



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS KLASIFIKASI KONDISI *BEARING* MESIN
BERDASARKAN DATA GETARAN MENGGUNAKAN
MACHINE LEARNING SEBAGAI PENDUKUNG
PEMELIHARAAN ALAT BERAT**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

**Rizki Kurniawan
NIM. 2202441007**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PEMELIHARAAN ALAT BERAT
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS KLASIFIKASI KONDISI *BEARING* MESIN
BERDASARKAN DATA GETARAN MENGGUNAKAN
MACHINE LEARNING SEBAGAI PENDUKUNG
PEMELIHARAAN ALAT BERAT**

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat,
Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Rizki Kurniawan
NIM. 2202441007

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PEMELIHARAAN ALAT BERAT
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

” Karya sederhana ini aku persembahkan untuk Bapak dan Mama tercinta.

Terima kasih telah mengajarkan bahwa keberhasilan bukan hanya tentang hasil, tetapi juga tentang kejujuran, kerja keras, kesabaran, dan doa. Setiap langkah yang aku tempuh sampai menyelesaikan pendidikan ini tidak pernah lepas dari dukungan, pengorbanan, dan kasih sayang yang selalu Bapak dan Mama berikan tanpa pamrih.

Semoga karya sederhana ini menjadi salah satu kebanggaan kecil yang bisa aku persembahkan untuk kalian. “



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS KLASIFIKASI KONDISI *BEARING* MESIN BERDASARKAN DATA GETARAN MENGGUNAKAN *MACHINE LEARNING* SEBAGAI PENDUKUNG PEMELIHARAAN ALAT BERAT

Oleh:

Rizki Kurniawan

NIM. 2202441007

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Idrus Assagaf, S.S.T., M.T.
NIP. 196811042000121001

Pembimbing 2

Asep Apriana, S.T., M.Kom.
NIP. 196211101989031004

Kepala Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

Muhammad Todaro, S.T., M.Tr.T.
NIP. 199105012024061003



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS KLASIFIKASI KONDISI *BEARING* MESIN BERDASARKAN DATA GETARAN MENGGUNAKAN *MACHINE LEARNING* SEBAGAI PENDUKUNG PEMELIHARAAN ALAT BERAT

Oleh:

Rizki Kurniawan

NIM. 2202441007

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 08 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Asep Apriana, S.T., M.Kom. NIP. 196211101989031004	Ketua		08/07/2026
2.	Dr., Ahmad Maksum, S.T., M.T. NIP. 197401042006041001	Anggota		08/07/2026
3.	Dedi Junaedi, S.S., M.Hum. NIP. 197205022008121003	Anggota		08/07/2026

Depok, 20 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin


Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.
NIP. 197602252000121002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizki Kurniawan
NIM : 2202441007
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Balikpapan, 20 Juli 2026



Rizki Kurniawan
NIM. 2202441007



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS KLASIFIKASI KONDISI *BEARING* MESIN BERDASARKAN DATA GETARAN MENGGUNAKAN *MACHINE LEARNING* SEBAGAI PENDUKUNG PEMELIHARAAN ALAT BERAT

Rizki Kurniawan¹⁾, Idrus Assagaf²⁾, Asep Apriana³⁾

^{1),2),3)} Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: rizki.kurniawan.tm22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

Bearing merupakan komponen kritis pada mesin berputar yang sering mengalami kerusakan dan dapat menyebabkan penurunan kinerja, peningkatan *downtime*, serta biaya pemeliharaan. Oleh karena itu, diperlukan metode pemantauan kondisi yang mampu mendeteksi kerusakan secara dini untuk mendukung strategi pemeliharaan berbasis kondisi. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik sinyal getaran pada kondisi normal dan *inner race fault*, menganalisis karakteristik fitur statistik, mengevaluasi kinerja algoritma *k-Nearest Neighbor* (k-NN), serta mengkaji pemanfaatan hasil klasifikasi sebagai pendukung *Condition-Based Maintenance* (CBM). Penelitian menggunakan *Paderborn University Bearing Dataset* (PUBD) yang terdiri atas tiga *bearing* normal dan tiga *bearing inner race fault*. Tahapan penelitian meliputi *preprocessing*, segmentasi sinyal, analisis domain waktu dan frekuensi menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT), ekstraksi lima fitur statistik, normalisasi menggunakan *StandardScaler*, serta klasifikasi menggunakan k-NN. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sinyal normal dan *inner race fault* memiliki karakteristik yang berbeda, sedangkan *standard deviation* dan *root mean square* (RMS) cenderung lebih tinggi pada kondisi *inner race fault*. Evaluasi model menghasilkan nilai k optimum sebesar 19 dengan akurasi 81,00%. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa metode yang dikembangkan berpotensi mendukung penerapan CBM sebagai dasar pengambilan keputusan pemeliharaan berdasarkan kondisi *bearing*.

Kata kunci: *bearing*, *machine learning*, *k-Nearest Neighbor*, analisis getaran, *Condition-Based Maintenance*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALYSIS OF MACHINE BEARING CONDITION CLASSIFICATION BASED ON VIBRATION DATA USING MACHINE LEARNING TO SUPPORT HEAVY EQUIPMENT MAINTENANCE

Rizki Kurniawan¹⁾, Idrus Assagaf²⁾, Asep Apriana³⁾

^{1),2),3)} *Applied Bachelor Program in Heavy Equipment Maintenance Engineering Technology,
Department of Mechanical Engineering, Jakarta State Polytechnic, UI Campus Depok, 16424*

Email: rizki.kurniawan.tm22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRACT

Bearings are critical components in rotating machinery that are prone to failure, leading to reduced machine performance, increased downtime, and higher maintenance costs. Therefore, an effective condition monitoring method is required to detect bearing faults at an early stage and support condition-based maintenance strategies. This study aims to analyze the vibration signal characteristics of normal and inner race fault bearings, examine the characteristics of statistical features, evaluate the performance of the k-Nearest Neighbor (k-NN) algorithm, and investigate the potential application of the classification results to support Condition-Based Maintenance (CBM). The study employed the Paderborn University Bearing Dataset (PUBD) consisting of three normal bearings and three inner race fault bearings. The research stages included preprocessing, signal segmentation, time- and frequency-domain analysis using the Fast Fourier Transform (FFT), extraction of five statistical features, normalization using StandardScaler, and classification using the k-NN algorithm. The results show that normal and inner race fault signals exhibit different characteristics, while the standard deviation and root mean square (RMS) values tend to be higher under inner race fault conditions. The model achieved the best performance at $k = 19$ with an accuracy of 81.00%. Furthermore, the proposed method demonstrates the potential to support CBM by providing information for maintenance decision-making based on the actual condition of bearings.

Keywords: *bearing, machine learning, k-Nearest Neighbor, vibration analysis, Condition-Based Maintenance.*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Analisis Klasifikasi Kondisi *Bearing* Mesin Berdasarkan Data Getaran Menggunakan *Machine Learning* Sebagai Pendukung Pemeliharaan Alat Berat**”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, kakak, dan adik tersayang penulis yang senantiasa memberikan dukungan material, spiritual dan motivasi selama menjalani perkuliahan. Kalianlah alasan penulis bisa sampai di titik ini. Tidak ada kata yang cukup untuk membalas semua doa serta perjuangan kalian.
2. Bapak Idrus Assagaf, S.S.T., M.T. dan Asep Apriana, S.T., M.Kom. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah mengarahkan, memberikan solusi dan membantu penulis sehingga skripsi dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Muhammad Todaro, S.T., M.Tr.T. selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat.
4. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si. selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
5. Rekan – rekan alat berat 22 yang senantiasa kebersamai, memberikan dukungan, dan tawa canda saat semangat mulai redup. Kalian adalah salah satu bagian penting dari cerita ini. Tanpa mengurangi rasa terimakasih penulis kepada seluruh rekan alat berat 22, secara khusus penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Arveno, Kumis, Ucul, Gaja, dan Yoshi yang lebih sering penulis repotkan.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

6. Bang Ramdan, Kak Tiara, Sule serta para sahabat penulis yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang selalu memberikan semangat, dukungan, serta menemani saat penulis sedang tidak baik-baik saja selama menjalani lika – liku kehidupan diperkuliah.

Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari sempurna. Namun harapan penulis, karya tulis ini dapat bermanfaat walaupun kecil bagi pengembangan ilmu teknik mesin, khususnya dalam menganalisis klasifikasi kondisi *bearing* menggunakan *Machine Learning*.

Semoga skripsi ini merupakan langkah awal untuk terus belajar dan memberikan kontribusi bagi ilmu pengetahuan, industri serta masyarakat.

Balikpapan, 30 Juni 2026
Penulis

Rizki Kurniawan
NIM. 2202441007

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3 Pertanyaan Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Manfaat Akademis	5
1.5.2 Manfaat Praktis	5
1.6 Batasan Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan Skripsi	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.1	Landasan Teori.....	8
2.1.1	Manajemen Pemeliharaan	8
2.1.2	<i>Condition Based Maintenance (CBM)</i>	9
2.1.3	<i>Predictive Maintenance</i>	10
2.1.4	<i>Bearing</i>	11
2.1.5	Kerusakan <i>Bearing</i>	12
2.1.6	Analisis Getaran Mesin	13
2.1.7	Sinyal Getaran <i>Bearing</i>	14
2.1.8	<i>Fast Fourier Transform (FFT)</i>	16
2.1.9	Ekstraksi Fitur Statistik	17
2.1.9.1	Mean	18
2.1.9.2	Standard deviation	18
2.1.9.3	Peak Value.....	19
2.1.9.4	Root Mean Square (RMS)	19
2.1.9.5	Kurtosis	20
2.1.10	<i>Machine Learning</i>	20
2.1.10.1	Pengertian <i>Machine Learning</i>	20
2.1.10.2	Jenis-Jenis <i>Machine Learning</i>	21
2.1.10.3	<i>Machine Learning</i> pada Penelitian	24
2.1.11	Standardisasi Data Menggunakan <i>StandardScaler</i>	25
2.1.12	Algoritma <i>k-Nearest Neighbor (k-NN)</i>	27
2.1.13	Evaluasi Model.....	29
2.1.13.1	<i>Accuracy</i>	29
2.1.13.2	<i>Confusion matrix</i>	30



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.1.13.3.	<i>Precision</i>	30
2.1.13.4.	<i>Recall</i>	31
2.1.13.5.	<i>F1-Score</i>	31
2.1.14	Dataset <i>Paderborn University Bearing Dataset</i> (PUBD)	32
2.2	Kajian Literatur.....	34
2.3	Kerangka Pemikiran	38
BAB III	METODE PENELITIAN	40
3.1	Diagram Alir	40
3.2	Jenis Penelitian	42
3.3	Objek Penelitian	42
3.4	Metode Pengambilan Sampel	43
3.5	Jenis dan Sumber Data Penelitian	44
3.6	Metode Pengumpulan Data Penelitian	44
3.7	Metode Analisis Data	45
3.7.1	<i>Preprocessing</i> Data.....	46
3.7.2	Segmentasi Sinyal Getaran.....	46
3.7.3	Analisis Karakteristik Sinyal Domain Waktu.....	47
3.7.4	Analisis Domain Frekuensi Menggunakan FFT	47
3.7.5	Ekstraksi Fitur Statistik	48
3.7.6	Pembentukan Dataset Fitur	49
3.7.7	Standardisasi Data Menggunakan <i>StandardScaler</i>	49
3.7.8	Pembagian Data Latih dan Data Uji.....	50
3.7.9	Pelatihan Model <i>k-Nearest Neighbor</i>	50
3.7.10	Evaluasi Model.....	51



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	52
4.1 Hasil Penelitian.....	52
4.1.1 <i>Preprocessing</i> Data.....	52
4.1.2 Hasil Analisis Karakteristik Sinyal Getaran.....	53
4.1.2.1 Analisis Domain Waktu	54
4.1.2.2 Analisis Domain Frekuensi Menggunakan FFT	60
4.1.3 Hasil Ekstraksi Fitur Statistik.....	66
4.1.4 Pembentukan Dataset Fitur	70
4.1.5 Pelatihan Model Menggunakan Algoritma <i>k-Nearest Neighbor</i> (k-NN)	71
4.1.6 Evaluasi Model.....	72
4.1.6.1 Evaluasi <i>Accuracy</i>	73
4.1.6.2 Evaluasi <i>Confusion matrix</i>	74
4.1.6.3 Evaluasi <i>Classification report</i>	74
4.2 Pembahasan	75
4.2.1 Analisis Karakteristik Sinyal Getaran Normal dan Abnormal	75
4.2.2 Analisis Hasil FFT dan Ekstraksi Fitur	77
4.2.3 Analisis Kinerja Algoritma <i>k-Nearest Neighbor</i> (k-NN)	79
4.2.4 Interpretasi Hasil terhadap Strategi Pemeliharaan Alat Berat	82
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	86
5.1 Kesimpulan.....	86
5.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA.....	90
LAMPIRAN.....	94



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik <i>Bearing</i> Pada PUBD.....	33
Tabel 4. 1 Dataset Penelitian.....	53
Tabel 4. 2 Hasil Ekstraksi Fitur	66
Tabel 4. 3 Tabel Statistik Deskriptif.....	67
Tabel 4. 4 Perbandingan Nilai Rata-rata Fitur Berdasarkan Label	68
Tabel 4. 5 Rentang Nilai Fitur Statistik Berdasarkan Kondisi <i>Bearing</i>	68
Tabel 4. 6 Komposisi Dataset Hasil Ekstraksi Fitur	70
Tabel 4. 7 Struktur Dataset Hasil Ekstraksi Fitur.....	71
Tabel 4. 8 Pembagian Data Latih dan Data Uji.....	71
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Nilai K.....	73
Tabel 4. 10 Hasil <i>Classification report</i>	74

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	40
Gambar 4. 1 Grafik Domain Waktu <i>Bearing</i> Normal K001	54
Gambar 4. 2 Grafik Domain Waktu <i>Bearing</i> Normal K002	55
Gambar 4. 3 Grafik Domain Waktu <i>Bearing</i> Normal K003	56
Gambar 4. 4 Grafik Domain Waktu <i>Bearing</i> Abnormal KI01	57
Gambar 4. 5 Grafik Domain Waktu <i>Bearing</i> Abnormal KI03	57
Gambar 4. 6 Grafik Domain Waktu <i>Bearing</i> Abnormal KI05	58
Gambar 4. 7 Perbandingan Grafik Rata - Rata Sinyal Getaran Domain Waktu antara <i>Bearing</i> Normal dan Abnormal.....	59
Gambar 4. 8 Grafik Sinyal Getaran <i>Bearing</i> Normal K001 Setelah FFT.....	60
Gambar 4. 9 Grafik Sinyal Getaran <i>Bearing</i> Normal K002 Setelah FFT.....	61
Gambar 4. 10 Grafik Sinyal Getaran <i>Bearing</i> Normal K003 Setelah FFT.....	62
Gambar 4. 11 Grafik Sinyal Getaran <i>Bearing</i> Abnormal KI01 Setelah FFT.....	63
Gambar 4. 12 Grafik Sinyal Getaran <i>Bearing</i> Abnormal KI03 Setelah FFT.....	63
Gambar 4. 13 Grafik Sinyal Getaran <i>Bearing</i> Abnormal KI05 Setelah FFT.....	64
Gambar 4. 14 Perbandingan Grafik Rata - Rata Sinyal <i>Bearing</i> Normal dan Abnormal Setelah FFT.....	65
Gambar 4. 15 Hasil <i>Confusion matrix</i>	74



