bernilai positif, sehingga dapat dinyatakan bahwa ada pengaruh kondisi vibrasi posisi *Non-Drive End* terhadap suhu adalah positif yang artinya semakin tinggi nilai vibrasi maka semakin tinggi pula kenaikan suhu mesin pada pompa *Cooling Booster Pump*. Berdasarkan nilai signifikansi yang diperoleh sebesar $0.000 < 0.05$ dapat disimpulkan bahwa vibrasi posisi *Non-Drive End* berpengaruh terhadap suhu dan besar pengaruh nya adalah 88,8% dan sisanya dipengaruhi oleh hal lain.

5.2. Saran

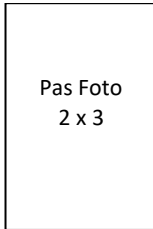
Untuk menjaga dan meningkatkan kualitas dari *Cooling Booster Pump* pada PLTU Tanjung Balai Karimun sebagai berikut:

1. Dilakukannya Preventive Maintenance secara terjadwal grease pada pompa agar tidak terjadi keausan pada bearing pompa.
2. Melakukan cleaning rutin area *cooling booster pump* pada terutama pada pompa agar tidak ada kerak.
3. Melakukan pengecatan ulang pada body pompa *Cooling Booster Pump* agar tidak terjadi korosi.
4. Melakukan pemasangan sensor vibrasi atau alarm agar jika terjadi vibrasi yang tinggi atau melebihi batas standar ISO 10816-3 terdapat notifikasi bahwa *Cooling Booster Pump* memiliki indikasi kerusakan.

Daftar Pustaka

- [1] L. A. Putra, "ANALISA KERUSAKAN POMPA SENTRIFUGAL P-011C DI PT. SULFINDO ADIUSAHA DENGAN MENGGUNAKAN TRANSDUCER GETARAN ACCELEROMETER," *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 3, p. 9, Mar. 2017, doi: 10.22441/jtm.v5i3.1211.
- [2] G. Harindah, "Implementasi Pemeliharaan Prediktif Berbasis Analisis Getaran Menggunakan Standar Iso 10816 Pada Mesin Diesel di PLTD Tobelo," *J. Sos. Teknol.*, vol. 4, no. 7, pp. 501–515, Jul. 2024, doi: 10.59188/jurnalsostech.v4i7.1326.
- [3] Wahyudi, S., Aditya, R., & Handoko, A., "Integrasi Monitoring Suhu dan Vibrasi dalam Maintenance Pompa Industri.," *J. Keteknikan*, pp. 33–40, 2022.
- [4] "artikel-asdanu-meriani-abstrak-indo-pdf."
- [5] Suhesti, A. R. Agustini, and E. Tarigan, "PERFORMANSI VIBRASI POMPA PADA STEAM CONDENSATE PUMP (G-2707)," *SINERGI POLMED J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 86–91, Mar. 2024, doi: 10.51510/sinergipolmed.v5i1.1496.
- [6] Bayuseno & Satya, "Analysis of Mechanical Vibration in Pumping Systems: Implications on Thermal Efficiency.," *J. Mech. Eng. Sci.*, pp. 45–53, 2019.
- [7] Singh, P., & Kumar, R., "Predictive Maintenance of Centrifugal Pumps using Vibration Analysis," *J. Ind. Eng. Res.*, pp. 55–63, 2021.
- [8] Ridwan, H., Siregar, R., & Wibowo, A., "Monitoring Getaran dan Suhu pada Pompa Industri Menggunakan Sensor IoT," *J. Tek. Mesin Nusant.*, pp. 112–118., 2022.
- [9] Tandon, N., Pandey, R. K., & Choudhury, "Vibration Monitoring and Analysis in Rotating Machinery," *J. Mech. Syst. Signal Process.*, pp. 45–52, 2020.
- [10] Mobley, R. K., *An Introduction to Predictive Maintenance (2nd ed.)*. in Elsevier. 2002.
- [11] McConnell, K. G., & Varoto, P. S., *Vibration Testing: Theory and Practice*. 2008.
- [12] D. Sugiyono, "METODE PENELITIAN KUANTITATIF, KUALITATIF, DAN R&D".
- [13] N. S.Pd.Si., M.Pd, T. Dewi Astuti, SE., M.Si, Ak., CA., CTA, E. Sri Utami, SE., M.Si., Ak., CA, and M. Budiantara, SE., M.Si., Ak., CA, "DASAR - DASAR STATISTIK PENELITIAN. in Ngringinan, Palbapang, Bantul, Bantul, Yogyakarta: SIBUKU MEDIA. 2017.
- [14] Dr H Imam Ghozali, *Analisis Multivariate dengan program IBM SPSS 26 2021 Badan Penerbit Univ. Diponegoro*, vol. 3, no. 1, p. 98, 2021.
- [15] M. M. Ali, T. Hariyati, M. Y. Pratiwi, and S. Afifah, "Metodologi Penelitian Kuantitatif Dan Penerapan Nya Dalam Penelitian," *Educ. J.*, vol. 2, no. 2, 2022.

