

ANALISA PENGARUH *TYPE IMPELLER* TERHADAP *BEARING*

***RATING LIFE* PADA MESIN *BALANCING* DI PT. X**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik (S.T.) Pada Program Studi Teknik Mesin UNP Kediri



Oleh :

FATCHAN TSANI MUBAROK AL-ISLAMI

NPM : 2013010086

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

2024

Skripsi oleh :

FATCHAN TSANI MUBAROK AL-ISLAMI

NPM : 2013010086

Judul:

**ANALISA PENGARUH *TYPE IMPELLER* TERHADAP *BEARING*
RATING LIFE PADA MESIN *BALANCING* DI PT. X**

Telah Disetujui Untuk Diajukan Kepada Panitia Ujian/Sidang Skripsi

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Universitas Nusantara PGRI Kediri

Tanggal : 02 Juli 2024

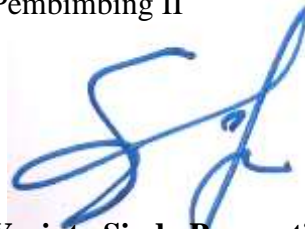
Pembimbing I



Ali Akbar, S.T, M.T.

NIDN. 0001027302

Pembimbing II



Yasinta Sindy Pramesti, M.Pd.

NIDN. 0705089001

Skripsi oleh :

FATCHAN TSANI MUBAROK AL-ISLAMI

NPM : 2013010086

Judul :

**ANALISA PENGARUH *TYPE IMPELLER* TERHADAP
BEARING RATING LIFE PADA MESIN *BALANCING* DI PT. X**

Telah Dipertahankan di Depan Panitia Ujian Skripsi

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Universitas Nusantara PGRI Kediri

Pada Tanggal : 17 Juli 2024

Dan Dinyatakan telah Memenuhi Persyaratan

Panitia Penguji :

1. Ketua : Ali Akbar, S.T., M.T.
2. Penguji I : Ah. Sulhan Fauzi, M.Si.
3. Penguji II : Yasinta Sindy Pramesti, M.Pd.



Mengetahui, 16 Juli 2024
Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu
Komputer



Dr. Sulistiono, M.Si
NIDN. 0007076801

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya,

Nama : FATCHAN TSANI MUBAROK AL-ISLAMI
Jenis kelamin : Laki - laki
Tempat/tgl lahir : Kediri, 01 Mei 2002
NPM : 2013010086
Fakultas/Prodi : TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER / TEKNIK MESIN

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar Pustaka.

Kediri, 17 Juli 2024

Yang Menyatakan



Fatchan Tsani Mubarak Al-Isami
NPM : 2013010086

MOTTO

kalau ga berani cape, yawes tidur dan nikmati kemiskinanmu. “ *Jikalau kamu tidak mau merasakan sulitnya belajar, maka kamu harus siap dengan masa depan yang miskin*” jadi poinnya, hari ini adalah akibat yang kita lakukan hari lalu dan hari ini menentukan apa yang akan kita nikmati hari depan. Kalau hari ini ga mau susah payah, pilihanmu!!...

-Dzawin Nur -

ABSTRAK

Fatchan Tsani Mubarak Al-Isami : Analisa Pengaruh *Type Impeller* Terhadap *Bearing Rating Life* Pada Mesin *Balancing* Di PT. X, Skripsi, Teknik Mesin, Teknik Dan Ilmu Komputer, 2024.