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Sinyal Getaran Mentah <i>Bearing</i> Normal 1	94
Lampiran 2 Data Sinyal Getaran Mentah <i>Bearing</i> Normal 2	95
Lampiran 3 Data Sinyal Getaran Mentah <i>Bearing</i> Normal 3	96
Lampiran 4 Data Sinyal Getaran Mentah <i>Bearing</i> Abnormal 1.....	97
Lampiran 5 Data Sinyal Getaran Mentah <i>Bearing</i> Abnormal 2.....	98
Lampiran 6 Data Sinyal Getaran Mentah <i>Bearing</i> Abnormal 3.....	99
Lampiran 7 <i>Source Code Phyton</i> Untuk Klasifikasi	100
Lampiran 8 <i>Source Code Phyton</i> Analisis Karakteristik Sinyal Getaran	108

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Keandalan alat sangat penting untuk memastikan proses produksi berjalan lancar, menjaga keselamatan kerja, dan meningkatkan efisiensi dalam berbagai bidang industri. Pada mesin industri dan alat berat, apabila salah satu komponen gagal, hal ini bisa menyebabkan waktu berhenti, penurunan *output*, dan meningkatnya biaya pemeliharaan. Maka dari itu, perlu adanya rencana pemeliharaan yang dapat menjaga kondisi alat tetap optimal dan mengurangi risiko kerusakan yang tiba-tiba [1].

Sejalan dengan kemajuan teknologi di bidang industri, cara pemeliharaan telah berubah dari perawatan yang bersifat *corrective* menjadi pemeliharaan yang bersifat *preventive* dan *predictive* [2]. Pemeliharaan *predictive* adalah cara perawatan yang bertujuan untuk memprediksi kondisi alat berdasarkan data nyata sehingga pengelolaan perawatan dapat dilakukan sebelum komponen mengalami kerusakan. Metode ini dianggap lebih efisien karena dapat mengurangi *downtime*, meningkatkan keandalan peralatan, serta mengoptimalkan biaya pemeliharaan jika dibandingkan dengan cara pemeliharaan konvensional.

Salah satu komponen yang sangat penting dalam mesin yang berputar adalah *bearing*. *Bearing* memiliki tugas sebagai penopang poros yang memungkinkan gerakan putaran dengan gesekan yang minimal. Jika *bearing* mengalami kerusakan, hal itu bisa mengakibatkan meningkatnya getaran, suara bising, suhu yang tinggi, hingga kegagalan sistem secara keseluruhan [3]. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa kerusakan *bearing* adalah salah satu penyebab utama terjadinya kegagalan pada mesin berputar, sehingga penting untuk memeriksa kondisi *bearing* secara rutin guna mencegah kerusakan yang lebih parah.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Untuk mengetahui kerusakan lebih awal pada *bearing*, analisis getaran adalah cara yang paling sering dipakai dalam sistem *condition monitoring*. Setiap keadaan operasional *bearing* memiliki ciri getaran yang berbeda. *Bearing* yang berfungsi dengan baik biasanya menciptakan pola getaran yang konsisten, sedangkan *bearing* yang rusak akan menunjukkan variasi dalam amplitudo, frekuensi, atau bentuk sinyal getaran [4]. Oleh karena itu, data getaran bisa digunakan sebagai tanda kesehatan *bearing* tanpa harus membongkar komponen secara langsung.

Walaupun analisis getaran telah banyak digunakan di industri, cara konvensional untuk memahami data getaran masih sangat tergantung pada pengalaman dan keterampilan analis. Situasi ini dapat membuat hasil diagnosis menjadi kurang konsisten dan memerlukan waktu yang lebih lama jika jumlah data yang dianalisis semakin banyak. Di samping itu, begitu rumitnya sinyal getaran pada mesin modern membuat proses identifikasi kerusakan menjadi semakin sulit jika hanya menggunakan analisis manual.

Kemajuan teknologi kecerdasan buatan, khususnya dalam *Machine Learning*, memberi kesempatan untuk meningkatkan efektivitas proses diagnosis kondisi mesin. *Machine Learning* memiliki kemampuan untuk belajar pola dari data yang sudah ada dan secara otomatis mengklasifikasikan kondisi peralatan berdasarkan karakteristik data yang didapat [4]. Dalam bidang pemeliharaan mesin, *Machine Learning* banyak digunakan untuk membantu proses identifikasi kerusakan, mempercepat analisis, dan mengurangi subjektivitas saat mengambil keputusan tentang pemeliharaan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah memanfaatkan analisis getaran pada domain waktu maupun domain frekuensi untuk mengidentifikasi karakteristik kerusakan *bearing*. Penelitian lain juga telah menggunakan fitur statistik sebagai representasi kondisi *bearing*. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada analisis karakteristik sinyal atau evaluasi performa algoritma klasifikasi secara terpisah. Penelitian yang mengintegrasikan analisis karakteristik sinyal getaran, ekstraksi fitur statistik,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

klasifikasi menggunakan algoritma *Machine Learning*, serta mengkaji pemanfaatan hasil klasifikasi dalam mendukung *Condition-Based Maintenance* (CBM) pada konteks pemeliharaan alat berat masih relatif terbatas.

Berdasarkan situasi ini, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan mengklasifikasikan kondisi *bearing* mesin dengan menggunakan data getaran dan metode *Machine Learning*. Data yang digunakan diambil dari dataset publik *Paderborn University Bearing Dataset* (PUBD) [5] yaitu dataset publik yang dikembangkan untuk penelitian diagnosis kerusakan *bearing*. Dataset ini dipilih karena menyediakan sinyal getaran *bearing* pada berbagai kondisi operasi dan tingkat kerusakan yang diperoleh melalui pengujian laboratorium dengan parameter operasi yang terkontrol. Selain itu, PUBD telah banyak digunakan sebagai dataset acuan dalam penelitian diagnosis kerusakan *bearing* sehingga memungkinkan hasil penelitian dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya [6]. Proses penelitian meliputi *preprocessing* data, segmentasi sinyal getaran, analisis karakteristik sinyal pada domain waktu dan domain frekuensi menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT), ekstraksi fitur statistik pada domain waktu, serta proses klasifikasi menggunakan algoritma *k-Nearest Neighbor* (k-NN). Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan penjelasan tentang kemampuan *Machine Learning* dalam mengidentifikasi kondisi *bearing* secara otomatis dan menjadi dasar untuk mengembangkan sistem *condition monitoring* sebagai langkah awal menuju *Predictive Maintenance*.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang penelitian diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik sinyal getaran pada *bearing* mesin dalam kondisi normal dan abnormal berdasarkan dataset getaran?
2. Bagaimana karakteristik fitur statistik yang digunakan untuk membedakan kondisi *bearing* normal dan abnormal?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Bagaimana kinerja algoritma *k-Nearest Neighbor* (k-NN) dalam mengklasifikasikan kondisi *bearing* mesin?
4. Bagaimana hasil klasifikasi kondisi *bearing* dapat dimanfaatkan sebagai pendukung pengambilan keputusan pemeliharaan alat berat?