Biodata



Nama : Harry S Nugroho
TTL : Batam, 24 July 2002
Agama : Islam
Alamat : Perum Tiara Mantang Block R No 12

Email : harrysnugroho24@gmail.com
Riwayat Pendidikan SMA/SMK : SMK N 5 BATAM
SMP : SMP N 9 BATAM

Lampiran

Lampiran table pengumpulan data

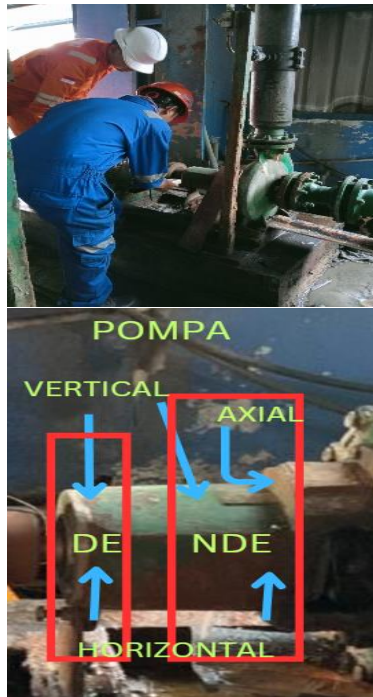
Tabel 4. Hasil pengambilan data vibrasi

Vibrasi						
V DE	H DE	V NDE	H NDE	A NDE	Vibrasi rata-rata DE	Vibrasi rata-rata NDE
mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s
1.8	1.8	1.3	1.3	1.6	1.81	1.41
3.3	4.5	2.7	3.2	3.4	3.95	3.11
0.9	0.7	0.6	0.6	0.7	0.81	0.64
1.1	1.1	0.9	0.9	1	1.10	0.93
1.2	1.1	1	1	1.1	1.15	1.03
1.4	1.3	1	1	1.1	1.35	1.03
1.6	1.5	1	1	1.1	1.55	1.03
1.8	1.7	1.2	1.2	1.4	1.75	1.27
2	1.9	1.2	1.2	1.5	1.95	1.31
2.2	2.1	1.5	1.5	1.7	2.15	1.57
2.3	2.1	1.6	1.6	1.7	2.20	1.63
2.4	2.2	1.6	1.6	1.7	2.30	1.63
2.5	2.4	1.7	1.7	2	2.45	1.81
2.6	2.6	1.7	1.7	2	2.60	1.81
2.7	2.8	2	2	2.3	2.75	2.10
3.1	3.2	2.8	2.8	2.9	3.15	2.83
2.9	2.7	2.4	2.4	2.6	2.80	2.47
2.8	2.6	2.3	2.2	2.4	2.70	2.30
2.6	2.6	2.2	2.2	2.4	2.60	2.27
2.5	2.6	2.2	2.2	2.4	2.55	2.27
1.6	1.8	1.2	1.3	1.5	1.70	1.34
1.7	1.9	1.3	1.4	1.7	1.80	1.48
1.8	2.1	1.5	1.5	2	1.96	1.68
1.8	2.2	1.6	1.6	2.1	2.01	1.78
2	2.7	2.3	2.4	2.4	2.38	2.37
0.7	1	0.7	0.9	0.9	0.86	0.84
0.8	1	0.8	0.9	0.9	0.91	0.87
0.8	1	0.8	0.9	1	0.91	0.90
0.9	1.1	0.7	1	0.9	1.00	0.88
0.7	1	0.7	1	0.9	0.86	0.88
0.8	1.1	0.9	1	1	0.96	0.97
0.7	1	0.8	0.9	1	0.86	0.90
0.9	1.1	0.9	0.9	1	1.00	0.93
0.9	1.1	0.9	0.9	0.9	1.00	0.90
0.8	1.1	0.9	0.9	0.9	0.96	0.90
0.9	1.1	0.9	0.9	0.9	1.00	0.90
0.9	1	1	1	0.9	0.95	0.97
0.8	1	1	1	1	0.91	1.00
0.9	1	1	1	1	0.95	1.00
0.9	1.1	0.9	1	1	1.00	0.97
0.9	1.1	0.9	1	1	1.00	0.97
1	1.1	0.9	1	1	1.05	0.97
1	1.1	0.9	1	1	1.05	0.97
1	1.1	1	1	1.1	1.05	1.03
1.1	1.2	1	1.1	1.1	1.15	1.07
1	1.2	1	1.1	1.1	1.10	1.07
1	1.2	1	1.1	1.1	1.10	1.07
1	1.1	1	1	1	1.05	1.00
1	1.2	1	1	1	1.10	1.00
1	1.2	1	1	1	1.10	1.00