Dalam industri manufaktur modern, mesin *balancing* memainkan peran yang sangat penting dalam memastikan kualitas mesin-mesin rotasi. Salah satu komponen kunci mesin *balancing* adalah bantalan, yaitu komponen krusial yang memastikan stabilitas, presisi, dan efisiensi dalam proses *balancing*. Secara keseluruhan, meskipun ada bearing berkualitas tinggi di pasaran, penelitian yang berkelanjutan diperlukan untuk memastikan bahwa bantalan mesin *balancing* dapat memenuhi kebutuhan spesifik dari industri dan terus meningkatkan keandalan serta efisiensinya, penggunaan bearing yang dirancang khusus untuk aplikasi *balancing* dan memiliki kualitas tinggi sangat diperlukan untuk memastikan performa yang optimal dan hasil yang akurat. Studi ini bertujuan untuk mengkaji dampak dari variasi *type impeller* terhadap umur bantalan mesin *balancing* di perusahaan komersial. Penelitian ini mengadopsi metode kuantitatif kausalitas, melalui pengumpulan data dan sampel pada saat penelitian, lalu menganalisis menggunakan metode ANOVA. Pengukuran umur bantalan menggunakan penjumlahan dengan menggabungkan beberapa faktor. Hasil dari penelitian terungkap dari analisis ANOVA dengan presentase eror 0,05 di peroleh nilai signifikansi sebesar 0.006 dan $F = 44.582$ $F_{tabel} = 9.55$ yang artinya $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga dapat di simpulkan bahwa *type impeller* menegaskan adanya hubungan yang signifikan yaitu *type impeller* mempengaruhi umur bantalan pada mesin *balancing*.

Kata Kunci : Mesin *Balancing*, *Type Impeller*, Umur Bantalan, Proses *Balancing*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyadari tanpa bimbingan, dukungan, dan do'a dari berbagai pihak, skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya penulis tujukan kepada :

1. Abah, Ibu dan Kakak serta anggota keluarga lain yang telah memberikan banyak *support* kepada penulis, baik secara materil maupun nasihat - nasihat sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Dr. Zainal Afandi, M.Pd. selaku Rektor Universitas Nusantara PGRI Kediri.
3. Dr.Sulistiono, M.Si selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Nusantara PGRI Kediri.
4. Hesti Istiqlayah, S.T, M.Eng. selaku kaprodi Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri.
5. Yasinta Sindy Pramesti, M.Pd. selaku pembimbing 1 Program Studi Teknik Mesin yang banyak memberikan saran dan ilmu dalam penulisan skripsi.
6. Ali Akbar, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 Prodi Teknik Mesin yang banyak memberikan ilmu bermanfaat dalam penyelesaian penulisan skripsi.
7. Seluruh Dosen, Karyawan dan Staf atas segala bantuan moril kepada penulis selama belajar di Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri.
8. Arif Syaifurrisal, S.Pi., M.P. dan Febrita Roemanasari, S.M., M.SEI. yang telah memberi bimbingan dan membantu dalam penerbitan Artikel di Jurnal Mekanika UNS.

9. Miftahul Huda, A.Md. dan Abdul Kholim, S.T. beserta staff, dan karyawan yang telah memberikan banyak ilmu dan juga pengalaman berharga selama magang di PT. Petrokimia Gresik.
10. Seluruh keluarga besar HMM UNP Kediri yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi bagi penulis, terutama teman-teman HMM 2020 yang sudah menemani dari awal kuliah.
11. Teman-teman angkatan 2020, 2021, 2022 serta alumni angkatan 2019 Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis.
12. Teman-teman KosPlay yang senantiasa memberi memberikan dukungan, bantuan, masukan serta menerima keluh kesah penulis.
13. Terimakasih juga kepada teman-teman magang di PT. Petrokimia Gresik. Ando, Mamat, Andre, Daniel, Faiq, Ilalang yang telah memberikan dukungan emosional, motivasi, dan semangat.
14. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir.