1.3 Pertanyaan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa pertanyaan penelitian yang diajukan, diantaranya sebagai berikut:

1. Bagaimana perbedaan karakteristik sinyal getaran *bearing* normal dan *bearing* abnormal?
2. Bagaimana karakteristik fitur statistik pada kondisi *bearing* normal dan abnormal?
3. Bagaimana tingkat akurasi algoritma k-NN dalam mengklasifikasikan kondisi *bearing*?
4. Bagaimana hasil klasifikasi dapat mendukung pemeliharaan alat berat?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik sinyal getaran pada *bearing* mesin dalam kondisi normal dan abnormal.
2. Menganalisis karakteristik fitur statistik yang digunakan dalam proses klasifikasi kondisi *bearing*.
3. Menerapkan dan mengevaluasi kinerja algoritma *k-Nearest Neighbor* (k-NN) dalam mengklasifikasikan kondisi *bearing* dengan berbasis *Python*.
4. Mengkaji pemanfaatan hasil klasifikasi kondisi *bearing* sebagai pendukung sistem pemeliharaan alat berat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.5.1 Manfaat Akademis

1. Menambah referensi ilmiah mengenai analisis karakteristik sinyal getaran *bearing* pada domain waktu dan domain frekuensi serta penerapan *Machine Learning* untuk klasifikasi kondisi *bearing*.
2. Menjadi acuan untuk penelitian di masa yang akan datang yang berhubungan dengan pengamatan kondisi *bearing*.

1.5.2 Manfaat Praktis

1. Memberikan alternatif metode identifikasi kondisi *bearing* berbasis analisis getaran dan *Machine Learning* sebagai pendukung kegiatan *Condition monitoring*.
2. Membantu mendeteksi dini kondisi abnormal pada *bearing*.

1.6 Batasan Penelitian

Agar tetap terfokus pada penelitian dan mencegah pembahasan yang terlalu luas, penelitian ini akan dibatasi pada beberapa hal berikut:

1. Penelitian ini memanfaatkan data getaran dari *bearing* yang diambil dari dataset publik *Paderborn University Bearing Dataset* (PUBD) [5].
2. Kondisi *bearing* yang digunakan terdiri atas *bearing* normal dan *bearing* yang mengalami kerusakan pada lintasan dalam (*inner race fault*) berdasarkan label yang tersedia pada *Paderborn University Bearing Dataset* (PUBD) [5].
3. Sinyal getaran yang digunakan berasal dari kanal sensor *vibration_1* pada dataset PUBD.
4. Fokus utama penelitian ini adalah mengklasifikasikan kondisi *bearing* berdasarkan karakteristik sinyal getaran tanpa membahas analisis umur sisa komponen (*Remaining Useful Life/RUL*).



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. Penelitian ini tidak membahas aspek perancangan perangkat keras, pemasangan sensor, atau implementasi sistem pemantauan secara langsung pada alat berat.
6. Penelitian ini merupakan studi awal (*proof of concept*) penerapan *Machine Learning* untuk mendukung *Condition monitoring* dan *Condition-Based Maintenance* (CBM). Pengembangan menuju sistem *Predictive Maintenance* secara penuh berada di luar ruang lingkup penelitian ini.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan model klasifikasi kondisi *bearing* berdasarkan data getaran yang telah diberi label. Model yang dihasilkan ditujukan sebagai alat bantu dalam proses pengambilan keputusan pemeliharaan berdasarkan kondisi komponen dan tidak dimaksudkan untuk menggantikan proses diagnosis teknis yang dilakukan oleh tenaga pemeliharaan.

1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Penulisan skripsi ini disusun dengan sistematika penulisan skripsi sebagai berikut:

1. BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini memberikan gambaran umum dari penelitian, yang meliputi latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan skripsi yang akan digunakan.

2. BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan landasan teori yang digunakan selama penelitian, kajian literatur, dan kerangka pemikiran penelitian.

3. BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini menyajikan secara rinci tentang jenis penelitian, objek penelitian, sumber data penelitian, serta metode yang digunakan dalam pengumpulan data dan analisis data.

4. BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bagian ini mengandung hasil dari penelitian yang telah dilakukan, dilengkapi dengan analisis terhadap hasil yang didapat, yang kemudian dihubungkan dengan topik penelitian yang dibahas.

5. BAB V: PENUTUP

Bagian ini menyampaikan kesimpulan yang dirangkum dari hasil penelitian, serta memberikan rekomendasi yang relevan berdasarkan temuan dari penelitian tersebut.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian yang dilakukan mengenai klasifikasi kondisi *bearing* dengan menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) dan algoritma *k-Nearest Neighbor* (k-NN) telah menghasilkan beberapa kesimpulan yang dapat menjawab rumusan masalah, pertanyaan penelitian, dan tujuan penelitian:

1. Berdasarkan hasil analisis pada domain waktu dan domain frekuensi, sinyal getaran *bearing* normal dan *inner race fault* menunjukkan karakteristik yang berbeda. Pada domain waktu, *bearing inner race fault* memiliki fluktuasi amplitudo yang lebih besar dibandingkan *bearing* normal, sedangkan pada domain frekuensi hasil transformasi FFT menunjukkan perbedaan distribusi spektrum frekuensi antara kedua kondisi. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa sinyal getaran mampu merepresentasikan kondisi *bearing* sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam proses identifikasi kerusakan.
2. Hasil ekstraksi fitur statistik menunjukkan bahwa *mean*, *standard deviation*, RMS, *peak*, dan kurtosis mampu merepresentasikan karakteristik sinyal getaran dalam bentuk parameter numerik. Nilai *standard deviation* dan RMS cenderung lebih tinggi pada kelompok *inner race fault*, sedangkan *mean*, *peak*, dan kurtosis menunjukkan karakteristik yang bervariasi pada masing-masing kelas. Kombinasi kelima fitur tersebut mampu memberikan informasi yang saling melengkapi dalam membedakan kondisi *bearing* normal dan *inner race fault*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Algoritma *k-Nearest Neighbor* (k-NN) berhasil diterapkan untuk mengklasifikasikan kondisi *bearing* berdasarkan lima fitur statistik hasil ekstraksi. Berdasarkan proses evaluasi diperoleh model terbaik pada $K = 19$ dengan nilai *accuracy* sebesar 81,00%. Hasil evaluasi menggunakan *confusion matrix* dan *classification report* menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam membedakan kondisi *bearing* normal dan *inner race fault*, meskipun masih terdapat sejumlah kesalahan klasifikasi pada beberapa data uji.
4. Hasil klasifikasi kondisi *bearing* memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai informasi pendukung dalam penerapan *Condition-Based Maintenance* (CBM) melalui kegiatan *condition monitoring*. Informasi kondisi *bearing* dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas inspeksi maupun tindakan pemeliharaan berdasarkan kondisi aktual komponen. Namun demikian, implementasi pada lingkungan industri masih memerlukan proses validasi menggunakan data operasional aktual agar keandalan model dapat dievaluasi pada berbagai kondisi kerja.