Tabel 5. hasil pengambilan data suhu

Suhu	
Drive End	Non Drive End
°C	°C
55	53
74	71
37	34
41	38
44	41
47	44
50	47
52	49
53	50
54	51
55	52
56	53
58	55
60	57
63	60
62	66
61	58
60	57
58	55
56	53
55	52
54	51
55	52
58	55
42	39
43	40
45	42
44	41
43	40
42	39
44	41
45	42
43	40
46	46
48	45
49	46
51	48
47	44
46	43
44	41
42	39
41	38
44	41
46	43
47	44
43	40
41	38
40	37
44	41
46	43

Lampiran pengambilan data



ISO 10816 - 3

Unit mm/s	Group 1&3		Group 2&4	
	Rigit	Flexible	Rigit	Flexible
0 - 1,4	A	A	A	A
1,4 - 2,3	B		B	B
2,3 - 2,8	B	B	C	
2,8 - 3,5			C	
3,5 - 4,5	C	C	C	
4,5 - 7,1	D			
7,1 - 11	D	D	D	
11 -		D	D	

Lampiran table t

Titik Persentase Distribusi t (df = 41 – 80)

df \ Pr	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001
	0.50	0.20	0.10	0.050	0.02	0.010	0.002
41	0.68052	1.30254	1.68288	2.01954	2.42080	2.70118	3.30127
42	0.68038	1.30204	1.68195	2.01808	2.41847	2.69807	3.29595
43	0.68024	1.30155	1.68107	2.01669	2.41625	2.69510	3.29089
44	0.68011	1.30109	1.68023	2.01537	2.41413	2.69228	3.28607
45	0.67998	1.30065	1.67943	2.01410	2.41212	2.68959	3.28148
46	0.67986	1.30023	1.67866	2.01290	2.41019	2.68701	3.27710
47	0.67975	1.29982	1.67793	2.01174	2.40835	2.68456	3.27291
48	0.67964	1.29944	1.67722	2.01063	2.40658	2.68220	3.26891
49	0.67953	1.29907	1.67655	2.00958	2.40489	2.67995	3.26508
50	0.67943	1.29871	1.67591	2.00856	2.40327	2.67779	3.26141
51	0.67933	1.29837	1.67528	2.00758	2.40172	2.67572	3.25789
52	0.67924	1.29805	1.67469	2.00665	2.40022	2.67373	3.25451
53	0.67915	1.29773	1.67412	2.00575	2.39879	2.67182	3.25127
54	0.67906	1.29743	1.67356	2.00488	2.39741	2.66998	3.24815
55	0.67898	1.29713	1.67303	2.00404	2.39608	2.66822	3.24515
56	0.67890	1.29685	1.67252	2.00324	2.39480	2.66651	3.24226
57	0.67882	1.29658	1.67203	2.00247	2.39357	2.66487	3.23948
58	0.67874	1.29632	1.67155	2.00172	2.39238	2.66329	3.23680
59	0.67867	1.29607	1.67109	2.00100	2.39123	2.66176	3.23421
60	0.67860	1.29582	1.67065	2.00030	2.39012	2.66028	3.23171
61	0.67853	1.29558	1.67022	1.99962	2.38905	2.65886	3.22930
62	0.67847	1.29536	1.66980	1.99897	2.38801	2.65748	3.22696
63	0.67840	1.29513	1.66940	1.99834	2.38701	2.65615	3.22471
64	0.67834	1.29492	1.66901	1.99773	2.38604	2.65485	3.22253
65	0.67828	1.29471	1.66864	1.99714	2.38510	2.65360	3.22041
66	0.67823	1.29451	1.66827	1.99656	2.38419	2.65239	3.21837
67	0.67817	1.29432	1.66792	1.99601	2.38330	2.65122	3.21639
68	0.67811	1.29413	1.66757	1.99547	2.38245	2.65008	3.21446
69	0.67806	1.29394	1.66724	1.99495	2.38161	2.64898	3.21260
70	0.67801	1.29376	1.66691	1.99444	2.38081	2.64790	3.21079
71	0.67796	1.29359	1.66660	1.99394	2.38002	2.64686	3.20903
72	0.67791	1.29342	1.66629	1.99346	2.37926	2.64585	3.20733
73	0.67787	1.29326	1.66600	1.99300	2.37852	2.64487	3.20567
74	0.67782	1.29310	1.66571	1.99254	2.37780	2.64391	3.20406
75	0.67778	1.29294	1.66543	1.99210	2.37710	2.64298	3.20249
76	0.67773	1.29279	1.66515	1.99167	2.37642	2.64208	3.20096
77	0.67769	1.29264	1.66488	1.99125	2.37576	2.64120	3.19948
78	0.67765	1.29250	1.66462	1.99085	2.37511	2.64034	3.19804
79	0.67761	1.29236	1.66437	1.99045	2.37448	2.63950	3.19663
80	0.67757	1.29222	1.66412	1.99006	2.37387	2.63869	3.19526