Harapan penulis dalam penulisan skripsi ini dapat berguna bagi penulis dan pembaca. Penulis menyadari penulisan skripsi ini masih banyak pengurangan yang perlu dibenahi. Untuk itu kritik dan saran senantiasa diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Kediri, 17 Juli 2024

Fatchan Tsani Mubarak Al-Isami
NPM : 2013010086

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah.....	4
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	6

A. Kajian Penelitian terdahulu	6
B. Kajian Teori.....	8
1. Mesin <i>balancing</i>	8
2. <i>Impeller</i>	12
3. Jenis bantalan	12
4. Prediksi Umur <i>Bearing</i>	14
C. Kerangka Berpikir	15
D. Hipotesis.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
A. Identifikasi Variabel Penelitian	17
1. Variabel <i>Independen</i>	17
2. Variabel <i>Dependen</i>	17
3. Variabel Kontrol	18
B. Tempat Dan Waktu Penelitian	19
C. Teknik Pengumpulan Data	21
D. Teknik Pendekatan Penelitian	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
A. Analisa Data	22
B. Hasil Analisa Data Dan Uji Hipotesis.....	23

BAB V PENUTUP.....	28
A. Kesimpulan.....	28
B. Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data permintaan <i>balancing impeller</i> PT. X di Gresik Jawa timur.....	1
Gambar 1. 2 <i>Balancing Impeller Process</i>	3
Gambar 2. 1 <i>Balancing machine</i>	8
Gambar 2. 2 <i>plane 1 dan 2</i> pada mesin <i>balancing</i>	9
Gambar 2. 3 Sensor getaran	9
Gambar 2. 4 Monitor mesin <i>balancing</i>	9
Gambar 2. 5 <i>Closed impeller</i>	10
Gambar 2. 6 <i>Impeller</i> tertutup hisapan tunggal	11
Gambar 2. 7 Bantalan mesin <i>balancing</i>	12
Gambar 3. 1 <i>Flow Chart</i>	21
Gambar 4. 1 <i>Histogram graph</i>	25

DAFTAR TABEL

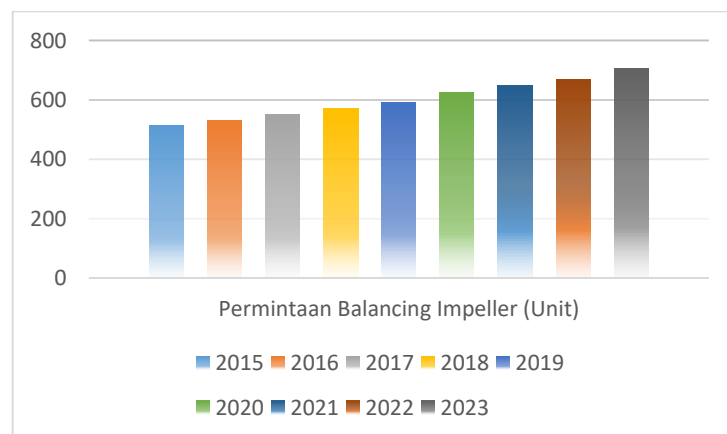
Tabel 2. 1 Spesifikasi <i>Bearing</i> FAG 3206-BD-XL	13
Tabel 2. 2 Nilai rata-rata koefisien gesek pada <i>bearing</i>	13
Tabel 3. 1 <i>impeller type</i> data.....	18
Tabel 3. 2 Waktu Penelitian.....	20
Tabel 4. 1 Hasil perhitungan umur bantalan terhadap variasi <i>type impeller</i>	23
Tabel 4. 2 Hasil Uji statistik umur bantalan menggunakan ANOVA.....	24

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Mesin-mesin rotasi merupakan peralatan yang umumnya ditemui dan memiliki peran yang sangat penting dalam berbagai proses industri (Mihalache et al., 2021). Industri manufaktur, termasuk di antaranya PT. X di Gresik Jawa Timur yang bergerak dalam bidang produksi pupuk dan bahan kimia, terus mengalami pertumbuhan yang pesat karena semakin kompleksnya persyaratan produksi dan kebutuhan akan efisiensi. Salah satu aspek vital dalam menjaga kinerja mesin-mesin ini adalah melalui perawatan mesin *balancing*. Mesin *balancing hard-bearing* adalah alat khusus yang digunakan untuk menyeimbangkan benda berputar yang sulit atau keras. Di PT. X ini sendiri permintaan *balancing* terhadap *impeller* terus meningkat setiap tahunnya, dapat di lihat seperti grafik di bawah ini.