5.2 Saran

Berdasarkan temuan dari penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa rekomendasi yang bisa dipertimbangkan untuk pengembangan penelitian di masa depan, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian berikutnya disarankan untuk menggunakan dataset dari situasi operasi industri atau alat berat yang nyata supaya model bisa diuji di lingkungan dengan tingkat *noise* dan variasi operasional yang lebih rumit dibandingkan dengan data dari laboratorium.
2. Penelitian dapat diperluas dengan menambahkan variasi jenis kerusakan pada *bearing*, seperti pada *outer race fault*, *ball fault*, atau kombinasi dari beberapa jenis kerusakan tersebut untuk



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

meningkatkan kemampuan model dalam mendiagnosis berbagai kondisi *bearing*.

3. Jika menggunakan data *bearing* yang lebih banyak maka pengembangan metode untuk ekstraksi fitur bisa dilakukan dengan menambah tipe fitur lainnya, baik pada domain waktu, frekuensi, atau kombinasi keduanya yang lebih representatif serta penggunaan metode pembagian data *training* dan *testing* yang lebih sesuai, sehingga bisa mendapatkan informasi yang lebih lengkap tentang kondisi getaran *bearing* agar nantinya tingkat akurasi model *machine learning* bisa lebih tinggi.
4. Penelitian di masa depan sebaiknya membandingkan kinerja algoritma k-NN dengan algoritma pada metode *Machine Learning* lain seperti *Support Vector Machine*, *Random Forest*, *Artificial Neural Network*, dan *Deep Learning* untuk mengetahui metode mana yang paling efisien dalam mengklasifikasikan kondisi *bearing*.
5. Sistem yang dibuat dalam penelitian ini bisa dikombinasikan dengan sistem *monitoring* kondisi mesin secara langsung sehingga hasil klasifikasi dapat digunakan segera untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pemeliharaan berbasis *Condition-Based Maintenance* dan *Predictive Maintenance* pada alat berat atau mesin industri.
6. Penelitian selanjutnya juga dapat meneliti pengaruh variasi pada ukuran segmentasi, parameter FFT, dan nilai K pada algoritma k-NN terhadap kinerja klasifikasi agar didapatkan konfigurasi sistem yang lebih optimal untuk diterapkan di industri.
7. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan analisis temperatur (*temperature monitoring*) pada *bearing* sebagai parameter pendukung selain sinyal getaran. Kombinasi kedua parameter tersebut diharapkan dapat meningkatkan akurasi deteksi

dini kerusakan serta mendukung pengembangan sistem *predictive maintenance* yang lebih andal.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Fahri, B. Harahap, and S. Suliawati, "Analisis Efektivitas *Preventive Maintenance* dengan Metode *Periodic Inspection* untuk Meningkatkan Kinerja pada Unit WA800-3," *Blend Sains J. Tek.*, vol. 3, no. 3, pp. 246–267, 2025, doi: 10.56211/blendsains.v3i3.799.
- [2] N. Hafidhoh, A. P. Atmaja, G. N. Syaifuddiin, I. B. Sumafta, S. M. Pratama, and H. N. Khasanah, "Machine Learning untuk Prediksi Kegagalan Mesin dalam *Predictive Maintenance System*," *J. Masy. Inform.*, vol. 15, no. 1, pp. 56–66, 2024, doi: 10.14710/jmasif.15.1.63641.
- [3] S. I. Dinwasiba, A. Widodo, and I. Haryanto, "Diagnosis Kerusakan *Bearing* Dengan Analisis Sinyal Getaran Pada Program *Matlab*," *J. Teknik Mesin S-1*, vol. 9, no. 1, pp. 15-20, 2021. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm>
- [4] Zulfan. Rizki Pangidoan Lubis, "Machine Learning-based Predictive Maintenance for Fault Detection in Rotating Machinery: A Case Study on *Bearing Fault Detection*," *J. Info Sains Inform. dan Sains*, vol. 15, no. 1, pp. 251–261, 2024, doi: 10.48084/etasr.6813.
- [5] Konstruktions- und Antriebstechnik (KAt), "Paderborn University *Bearing Dataset*," <https://mb.uni-paderborn.de/kat/forschung/bearing-datacenter/data-sets-and-download>.
- [6] E. Priambodo, T. Prahasto, and A. Widodo, "Deteksi Dini Kerusakan *Bearing* Menggunakan *Machine Learning* Pendekatan *Support Vector Regression* (SVR)," *J. Teknik Mesin S-1*, vol. 11, no. 3, pp. 101-112, 2023. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm>
- [7] M. Molęda, B. Małysiak-Mrozek, W. Ding, V. Sunderam, and D. Mrozek, "From Corrective to Predictive Maintenance—A Review of Maintenance Approaches for the Power Industry," *Sensors*, vol. 23, no. 13, pp. 1-47, 2023, doi: 10.3390/s23135970.
- [8] M. Achouch et al., "On Predictive Maintenance in Industry 4.0: Overview,



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Models, and Challenges,” Appl. Sci.*, vol. 12, no. 16, pp. 1-22, 2022, doi: 10.3390/app12168081.
- [9] C. Tsallis, P. Papageorgas, D. Piromalis, and R. A. Munteanu, “*Application-Wise Review of Machine Learning-Based Predictive Maintenance: Trends, Challenges, and Future Directions*,” *Appl. Sci.*, vol. 15, no. 9, pp. 1–25, 2025, doi: 10.3390/app15094898.
- [10] C. Riccio, M. Menanno, I. Zennaro, and M. M. Savino, “*A New Methodological Framework for Optimizing Predictive Maintenance Using Machine Learning Combined with Product Quality Parameters*,” *Machines*, vol. 12, no. 7, pp. 1-26, 2024, doi: 10.3390/machines12070443.
- [11] M. Tiboni, C. Remino, R. Bussola, and C. Amici, “*A Review on Vibration-Based Condition Monitoring of Rotating Machinery*,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 3, pp. 1-44, 2022, doi: 10.3390/app12030972.
- [12] R. Rakholia, A. L. Suárez-Cetrulo, M. Singh, and R. S. Carbajo, “*Integrating AI and IoT for Predictive Maintenance in Industry 4.0 Manufacturing Environments: A Practical Approach*,” *Inf.*, vol. 16, no. 9, pp. 1-14, 2025, doi: 10.3390/info16090737.
- [13] M. P. Darmawan and N. S. Soedjarwanto, “*Analisis Identifikasi Kecacatan Bearing Motor Induksi Berdasarkan Arus Stator Dan Torsi Pada Rpm Berbasis Fast Fourier Transform*,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3, pp. 303–310, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3.3071.
- [14] M. T. Setiyadi and P. Raharjo, “*Karakteristik Getaran Pada Bantalan Bola Meyelaras Sendiri Karena Kerusakan Sangkar*,” *Rekayasa Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 1–8, 2016, [Online]. Available: <http://jurnal.polines.ac.id/jurnal/index.php/rekayasa/article/view/388>
- [15] C. Wang and S. Peeta, “*Incentive Mechanism for Privacy-Preserving Collaborative Routing Using Secure Multi-Party Computation and Blockchain*,” *Sensors*, vol. 24, no. 2, pp. 1-19, 2024, doi: 10.3390/s24020542.
- [16] R. D. Ramadona *et al.*, “*Ekstraksi Fitur Domain Waktu Sinyal Getaran Pada Bearing ZA-2115 1*,” *J. Tek. Mesin S-I*, vol. 12, no. 3, pp. 258–263, 2024,



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm>
- [17] N. Yongkimandalan and R. Ariyansah, "Deteksi Kerusakan Bantalan Gelinding Pada Motor Listrik dengan Analisa Sinyal Getaran.," *J. Tek. Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 152–160, 2023, doi: 10.22441/jtm.v12i2.20094.
 - [18] N. Evalina, J. Susilo, and A. Amiruddin, "Perancangan Sistem *Monitoring* Suhu Dan Getaran Pada *Bearing* Dapat Motor Induksi Berbasis Hmi," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 135–139, 2024, doi: 10.30596/rele.v6i1.17197.
 - [19] S. Sihombing, W. Naibaho, W. Nababan, and A. Sinaga, "Analisa Karakteristik Getaran Pada Mesin *Stone Crusher* Berdasarkan Kapasitas Pemecah Batu Koral 50 Ton/Jam Pada Daerah Horizontal, Vertikal dan Longitudinal Berdasarkan *Time domain*," *Sprocket J. Mech. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 173–180, 2023, doi: 10.36655/sprocket.v4i2.895.
 - [20] P. Arafı Putra Subagya, A. S. Syahputri, and F. A. Priambodo, "Deteksi Kerusakan *Bearing* secara *Non-Invasive* pada Kondisi Kecepatan Bervariasi," *J-Eltrik*, vol. 4, no. 2, pp. 83–92, 2022, doi: 10.30649/je.v4i2.114.
 - [21] R. Y. Hutapean, "Identifikasi Kerusakan Mesin Berdasarkan Sinyal Getaran Dalam Domain Frekwensi, Studi Kasus di PT. Freeport Indonesia," *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 15–21, 2021, doi: 10.33019/jm.v7i2.1856.
 - [22] I. M. Gusni *et al.*, "Ekstraksi Fitur Domain Waktu Guna Menentukan Kelayakan Getaran Pada *Bearing* Alat Uji Rem Kereta Cepat," *J. Tek. Mesin S-I*, vol. 12, no. 3, pp. 236–241, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm>
 - [23] F. Huda and G. Alexandro, "Analisis Getaran untuk Mendeteksi Kerusakan *Bearing* pada *Drum Cylinder Dryer* 1 Area *Paper Machine-5* (PPM-5) PT. Indah Kiat *Pulp and Paper* Perawang," *AJIE - Asian J. Innov. Entrep.*, vol. 06, no. 03, pp. 147–154, 2022, doi: 10.20885/ajie.vol6.iss3.art6.
 - [24] S. Kamiel B.P., Mulyani, "Deteksi Cacat Bantalan Bola Pada Pompa Sentrifugal Menggunakan Spektrum Getaran," *J. Ilm. SEMESTA Tek.*, vol.

20, no. 2, pp. 204–215, 2023, doi: 10.18196/st.v20i2.3543.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Sinyal Getaran Mentah *Bearing* Normal 1

Parameter	Keterangan
Dataset	<i>Paderborn University Bearing Dataset (PUBD)</i>
Nama File	N15_M07_F10_K001_1.mat
Kondisi <i>Bearing</i>	Normal
Kode <i>Bearing</i>	K001
Kecepatan Putar	1500 rpm (N15)
Torsi	0,7 Nm (M07)
Gaya Radial	1000 N (F10)
Jenis Data	Sinyal getaran mentah (<i>raw vibration signal</i>)
Titik Data	Amplitudo Getaran
1	-0,048828125
2	0,216674805
3	0,234985351
4	0,390625
5	0,003051758
6	-0,26550293
7	-0,143432617
8	-0,094604492
9	0,094604492
10	0,015258789
...	...
90	1,028442382
91	0,354003906
92	-0,100708008
93	-0,100708008
94	-0,680541992
95	-0,299072265
96	-0,006103516
97	-0,088500977
98	-0,305175781
99	0,088500977
100	0,216674805
...	...



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2 Data Sinyal Getaran Mentah *Bearing* Normal 2

Parameter	Keterangan
Dataset	<i>Paderborn University Bearing Dataset (PUBD)</i>
Nama File	N15_M07_F10_K002_1.mat
Kondisi <i>Bearing</i>	Normal
Kode <i>Bearing</i>	K002
Kecepatan Putar	1500 rpm (N15)
Torsi	0,7 Nm (M07)
Gaya Radial	1000 N (F10)
Jenis Data	Sinyal getaran mentah (<i>raw vibration signal</i>)
Titik Data	Amplitudo Getaran
1	0,091552734
2	-0,018310547
3	-0,064086914
4	-0,094604492
5	-0,054931641
6	-0,030517578
7	-0,042724609
8	-0,09765625
9	-0,131225586
10	-0,22277832
...	...
91	-0,103759766
92	-0,106811523
93	0,064086914
94	-0,061035156
95	-0,021362305
96	-0,076293945
97	-0,109863281
98	-0,048828125
99	0,024414062
100	0,039672852
...	...



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 Data Sinyal Getaran Mentah *Bearing* Normal 3

Parameter	Keterangan
Dataset	<i>Paderborn University Bearing Dataset (PUBD)</i>
Nama File	N15_M07_F10_K003_1.mat
Kondisi <i>Bearing</i>	Normal
Kode <i>Bearing</i>	K003
Kecepatan Putar	1500 rpm (N15)
Torsi	0,7 Nm (M07)
Gaya Radial	1000 N (F10)
Jenis Data	Sinyal getaran mentah (<i>raw vibration signal</i>)
Titik Data	Amplitudo Getaran
1	0,103759766
2	0,280761719
3	-0,177001953
4	-0,234985351
5	-0,247192383
6	0,036621094
7	-0,082397461
8	0,064086914
9	0,122070312
10	0,34790039
...	...
91	-0,253295898
92	-0,311279297
93	-0,299072265
94	-0,363159179
95	-0,015258789
96	0,302124023
97	0,061035156
98	-0,213623047
99	0,045776367
100	0,109863281
...	...



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4 Data Sinyal Getaran Mentah *Bearing* Abnormal 1

Parameter	Keterangan
Dataset	<i>Paderborn University Bearing Dataset (PUBD)</i>
Nama File	N15_M07_F10_KI01_1.mat
Kondisi <i>Bearing</i>	<i>Inner Race Fault</i>
Kode <i>Bearing</i>	KI01
Kecepatan Putar	1500 rpm (N15)
Torsi	0,7 Nm (M07)
Gaya Radial	1000 N (F10)
Jenis Data	Sinyal getaran mentah (<i>raw vibration signal</i>)
Titik Data	Amplitudo Getaran
1	-0,204467773
2	-0,183105469
3	-0,180053711
4	-0,268554687
5	-0,219726562
6	-0,158691406
7	-0,024414062
8	-0,033569336
9	-0,024414062
10	-0,012207031
...	...
90	0,048828125
91	-0,103759766
92	-0,26550293
93	-0,332641601
94	-0,259399414
95	-0,170898437
96	-0,042724609
97	-0,164794922
98	-0,262451172
99	-0,305175781
100	-0,247192383
...	...



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5 Data Sinyal Getaran Mentah *Bearing* Abnormal 2

Parameter	Keterangan
Dataset	Paderborn University <i>Bearing</i> Dataset (PUBD)
Nama File	N15_M07_F10_KI03_1.mat
Kondisi <i>Bearing</i>	<i>Inner Race Fault</i>
Kode <i>Bearing</i>	KI03
Kecepatan Putar	1500 rpm (N15)
Torsi	0,7 Nm (M07)
Gaya Radial	1000 N (F10)
Jenis Data	Sinyal getaran mentah (<i>raw vibration signal</i>)
Titik Data	Amplitudo Getaran
1	0,234985351
2	0,173950195
3	-0,064086914
4	-0,34790039
5	-0,433349609
6	-0,238037109
7	0,073242187
8	0,296020508
9	0,277709961
10	0,12512207
...	...
91	0,421142578
92	0,466918945
93	0,305175781
94	-0,003051758
95	-0,247192383
96	-0,189208984
97	0,003051758
98	0,213623047
99	0,244140625
100	0,045776367
...	...