Gambar 1. 1 Data permintaan *balancing impeller* PT. X di Gresik Jawa timur

Grafik pada gambar 1.1 menunjukkan tren permintaan *balancing* pada *impeller* PT. X di Gresik, Jawa timur dari tahun 2015 hingga 2023.

data memberikan gambaran tentang peningkatan yang konsisten *balancing* pada *impeller*, yang mencerminkan bagaimana mesin *Balancing* sangat penting dalam proses manufaktur untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi. Permintaan yang meningkat menunjukkan bahwa semakin banyak perusahaan manufaktur yang membutuhkan *impeller* yang seimbang melalui proses *balancing* untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk. Dengan menggunakan mesin penyeimbang, perusahaan dapat mencapai keseimbangan yang lebih baik dalam komponen mekanis, yang berarti mesin dapat berjalan lebih lancar dan dengan sedikit getaran. Perusahaan manufaktur dapat menghemat biaya dengan memperbaiki *impeller* yang tidak seimbang daripada membeli *impeller* baru yang harganya lebih mahal. Mesin *balancing* memegang peranan penting dalam memastikan pengoperasian peralatan berputar secara efisien dan aman. Ketidakseimbangan pada peralatan berputar seperti *impeller* dapat memiliki dampak serius pada komponen krusial seperti bantalan pada mesin *balancing* (“Bearings and Their Effect on *Rotordynamics*,” 2010).

Impeller merupakan bagian yang berputar dari pompa *sentrifugal*, *Impeler* bertugas untuk mentransfer energi yang diperlukan untuk mengangkut *fluida* dan mempercepatnya dalam arah melingkar. Hal ini menyebabkan tekanan statis meningkat sesuai dengan kinetika, karena aliran *fluida* mengikuti jalur yang melengkung (Gülich, 2019). *Impeler* di putar oleh *saft*. bagian ini menghubungkan *Impeler* dengan motor, sehingga memungkinkan transfer energi dari rotasi motor ke *fluida* yang sedang dipompa (Clark, 2018). Dalam penelitian ini, variasi jenis *impeller* akan diuji, termasuk *impeller* 22C-304A, *impeller* 03C-2362, *impeller*

03C-2341, *impeller* 03C-2342, *impeller* 18C-3105, dan *impeller* 03C-702B, dengan tujuan untuk menentukan jenis *impeller* yang paling berpengaruh terhadap masa pakai bantalan pada mesin *balancing* PT. X di Gresik Jawa Timur.



Gambar 1. 2 Balancing *Impeller* Process

Gambar 1.2 Menunjukkan proses *balancing*. Yaitu teknik untuk memastikan *rotor* atau poros berputar tanpa getaran berlebihan. Pertama, *rotor* dipasang dengan presisi pada mesin *balancing*, seperti yang terlihat dalam gambar. Langkah awal melibatkan putaran *rotor* untuk mengukur ketidakseimbangan awal menggunakan sensor pada mesin, yang mengukur getaran dan mengidentifikasi lokasi serta besar ketidakseimbangan. Berdasarkan data ini, penyesuaian massa dilakukan pada *rotor* di posisi tertentu untuk mencapai keseimbangan. Setelah penyesuaian, *rotor* diputar kembali untuk memastikan ketidakseimbangan telah diperbaiki. Jika masih ada ketidakseimbangan, langkah penyesuaian diulang sampai hasil yang diinginkan tercapai. Pada tahap akhir, *rotor* diperiksa secara menyeluruh untuk memverifikasi keseimbangan yang optimal.

metode yang sangat efektif untuk mengatasi ketidakseimbangan dalam perputaran mesin. Selama proses *balancing*, distribusi massa disesuaikan secara

merata sepanjang sumbu rotasi, sehingga mengurangi efek ketidakseimbangan. Penyeimbangan adalah operasi yang menghemat uang dengan meningkatkan kinerja, mengurangi waktu henti, dan meningkatkan kepuasan pelanggan (atau operator) (Norfield, 2005a). Mesin *balancing* juga dilengkapi dengan bantalan yang bertujuan untuk mengatur gerakan material atau komponen mesin yang sedang *dibalance* secara tepat. Penggunaan bantalan umum pada mesin ini karena berperan penting dalam meredam getaran yang muncul selama proses *balancing* (Mobley, 1999).

B. Batasan Masalah

Penelitian ini akan memfokuskan analisis pada pengaruh *type* yang tidak seimbang terhadap umur pakai bantalan pada mesin *balancing* di pabrik produksi pupuk. Pengumpulan data meliputi *type impeller* yang di *balancing* di pabrik produksi pupuk, pengukuran tingkat ketidak seimbangan serta berat, dan penilaian umur bantalan. Kajian ini akan dibatasi pada aspek-aspek yang berkaitan langsung dengan permasalahan tersebut.

C. Rumusan Masalah

Dalam konteks sebagai perusahaan pupuk dan bahan kimia yang beroperasi dalam skala besar, kondisi mesin *balancing* menjadi faktor krusial yang perlu dipelajari. Salah satu masalah utama adalah dampak dari pengaruh *type impeller* yang tidak seimbang terhadap umur bantalan pada mesin *balancing*. Kondisi ini dapat mengakibatkan penurunan keakuratan dan kualitas keseimbangan, penurunan efisiensi operasional, peningkatan waktu henti (downtime), dan biaya pemeliharaan yang tidak terduga. Perumusan masalah dalam penelitian ini berfokus pada pokok

permasalahan sebagai berikut:

1. Apa penyebab rusaknya bantalan pada mesin *Balancing* di PT. X ?
2. Apa pengaruh yang timbul dari variasi *type impeller* mesin *Balancing* di PT. X ?
3. Bagaimana upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi rusaknya bantalan pada mesin *Balancing* di PT. X ?

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *type impeller* yang tidak seimbang terhadap umur pakai bantalan pada mesin *balancing* di pabrik produksi pupuk. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam dan solusi yang tepat untuk meningkatkan kinerja mesin *balancing* di pabrik produksi pupuk. Tujuan penelitian yang hendak di capai adalah:

1. Untuk mengidentifikasi *impeller* yang paling berpengaruh terhadap umur bantalan pada mesin *Balancing* di PT. X
2. Untuk menganalisis pengaruh *type impeller* terhadap umur bantalan pada mesin *Balancing* di PT. X

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat signifikan, baik bagi pabrik produksi pupuk maupun industri manufaktur secara umum. Hasil penelitian menjadi dasar untuk mengembangkan strategi pemeliharaan yang lebih efektif, menyeimbangkan akurasi dan kualitas, meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi waktu henti, dan mengoptimalkan konsumsi sumber daya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Aswaja Pressindo.
- Ambrianto, I. G. (2020). *ANALISIS RUSAKNYA BEARING PADA INTERMEDIATE SHAFT BEARING DI MT. KUANG*.
- Bearings and Their Effect on *Rotordynamics*. (2010). In *Machinery Vibration and Rotordynamics* (pp. 171–269). John Wiley & Sons, Ltd.
- Buchaiah, S., & Shakya, P. (2022). Bearing fault diagnosis and prognosis using data fusion based feature extraction and feature selection. *Measurement*, 188, 110506.
- Clark, A. (2018). *Impeller Pumps Reference Guide*. Specific Speed Enterprises Ltd.
- Darmawan, M. P., & Soedjarwanto, N. S. (2023). Analisis Identifikasi Kecacatan Bearing Motor Induksi Berdasarkan Arus Stator Dan Torsi Pada Rpm Berbasis Fast Fourier Transform. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3), 303–310.
- Deutschman, A. D., Michels, W. J., & Wilson, C. E. (1975). *Machine Design; Theory and Practice*. Macmillan.
- Examiner, P., & Nguyen, T. Q. (2007). (12) *United States Patent*. 2(12).
- Gülich, J. F. (2019). *Centrifugal Pumps*. Springer International Publishing.

- Haryadi, G. D., Haryanto, I., Ekaputra, I. M. W., Dewa, R. T., & Setyawan, D. (2022). Analisa Struktur Dan Performa *Impeller* Pompa Sentrifugal Dengan Menggunakan Computational Fluid Dynamic and Finite Element Method. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13(3), 773–786.
- Ir. Suharto, M.T., A. (2016). *POMPA SENTRIFUGAL* (D. Prof. Dr. Ir. Indarto (Ed.); 1st ed.). Ray Press.
- KG, H. M. A. G. & C. (n.d.). *Horizontal, force-measuring balancing machines*. Hofmann Mess- Und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG. Retrieved January 1, 2024, from <https://www.hofmann-global.com/en/products/universal-balancing-machines/horizontal.html>.
- Kim, B., Siddique, M. H., Samad, A., Hu, G., & Lee, D. E. (2022). Optimization of Centrifugal Pump *Impeller* for Pumping Viscous Fluids Using Direct Design Optimization Technique. *Machines*, 10(9).
- Kumar, Anil and Gandhi, CP and Zhou, Yuqing and Kumar, Rajesh and Xiang, J. (2020). Variational mode decomposition based symmetric single valued neutrosophic cross entropy measure for the identification of bearing defects in a centrifugal pump. *Applied Acoustics*, 165, 107294.
- 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.

- Mihalache, R., Vintila, I. S., Deaconu, M., Sima, M., Malael, I., Tudorache, A., & Mihai, D. (2021). Novel carbon fibre composite centrifugal *impeller* design, numerical analysis, manufacturing and experimental evaluations. *Polymers*, *13*(19).
- Mobley, R. K. (1999). *Vibration Fundamentals*. Newnes.
- Mobley, R. K. (2004). Rotor Balancing. *Maintenance Fundamentals*, 112–124.
- Mubarok, M. R., Apriana, A., Mulyana, F., Studi, D., Mesin, T., Mesin, J. T., Jakarta, P. N., & A, J. P. G. (2023). *STUDI KASUS KERUSAKAN BEARING MESIN FILLING UP TUBE NORDENMATIC 702*. 82–89.
- Norfield, D. (2005a). 1 - Introduction. In D. Norfield (Ed.), *Practical Balancing of Rotating Machinery* (pp. 1–46). Elsevier Science.
- Norfield, D. (2005b). 3 - The balancing process. In D. Norfield (Ed.), *Practical Balancing of Rotating Machinery* (pp. 99–181). Elsevier Science.
- Rachman, A., Hartono, B., & Yuliaji, D. (2018). Analisa Getaran Pada Bearing Berbasis Kerusakan Bearing. *AME (Aplikasi Mekanika Dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, *4*(1), 15.
- Unaijah, U., & Darwis, S. (2022). Prediksi Sisa Umur Bearing Menggunakan Distribusi Weibull. *Jurnal Riset Statistika*, 73–81.

- Vashishtha, G., & Kumar, R. (2021). Centrifugal pump *impeller* defect identification by the improved adaptive variational mode decomposition through vibration signals. *Engineering Research Express*, 3(3).
- Werner, M., Emrich, S., Koch, O., Sauer, B., & Kopnarski, M. (2024). Long-Term Investigations of Different Bearing Configurations at Solid-Lubricated Rolling Bearings. *Tribology Transactions*, 0(0), 1–10.
- Yam, J. H., & Taufik, R. (2021). Hipotesis Penelitian Kuantitatif. *Perspektif : Jurnal Ilmu Administrasi*, 3(2), 96–102.
- Zhang, Z., Huang, W., Liao, Y., Song, Z., Shi, J., Jiang, X., Shen, C., & Zhu, Z. (2022). Bearing fault diagnosis via generalized logarithm sparse regularization. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 167, 108576.