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 6 Data Sinyal Getaran Mentah *Bearing* Abnormal 3

Parameter	Keterangan
Dataset	<i>Paderborn University Bearing Dataset (PUBD)</i>
Nama File	N15_M07_F10_KI05_1.mat
Kondisi <i>Bearing</i>	<i>Inner Race Fault</i>
Kode <i>Bearing</i>	KI05
Kecepatan Putar	1500 rpm (N15)
Torsi	0,7 Nm (M07)
Gaya Radial	1000 N (F10)
Jenis Data	Sinyal getaran mentah (<i>raw vibration signal</i>)
Titik Data	Amplitudo Getaran
1	-0,045776367
2	-0,024414062
3	-0,131225586
4	-0,299072265
5	-0,34790039
6	-0,344848633
7	-0,393676758
8	-0,149536133
9	-0,180053711
10	-0,082397461
...	...
91	-0,439453125
92	-0,234985351
93	-0,161743164
94	-0,189208984
95	-0,045776367
96	-0,314331054
97	-0,399780273
98	-0,408935547
99	-0,588989257
100	-0,460815429
...	...



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 7 Source Code Phyton Untuk Klasifikasi

```
# =====
# =====
# CELL 1 : IMPORT LIBRARY
# =====
# =====

import os
import glob
import warnings
import NumPy as np
import Pandas as pd
import SciPy.io as sio
import Matplotlib.pyplot as plt

from SciPy.fft import fft
from SciPy.stats import kurtosis
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
from sklearn.metrics import (
    accuracy_score,
    confusion_matrix,
    classification_report
)
from sklearn.model_selection import GroupShuffleSplit
warnings.filterwarnings("ignore")

# =====
# =====
# CELL 2 : KONFIGURASI DATASET
# =====
# =====

ROOT = r"D:\RIZKI\Semester 8\SKRIPSI\III\PubD Dataset"
# Normal = 0
# Inner race = 1
BEARINGS = {
    "K001":0,
    "K002":0,
    "K003":0,
    "KI01":1,
    "KI03":1,
    "KI05":1
}
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
# =====
# =====
# CELL 3 : LOAD VIBRATION SIGNAL
# =====
# =====

def load_vibration(filepath):
    data = sio.loadmat(filepath)
    key = [k for k in data.keys() if not k.startswith("__")][0]
    sample = data[key]
    Y = sample["Y"][0,0]
    signals = Y[0]

    for sig in signals:
        if str(sig["Name"][0]) == "vibration_1":
            vibration = sig["Data"][0].flatten()
            return vibration[:256000]
        raise ValueError("vibration_1 tidak ditemukan")

# =====
# =====
# CELL 4 : LOAD SELURUH DATASET
# =====
# =====

signals = []
labels = []
groups = []
filenames = []

for bearing,label in BEARINGS.items():
    folder = os.path.join(ROOT,bearing)
    files = sorted(
        glob.glob(
            os.path.join(folder,"N15_M07_F10*.mat")
        )
    )
    print(f'{bearing} : {len(files)} files')
    for file in files:
        vibration = load_vibration(file)
        signals.append(vibration)
        labels.append(label)
        groups.append(bearing)
        filenames.append(os.path.basename(file))
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
# =====
#
# CELL 5 : VALIDASI DATASET
# =====

print("="*40)
print("Jumlah File :",len(signals))
print("Jumlah Label :",len(labels))
print("Jumlah Bearing :",len(groups))
print("="*40)

df = pd.DataFrame({

    "Bearing":groups,
    "Label":labels,
    "File":filenames
})

df.groupby("Bearing").count()

# =====
# CELL 7 : VALIDASI PANJANG SINYAL
# =====

lengths = [len(s) for s in signals]
print("Jumlah sinyal :", len(lengths))
print("Panjang minimum :", min(lengths))
print("Panjang maksimum :", max(lengths))
print("Panjang rata-rata :", np.mean(lengths))

# =====
# CELL 8 : SEGMENTASI SINYAL
# =====

WINDOW_SIZE = 1024
def segment_signal(signal, window_size=1024):
    n_segment = len(signal) // window_size
    signal = signal[:n_segment*window_size]
    segments = signal.reshape(n_segment,window_size)
```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

return segments

segments = segment_signal(signals[0])
print(segments.shape)
(250, 1024)
all_segments = []
segment_labels = []
segment_groups = []

for signal,label,group in zip(signals,labels,groups):
    seg = segment_signal(signal)
    all_segments.extend(seg)
    segment_labels.extend([label]*len(seg))
    segment_groups.extend([group]*len(seg))
    print("Jumlah Segmen :",len(all_segments))
    print("Jumlah Label :",len(segment_labels))

# =====
# CELL 10 : FEATURE EXTRACTION (TIME DOMAIN)
# =====

from SciPy.stats import kurtosis
import NumPy as np
def extract_features(segment):
    mean = np.mean(segment)
    std = np.std(segment)
    rms = np.sqrt(np.mean(segment**2))
    peak = np.max(np.abs(segment))
    kurt = kurtosis(segment, fisher=False)

    return [
        mean,
        std,
        rms,
        peak,
        kurt
    ]

# =====
# CELL 11 : EKSTRAKSI FITUR
# =====

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

feature_data = []
feature_labels = []
feature_groups = []

for segment,label,group in zip(
    all_segments,
    segment_labels,
    segment_groups
):

    feature = extract_features(segment)
    feature_data.append(feature)
    feature_labels.append(label)
    feature_groups.append(group)

feature_df = pd.DataFrame(
    feature_data,
    columns=[
        "Mean",
        "Std",
        "RMS",
        "Peak",
        "Kurtosis"
    ]
)

feature_df["Label"] = feature_labels
feature_df["Bearing"] = feature_groups
feature_df.head()

print(feature_df.shape)

feature_df.describe()

feature_sample = (
    feature_df
    .groupby("Bearing", as_index=False)
    .first()
    .sort_values(by=["Label", "Bearing"])
)

feature_sample = feature_sample[
    [
        "Bearing",

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    "Mean",
    "Std",
    "RMS",
    "Peak",
    "Kurtosis",
    "Label"
  ]
]
feature_sample

feature_df["Label"].value_counts()
Label
0    15000
1    15000
Name: count, dtype: int64
feature_df["Bearing"].value_counts()
Bearing
K001    5000
K002    5000
K003    5000
KI01    5000
KI03    5000
KI05    5000
Name: count, dtype: int64
feature_df.groupby("Label")[
    ["Mean", "Std", "RMS", "Peak", "Kurtosis"]
].mean()

# =====
# CELL 16 : MENYIAPKAN DATASET
# =====

X = feature_df[
    ["Mean", "Std", "RMS", "Peak", "Kurtosis"]
].values
y = feature_df["Label"].values
groups = feature_df["Bearing"].values
print(X.shape)
print(y.shape)
print(groups.shape)

# =====

```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
# VALIDASI PIPELINE
# =====

from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
X = feature_df[
    ["Mean", "Std", "RMS", "Peak", "Kurtosis"]
].values
y = feature_df["Label"].values
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
    X,
    y,
    test_size=0.2,
    random_state=42,
    stratify=y
)
scaler = StandardScaler()
X_train = scaler.fit_transform(X_train)
X_test = scaler.transform(X_test)
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
from sklearn.metrics import accuracy_score
k_values = [1,3,5,7,9,11,13,15,17,19]

accuracy = []

for k in k_values:
    model = KNeighborsClassifier(
        n_neighbors=k
    )
    model.fit(X_train,y_train)
    pred = model.predict(X_test)
    acc = accuracy_score(y_test,pred)
    accuracy.append(acc)
    print(k,acc)
best_k = k_values[np.argmax(accuracy)]

print(best_k)

model = KNeighborsClassifier(
    n_neighbors=best_k
)
model.fit(X_train,y_train)
prediction = model.predict(X_test)
from sklearn.metrics import confusion_matrix
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
cm = confusion_matrix(
    y_test,
    prediction
)
print(cm)
from sklearn.metrics import classification_report
print(
    classification_report(
        y_test,
        prediction,
        target_names=[
            "Normal",
            "Inner race fault"
        ]
    )
)
```





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 8 *Source Code Phyton* Analisis Karakteristik Sinyal Getaran

```
import os
import NumPy as np
import SciPy.io as sio
import Matplotlib.pyplot as plt

from SciPy.stats import kurtosis
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
from sklearn.metrics import accuracy_score, confusion_matrix, classification_report

# =====
# PARAMETER PENELITIAN
# =====
DATASET_PATH = r"D:/RIZKI/Semester 8/SKRIPSIIII/PUBD Dataset"
FS = 64000      # Sampling Frequency
WINDOW_SIZE = 1024

def load_vibration(filepath):
    mat = sio.loadmat(filepath)
    key = [k for k in mat.keys() if not k.startswith("__")][0]
    record = mat[key][0,0]
    signal = record["Y"][0,6][["Data"].flatten()
    return signal

from collections import defaultdict
all_signals = defaultdict(list)
bearing_list = [
    "K001",
    "K002",
    "K003",
    "KI01",
    "KI03",
    "KI05"
]

for bearing in bearing_list:
    folder = os.path.join(DATASET_PATH,bearing)
    files = sorted([
        f for f in os.listdir(folder)
        if f.endswith(".mat")
    ])
    for file in files:
        filepath = os.path.join(folder,file)
        signal = load_vibration(filepath)
```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    all_signals[bearing].append(signal)
print("Dataset berhasil dibaca")
for b in bearing_list:
    print(b,len(all_signals[b]))
def plot_time_domain(bearing):
    signals = np.array([
        s[:WINDOW_SIZE]
        for s in all_signals[bearing]
    ])
    mean_signal = signals.mean(axis=0)
    std_signal = signals.std(axis=0)
    x = np.arange(WINDOW_SIZE)
    plt.figure(figsize=(12,5))
    plt.plot(
        x,
        mean_signal,
        linewidth=2,
        label="Average Signal"
    )
    plt.fill_between(
        x,
        mean_signal-std_signal,
        mean_signal+std_signal,
        alpha=0.3,
        label="±1 SD"
    )
    plt.title(f"Time domain Signal - {bearing}")
    plt.xlabel("Sample")
    plt.ylabel("Amplitude")
    plt.grid(True)
    plt.legend()
    plt.tight_layout()
    plt.show()
for bearing in bearing_list:
    plot_time_domain(bearing)
def calculate_fft(signal):
    signal = signal[:WINDOW_SIZE]
    fft_result = np.fft.rfft(signal)
    magnitude = np.abs(fft_result) / WINDOW_SIZE
    frequency = np.fft.rfftfreq(
        WINDOW_SIZE,
        d=1/FS
    )
    return frequency, magnitude
def plot_fft(bearing):

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
fft_all = []
for signal in all_signals[bearing]:
    freq, mag = calculate_fft(signal)
    fft_all.append(mag)
fft_all = np.array(fft_all)
mean_fft = fft_all.mean(axis=0)
std_fft = fft_all.std(axis=0)
plt.figure(figsize=(12,5))
plt.plot(
    freq,
    mean_fft,
    linewidth=2,
    label="Average FFT"
)
plt.fill_between(
    freq,
    mean_fft-std_fft,
    mean_fft+std_fft,
    alpha=0.30,
    label="±1 SD"
)
plt.xlim(0,10000)
plt.xlabel("Frequency (Hz)")
plt.ylabel("Magnitude")
plt.title(f'FFT Spectrum - {bearing}')
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.tight_layout()
plt.show()
for bearing in bearing_list:
    plot_fft(bearing)
# =====
# Mean Time Signal Tiap Bearing
# =====

bearing_mean_signal = {}
for bearing in bearing_list:
    signals = np.array([
        signal[:WINDOW_SIZE]
        for signal in all_signals[bearing]
    ])
    bearing_mean_signal[bearing] = np.mean(
        signals,
        axis=0
    )
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

normal_mean = np.mean(
    [
        bearing_mean_signal["K001"],
        bearing_mean_signal["K002"],
        bearing_mean_signal["K003"]
    ],
    axis=0
)
fault_mean = np.mean(
    [
        bearing_mean_signal["KI01"],
        bearing_mean_signal["KI03"],
        bearing_mean_signal["KI05"]
    ],
    axis=0
)
x = np.arange(WINDOW_SIZE)
plt.figure(figsize=(12,5))
plt.plot(
    x,
    normal_mean,
    linewidth=2.5,
    label="Normal"
)
plt.plot(
    x,
    fault_mean,
    linewidth=2.5,
    label="Abnormal (Inner race fault)"
)
plt.xlabel("Sample")
plt.ylabel("Amplitude")
plt.title(
    "Perbandingan Rata - Rata Sinyal Getaran Domain Waktu "
)
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.tight_layout()
plt.show()
bearing_mean_fft = {}
freq = None
for bearing in bearing_list:
    fft_all = []
    for signal in all_signals[bearing]:
        freq, mag = calculate_fft(signal)

```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

fft_all.append(mag)
fft_all = np.array(fft_all)
bearing_mean_fft[bearing] = np.mean(
    fft_all,
    axis=0
)
normal_fft = np.mean(
    [
        bearing_mean_fft["K001"],
        bearing_mean_fft["K002"],
        bearing_mean_fft["K003"]
    ],
    axis=0
)
fault_fft = np.mean(
    [
        bearing_mean_fft["KI01"],
        bearing_mean_fft["KI03"],
        bearing_mean_fft["KI05"]
    ],
    axis=0
)
plt.figure(figsize=(12,5))
plt.plot(
    freq,
    normal_fft,
    linewidth=2.5,
    label="Normal"
)
plt.plot(
    freq,
    fault_fft,
    linewidth=2.5,
    label="Abnormal (Inner race fault)"
)
plt.xlabel("Frequency (Hz)")
plt.ylabel("Magnitude")
plt.title(
    "Perbandingan Rata - Rata Sinyal Getaran Setelah FFT"
)
plt.xlim(0,10000)
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.tight_layout()
plt.show()

```

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



1. Nama Lengkap : Rizki Kurniawan
2. NIM : 2202441007
3. Tempat, Tanggal Lahir : Bekasi, 16 November 2004
4. Jenis Kelamin : Laki-laki
5. Alamat : Jl. Belimbing V Kel. Harapan Jaya, Kec.
Bekasi Utara, Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat.
6. Email : rizkikurniawan1052@gmail.com
7. Pendidikan
 - SD (2010-2016) : SDN Harapan Jaya XVI
 - SMP (2016-2019) : SMPN 38 Kota Bekasi
 - SMA (2019-2022) : SMKN 1 Kota Bekasi
8. Program Studi : Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat
9. Bidang Peminatan : Teknik Alat Berat
10. Tempat/Topik OJT : -

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta