

**PREDICTIVE MAINTENANCE PADA MOTOR LISTRIK  
MENGUNAKAN MACHINE LEARNING MODEL RANDOM FOREST**

**Laporan tugas besar mata kuliah kecerdasan buatan**

Dosen pengampu :  
Rizki Yustisia Sari, M.T.I  
Ronal, M.Kom



Disusun oleh :  
Rifki Adi Pratama      122490011

**REKAYASA INSTRUMENTASI DAN AUTOMASI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SUMATERA**

**2025**

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	i
DAFTAR GAMBAR .....	ii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar belakang .....	1
1.1. Rumusan Masalah .....	2
1.2. Tujuan .....	2
1.2. Manfaat .....	3
BAB II .....	4
TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1. Tinjauan Pustaka .....	4
2.2. Arsitektur Sistem .....	6
2.2.1. Blok diagram perangkat keras .....	6
2.2.2. Blok diagram perangkat lunak .....	6
2.2.3. Blok diagram sistem .....	6
2.2.2. Perancangan GUI .....	6
BAB III .....	7
METODE PENELITIAN .....	7
3.1. Tahapan Penelitian .....	7
3.3.1. Pengumpulan data .....	7
3.3.2. Labelling data .....	8
3.3.3. Pembagian data ( <i>data splitting</i> ) .....	8
3.3.4. Pengembangan model machine learning .....	8
3.3.5. Pelatihan model .....	8
3.3.6. Evaluasi model .....	9
BAB IV .....	9
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	9
4.2. Tampilan GUI .....	9
4.2. Hasil pengumpulan data .....	11

4.3.	Hasil labelling data.....	11
4.4.	Hasil pembagian data .....	13
4.4.	Hasil training.....	14
4.5.	Hasil evaluasi model .....	17
BAB V.....		18
PENUTUP .....		18
5.1.	Kesimpulan .....	18
5.2.	Saran.....	18

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 blok diagram perangkat keras .....	6
Gambar 2. 2 blok diagram perangkat lunak .....	6
Gambar 2. 3 blok diagram sistem .....	6
Gambar 4. 1 Menu dashboard .....	10
Gambar 4. 2 Menu training .....	10
Gambar 4. 3 Menu evaluasi .....	11
Gambar 4. 4 Menu database.....	11
Gambar 4. 5 Gambar (a), (b) dan (c) hasil labelling data .....	13
Gambar 4. 6 Gambar (a),(b) dan (c) hasil pembagian data untuk training dan evaluasi model random forest classifier .....	13
Gambar 4. 7 Gambar (a),(b) dan (c) hasil pembagian data untuk training dan evaluasi model random forest regressor.....	14
Gambar 4. 8 Gambar (a), (b) dan (c) konfigurasi model sebelum dilakukan training model .....	15
Gambar 4. 9 Notifikasi hasil training model.....	16
Gambar 4. 10 Hasil training model random forest classifier dan regressor.....	16
Gambar 4. 11 File model yang tersimpan di directory.....	17
Gambar 4. 12 Tampilan evaluasi model.....	17

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Motor listrik adalah tulang punggung berbagai industri, mulai dari manufaktur, transportasi, hingga energi. Keandalannya sangat krusial untuk menjaga kelancaran operasional dan produktivitas. Namun, seperti halnya peralatan mekanis lainnya, motor listrik rentan mengalami kerusakan yang dapat menyebabkan *downtime* produksi yang tidak terencana, kerugian finansial yang signifikan, dan bahkan risiko keselamatan.

Secara tradisional, perawatan motor listrik sering kali dilakukan berdasarkan jadwal tetap (*preventive maintenance*) atau setelah terjadi kerusakan (*corrective maintenance*). Pendekatan *preventive maintenance* mungkin menyebabkan penggantian komponen yang masih berfungsi dengan baik, menimbulkan biaya yang tidak perlu. Sementara itu, *corrective maintenance*, meskipun reaktif, sering kali berujung pada kerusakan yang lebih parah dan *downtime* yang lebih lama.

Melihat keterbatasan ini, predictive maintenance (PdM) muncul sebagai solusi yang menjanjikan. PdM berfokus pada pemantauan kondisi aset secara *real-time* untuk memprediksi kapan potensi kerusakan akan terjadi, sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan secara proaktif sebelum kegagalan total. Pendekatan ini memungkinkan optimasi jadwal perawatan, perpanjangan umur aset, pengurangan biaya operasional, dan peningkatan efisiensi secara keseluruhan.

Di era industri 4.0, kemajuan pesat dalam teknologi sensor dan Machine Learning (ML) telah membuka peluang baru untuk implementasi PdM yang lebih canggih. Data operasional yang dihasilkan oleh motor listrik, seperti vibrasi, suhu, arus, dan tegangan, dapat dikumpulkan dan dianalisis untuk mengidentifikasi pola-pola yang mengindikasikan kondisi abnormal atau awal kegagalan.

Proyek ini akan memanfaatkan kekuatan Machine Learning, khususnya model Random Forest, untuk membangun sistem *predictive maintenance* pada motor listrik. Random Forest adalah algoritma ML yang dikenal karena kemampuannya menangani data kompleks, memberikan akurasi yang tinggi, dan relatif kebal

terhadap *overfitting*. Dengan melatih model ini pada data historis kondisi motor dan kejadian kegagalan, kami dapat mengembangkan sistem yang mampu memprediksi kerusakan motor listrik secara akurat dan tepat waktu.

Diharapkan, implementasi sistem *predictive maintenance* ini akan memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional motor listrik di berbagai sektor industri, membantu perusahaan beralih dari model perawatan reaktif ke proaktif yang lebih cerdas dan ekonomis.

### **1.1. Rumusan Masalah**

- A. Bagaimana data sensor (vibrasi dan suhu) dari motor listrik dapat dikumpulkan dan diproses secara efektif untuk digunakan dalam model Machine Learning ?
- B. Bagaimana model Machine Learning Random Forest dapat dibangun dan dilatih menggunakan data historis motor listrik untuk secara akurat memprediksi potensi kegagalan atau kerusakan?
- C. Parameter sensor apa saja yang paling signifikan mempengaruhi kinerja dan prediktabilitas kerusakan motor listrik menggunakan model Random Forest?

### **1.2. Tujuan**

Adapun tujuan dari dirancang nya tugas besar ini ialah :

1. Mengembangkan Model Prediktif: Membangun dan melatih model Machine Learning Random Forest yang mampu memprediksi potensi kegagalan atau kerusakan pada motor listrik berdasarkan data sensor (seperti vibrasi, suhu, arus, dll.) dengan tingkat akurasi yang tinggi.
2. Mengidentifikasi Indikator Kerusakan Dini: Mengidentifikasi parameter-parameter kunci dari data operasional motor listrik yang paling berkorelasi dengan kejadian kegagalan, sehingga memungkinkan deteksi dini masalah sebelum menjadi kritis.
3. Meningkatkan Efisiensi Perawatan: Menyediakan informasi yang dapat ditindaklanjuti untuk tim perawatan, memungkinkan mereka untuk melakukan intervensi perbaikan secara proaktif dan terencana, bukan reaktif.

## 1.2. Manfaat

Proyek *predictive maintenance* ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat signifikan, antara lain:

### 1. Manfaat bagi mahasiswa

- Pemahaman Mendalam tentang Industri 4.0 dan PdM: Mahasiswa akan mendapatkan pengalaman langsung dan pemahaman praktis mengenai konsep Industri 4.0 serta implementasi Predictive Maintenance (PdM) yang merupakan tren krusial di dunia industri modern.
- Penguasaan Konsep Machine Learning: Mahasiswa akan belajar dan mengaplikasikan salah satu model Machine Learning yang powerful, yaitu Random Forest, mulai dari pengumpulan data, pra-pemrosesan, pembangunan model, hingga evaluasi. Ini adalah skill yang sangat dicari di berbagai bidang.
- Penerapan Teori ke Praktik Nyata: Mahasiswa akan melihat bagaimana teori-teori yang dipelajari di bangku kuliah (statistik, aljabar linear, algoritma, dll.) dapat diterapkan untuk memecahkan masalah nyata di industri, menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik.
- Pengembangan Kemampuan Pemecahan Masalah: Mahasiswa akan dihadapkan pada tantangan teknis dalam mengolah data sensor, mengidentifikasi pola, dan mengoptimalkan model. Ini akan melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah yang kompleks.
- Portofolio Proyek yang Kuat: Hasil dari proyek ini dapat menjadi bagian yang sangat kuat dalam portofolio mahasiswa, menunjukkan kemampuan praktis dalam Machine Learning dan aplikasi industri. Ini akan sangat membantu dalam pencarian magang atau pekerjaan setelah lulus.
- Riset dan Publikasi: Jika proyek ini menghasilkan temuan yang signifikan, ada potensi untuk dikembangkan menjadi makalah ilmiah atau proyek penelitian lanjutan, memberikan pengalaman berharga dalam ranah akademis.

### 2. Manfaat bagi Perusahaan

- Mengurangi *Downtime* Produksi: Dengan memprediksi kegagalan sebelum terjadi, perusahaan dapat menjadwalkan perawatan saat waktu yang paling

minim mengganggu operasional, sehingga mengurangi *downtime* produksi yang tidak terencana.

- Menghemat biaya operasional.
- Meningkatkan Keandalan dan Ketersediaan Aset: Motor listrik akan lebih sering dalam kondisi optimal, meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan dan memastikan ketersediaan operasional yang lebih tinggi.
- Meningkatkan Keamanan Kerja: Mencegah kegagalan motor yang tidak terduga dapat mengurangi risiko kecelakaan atau insiden keselamatan di tempat kerja.
- Pengambilan Keputusan Berbasis Data: Memberikan wawasan yang lebih dalam tentang kinerja motor listrik, memungkinkan manajemen untuk membuat keputusan perawatan yang lebih cerdas dan strategis.
- Transisi Menuju Industri 4.0: Membantu organisasi untuk mengadopsi praktik perawatan yang lebih maju dan selaras dengan prinsip-prinsip Industri 4.0, memanfaatkan teknologi digital untuk efisiensi yang lebih besar.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

##### **A. Predictive maintenance**

Predictive Maintenance (PdM) atau Perawatan Prediktif adalah strategi perawatan aset yang memanfaatkan data dan teknologi untuk memprediksi kapan potensi kegagalan atau kerusakan pada suatu peralatan akan terjadi. Tujuannya adalah untuk melakukan tindakan perbaikan atau penggantian komponen *sebelum* kegagalan benar-benar terjadi, bukan setelahnya (seperti pada *corrective maintenance*) atau berdasarkan jadwal tetap (seperti pada *preventive maintenance*).

##### **B. Kecerdasan buatan**

Kecerdasan Buatan (AI), atau *Artificial Intelligence*, adalah cabang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan mesin atau sistem yang mampu meniru, belajar, dan melakukan tugas-tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia. Tujuan utama AI adalah membuat

komputer dan sistem dapat "berpikir" seperti manusia, memahami, belajar dari pengalaman, memecahkan masalah, dan mengambil keputusan.

Cabang – cabang utama dalam AI :

- A. Machine learning
- B. Deep learning
- C. Natural Language Processing (NLP)
- D. Computer vision
- E. Robotika
- F. Expert systems

### **C. Machine learning**

Machine Learning (Pembelajaran Mesin) adalah salah satu cabang utama dari Kecerdasan Buatan (AI) yang memungkinkan sistem untuk belajar dari data, mengidentifikasi pola, dan membuat keputusan atau prediksi tanpa secara eksplisit diprogram untuk setiap tugas. Contohnya :

Daripada menulis instruksi langkah demi langkah yang sangat spesifik (misalnya, "jika suhu > 80 dan vibrasi > 5, maka ada kerusakan"), Anda memberikan mesin sejumlah besar data yang berisi contoh-contoh (misalnya, data suhu, vibrasi, dan label apakah motor itu rusak atau tidak). Mesin kemudian akan "belajar" dari contoh-contoh tersebut untuk menemukan pola dan hubungan yang dapat digunakan untuk memprediksi hasil di masa depan (misalnya, memprediksi kapan motor akan rusak).

### **D. Random Forest**

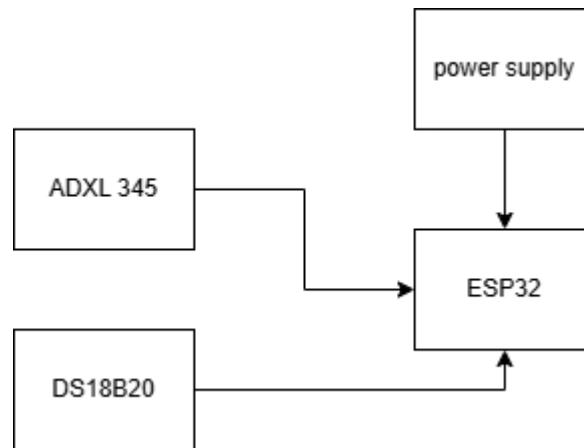
Random Forest adalah salah satu algoritma machine learning yang termasuk dalam jenis ensemble learning, di mana model dibangun dari gabungan beberapa model yang lebih sederhana (dalam hal ini, decision tree) untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan stabil. Model ini membuat banyak decision tree secara acak dari data yang berbeda (menggunakan teknik bagging) dan kemudian:

- Untuk klasifikasi: memilih hasil mayoritas suara (voting) dari semua pohon.
- Untuk regresi: mengambil rata-rata dari prediksi semua pohon.



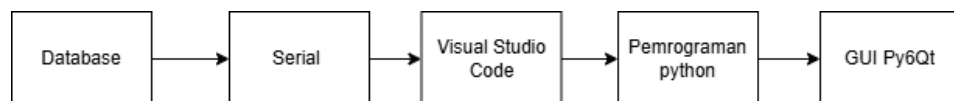
## 2.2. Arsitektur Sistem

### 2.2.1. Blok diagram perangkat keras



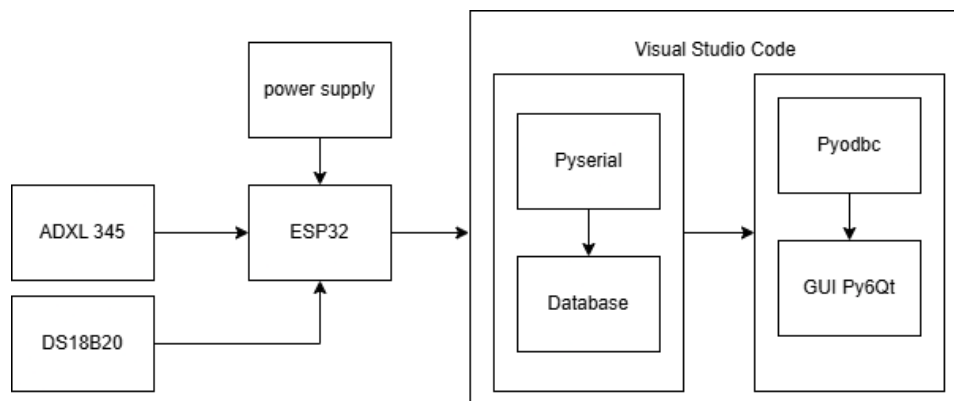
Gambar 2. 1 blok diagram perangkat keras

### 2.2.2. Blok diagram perangkat lunak



Gambar 2. 2 blok diagram perangkat lunak

### 2.2.3. Blok diagram sistem



Gambar 2. 3 blok diagram sistem

### 2.2.2. Perancangan GUI

Perancangan GUI dilakukan dengan menggunakan library Py6Qt dan program python. Terdapat 4 menu di dalam GUI tersebut yaitu Dashboard, Training, Evaluasi dan Database.

Menu dashboard berfungsi untuk menampilkan hasil pembacaan sensor yang dilakukan dan dikirimkan dari microcontroller ESP32, terdapat

2 grafik yaitu grafik untuk menampilkan pengukuran suhu dan pengukuran getaran. Pada grafik vibrasi terdapat 3 line untuk menampilkan pembacaan sumbu X, Y dan Z. Di menu training terdapat tombol labelling data, split data, valid & training model dan load model. Terdapat indikator untuk menampilkan hasil training random forest classifier dan random forest regressor dan indikator untuk menampilkan info database. terdapat terminal monitor juga untuk menampilkan informasi atau mencetak string. Terdapat bagian model konfigurasi dan terdapat 2 grafik untuk menampilkan hasil training random forest classifier dengan confusion matrix dan menampilkan hasil training random forest regressor dengan grafik scatter plot. Pada menu evaluasi terdapat indikator untuk menampilkan hasil evaluasi random forest classifier dan regressor, terminal monitor, grafik confusion matrix dan scatter plot. Pada menu database untuk menampilkan isi tabel yang kita gunakan di database SQL server.

### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN**

##### **3.1. Tahapan Penelitian**

###### **3.3.1. Pengumpulan data**

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan database SQL Server Management Studio (SSMS). Sensor suhu dan sensor accelerometer dibaca oleh microcontroller ESP32 lalu dibaca dengan library pyserial di pemrograman python menggunakan software visual studio code, lalu dikirimkan ke database SQL Server dengan menggunakan library pyodbc. Parameter yang dikirimkan dan disimpan di database SQL server ialah timestamp, suhu dan vibration. Di database SQL server terdapat beberapa kolom diantaranya ialah kolom ID, Timestamp, temperature, vibration, kondisi\_motor, downtime\_motor, label\_kode.

### **3.3.2. Labelling data**

Setelah pengumpulan data dilakukan, selanjutnya ialah melakukan pelabelan data, karna disini saya menggunakan model machine learning random forest. Random forest termasuk dalam model machine learning supervised learning yang dimana model dilatih menggunakan data berlabel. Dalam tugas besar yang saya rancang ini, label output dari penggunaan model machine learning random forest ini ialah “normal”, “perlu perawatan”, “suhu rendah”, “suhu rendah, getaran tinggi”, “suhu tinggi, getaran rendah”, “getaran berbahaya”, “indikasi rusak”.

### **3.3.3. Pembagian data (*data splitting*)**

Pembagian data dilakukan dengan membagi data keseluruhan yang diambil dari database yang sudah dilakukan labelling menjadi 2 bagian data yaitu data training dan data testing. Fungsi data splitting dalam machine learning adalah untuk menguji kemampuan model dalam mempelajari pola dari data dan mengukur performa model pada data baru.

### **3.3.4. Pengembangan model machine learning**

Pengembangan model machine learning pada project ini atau model konfigurasi pada machine learning adalah untuk mengatur parameter dan opsi yang digunakan saat membangun dan melatih model. Konfigurasi ini sangat penting karena dapat mempengaruhi kinerja, akurasi, kecepatan pelatihan, dan kemampuan generalisasi model terhadap data baru.

Model konfigurasi yang diatur pada project ini ialah preprocessing setting (MinMax Scaler atau Standart Scaler), criteria (entropy atau gini), jumlah estimator, jumlah maksimal kedalaman pohon dan error metric (squared error atau absolute error).

### **3.3.5. Pelatihan model**

Fungsi training model (pelatihan model) dalam machine learning adalah mengajarkan model cara mengenali pola dari data agar dapat

membuat prediksi atau keputusan yang akurat terhadap data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Setelah data diberi label dan melakukan model konfigurasi selanjutnya ialah melakukan training model dengan menggunakan data training yang sudah disiapkan dari Langkah splitting data, model yang dilatih pada project ini ialah random forest classifier dan random forest regressor. Pada program training model saya, terdapat beberapa langkah dalam running program training model diantaranya ialah validasi data, preprosesing data, persiapan training, training classifier dan training regressor dan validasi model setelah training.

### **3.3.6. Evaluasi model**

Fungsi evaluasi model dalam machine learning adalah untuk mengukur seberapa baik kinerja model setelah dilatih, baik terhadap data pelatihan maupun data baru (data uji). Tujuan utamanya adalah untuk memastikan bahwa model mampu membuat prediksi yang akurat dan dapat dipercaya.

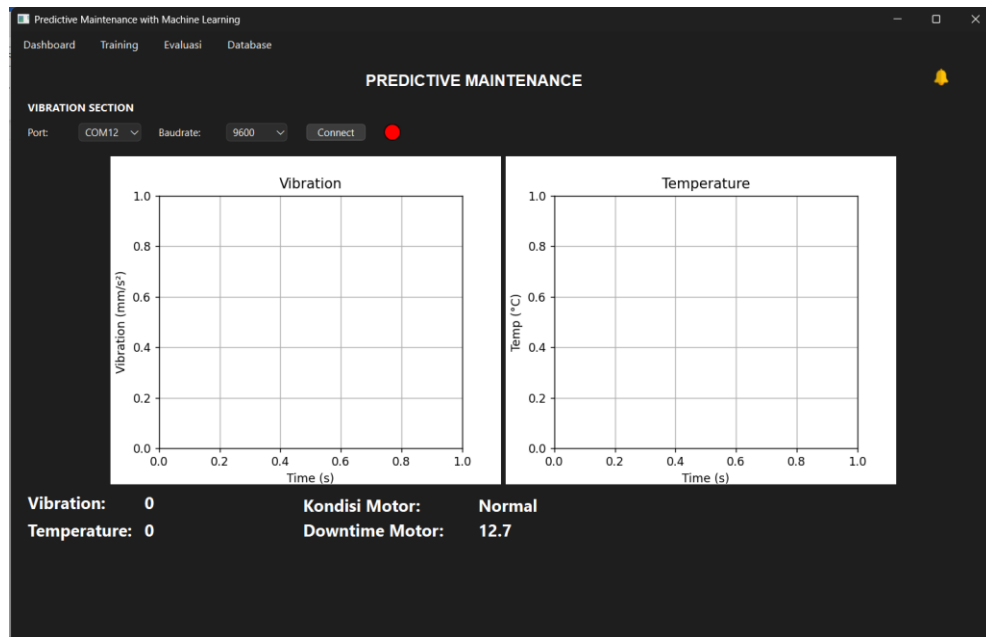
Pada Langkah evaluasi model ini terdapat beberapa sub Langkah di dalam program evaluasi model, diantaranya adalah validasi model terlatih, preprosesing model terlatih, preprosesing data test, evaluasi classifier dan evaluasi regressor.

## **BAB IV**

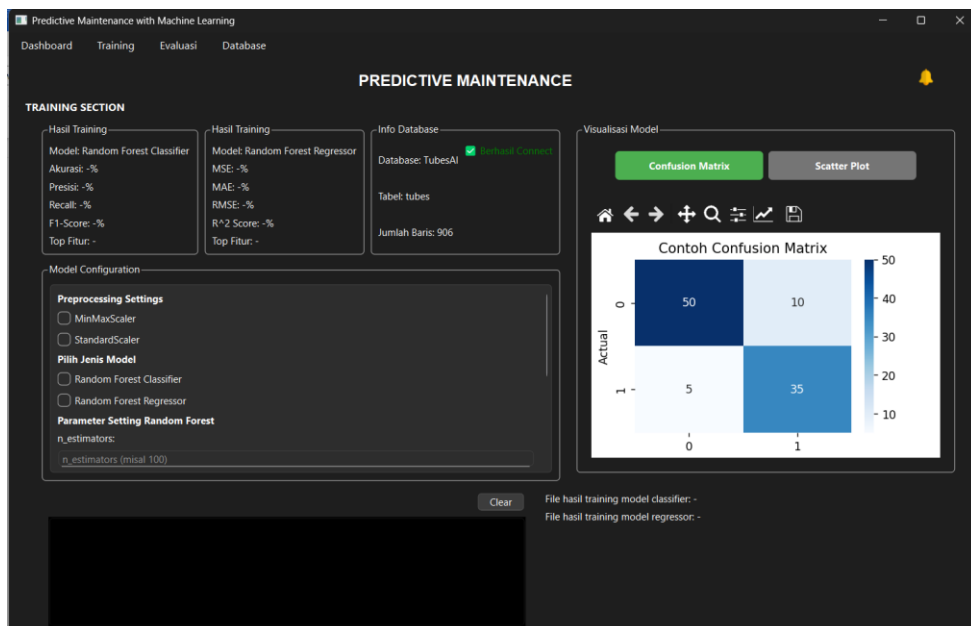
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.2. Tampilan GUI**

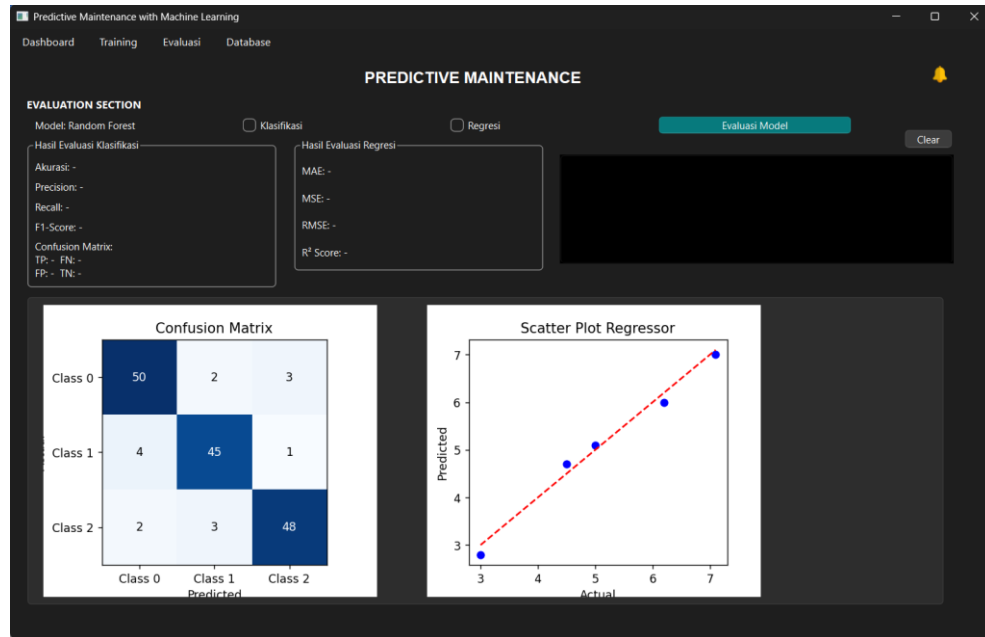
Berikut ialah tampilan GUI yang telah dibuat menggunakan pemrograman python dan library Py6Qt.



Gambar 4. 1 Menu dashboard



Gambar 4. 2 Menu training



Gambar 4. 3 Menu evaluasi

**PREDICTIVE MAINTENANCE**

Export to CSV Refresh Data

**DATABASE SECTION**

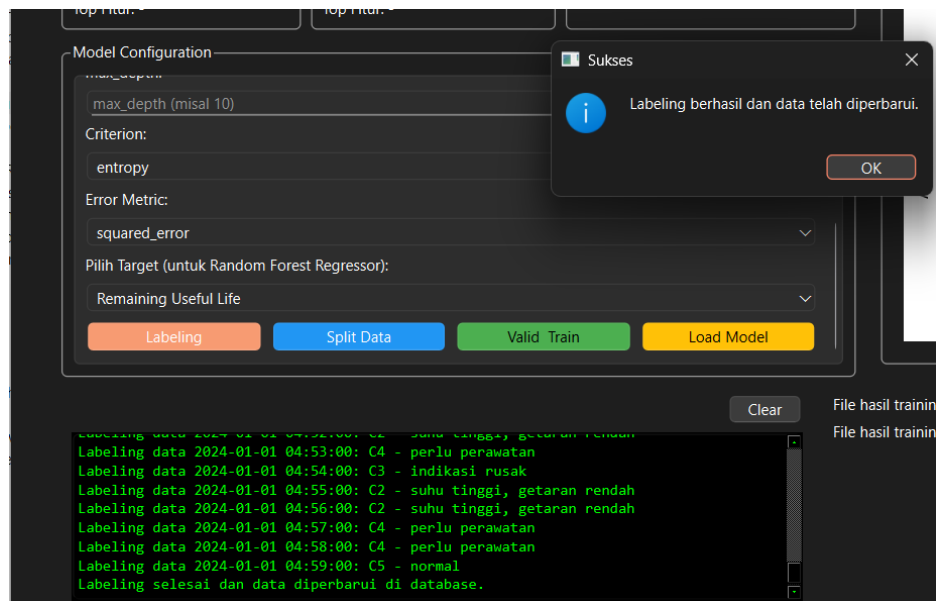
	ID	timestamp	temperature	vibration	kondisi_motor	downtime_motor	label_kode
1	1666	2025-05-18 18:18:58	29.56	3.33	normal	5.0	C5
2	1667	2025-05-18 18:18:58	29.56	3.33	normal	5.0	C5
3	1668	2025-05-18 18:18:59	29.56	3.33	normal	5.0	C5
4	1669	2025-05-18 18:19:00	29.56	3.33	normal	5.0	C5
5	1670	2025-05-18 18:19:01	29.56	3.33	normal	5.0	C5
6	1671	2025-05-18 18:19:03	29.56	3.33	normal	5.0	C5
7	1672	2025-05-18 18:19:04	29.56	3.33	normal	5.0	C5
8	1673	2025-05-18 18:19:05	29.56	9.62	normal	5.0	C5
9	1674	2025-05-18 18:19:06	29.56	8.97	normal	5.0	C5
10	1675	2025-05-18 18:19:07	29.56	3.33	normal	5.0	C5
11	1676	2025-05-18 18:19:08	29.56	3.33	normal	5.0	C5
12	1677	2025-05-18 18:19:09	29.56	3.33	normal	5.0	C5
13	1678	2025-05-18 18:19:11	29.56	3.33	normal	5.0	C5
14	1679	2025-05-18 18:19:12	29.56	3.33	normal	5.0	C5
15	1680	2025-05-18 18:19:13	29.56	3.33	normal	5.0	C5
16	1681	2025-05-18 18:19:14	29.56	3.33	normal	5.0	C5

Gambar 4. 4 Menu database

## 4.2. Hasil pengumpulan data

## 4.3. Hasil labelling data

Berikut ialah hasil labelling data yang tersimpan di database SQL server.



(a)

	ID	timestamp	temperature	vibration	kondisi_motor	downtime_motor	label_kode
226	1479	2024-01-01 03:09:00.000	31,68	9,4	normal	5	C5
227	1480	2024-01-01 03:10:00.000	48,43	9,14	suhu tinggi, ...	2	C2
228	1481	2024-01-01 03:11:00.000	44,03	11,01	perlu peraw...	4	C4
229	1482	2024-01-01 03:12:00.000	34,89	10,85	perlu peraw...	4	C4
230	1483	2024-01-01 03:13:00.000	47,06	10,95	perlu peraw...	4	C4
231	1484	2024-01-01 03:14:00.000	33,87	9,71	normal	5	C5
232	1485	2024-01-01 03:15:00.000	39,89	11,74	perlu peraw...	4	C4
233	1486	2024-01-01 03:16:00.000	33,93	10,01	perlu peraw...	4	C4
234	1487	2024-01-01 03:17:00.000	32,09	11,68	perlu peraw...	4	C4
235	1488	2024-01-01 03:18:00.000	48,69	12,68	indikasi rusak	3	C3
236	1489	2024-01-01 03:19:00.000	45,73	9,18	suhu tinggi, ...	2	C2
237	1490	2024-01-01 03:20:00.000	31,15	10,03	perlu peraw...	4	C4
238	1491	2024-01-01 03:21:00.000	28,7	7,81	normal	5	C5
239	1492	2024-01-01 03:22:00.000	39,04	7,52	normal	5	C5
240	1493	2024-01-01 03:23:00.000	47,4	12,8	indikasi rusak	3	C3
241	1494	2024-01-01 03:24:00.000	48,85	8,02	suhu tinggi, ...	2	C2
242	1495	2024-01-01 03:25:00.000	45,08	9,75	suhu tinggi, ...	2	C2

(b)

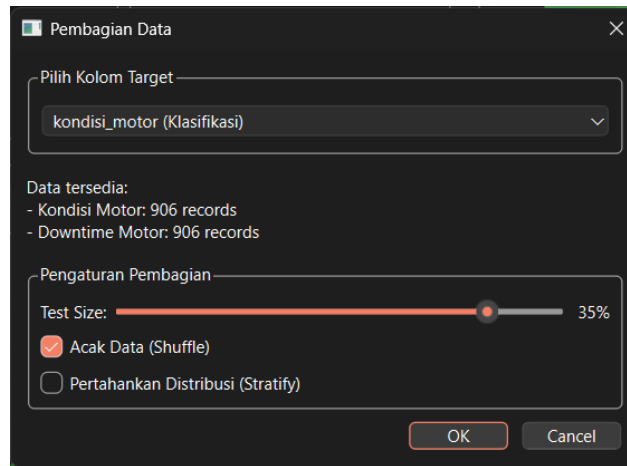
	ID	timestamp	temperature	vibration	kondisi_motor	downtime_motor	label_kode
319	1572	2024-01-01 04:42:00.000	47,78	11,72	indikasi rusak	3	C3
320	1573	2024-01-01 04:43:00.000	49,62	8,81	suhu tinggi, ...	2	C2
321	1574	2024-01-01 04:44:00.000	36,96	8,53	normal	5	C5
322	1575	2024-01-01 04:45:00.000	39,84	7,01	normal	5	C5
323	1576	2024-01-01 04:46:00.000	45,9	7,84	suhu tinggi, ...	2	C2
324	1577	2024-01-01 04:47:00.000	33,81	11,52	perlu peraw...	4	C4
325	1578	2024-01-01 04:48:00.000	37,11	9,66	normal	5	C5
326	1579	2024-01-01 04:49:00.000	44,2	7,42	normal	5	C5
327	1580	2024-01-01 04:50:00.000	29,8	11,38	normal	5	C5
328	1581	2024-01-01 04:51:00.000	44,26	9,26	normal	5	C5
329	1290	2024-01-01 00:00:00.000	41,33	9,5	normal	5	C5
330	1291	2024-01-01 00:01:00.000	28,25	10,9	normal	5	C5
331	1292	2024-01-01 00:02:00.000	38,55	11,45	perlu peraw...	4	C4
332	1293	2024-01-01 00:03:00.000	38,19	10,71	perlu peraw...	4	C4
333	1294	2024-01-01 00:04:00.000	30,86	10,76	perlu peraw...	4	C4
334	1295	2024-01-01 00:05:00.000	37,19	12,91	perlu peraw...	4	C4
335	1296	2024-01-01 00:06:00.000	40,22	7,06	suhu tinggi, ...	2	C2

(c)

Gambar 4. 5 Gambar (a), (b) dan (c) hasil labelling data

#### 4.4. Hasil pembagian data

Pertama ialah melakukan pembagian data untuk pelatihan model random forest classifier konfigurasi nya sebagai berikut.



(a)

Setelah klik OK maka akan tampil notifikasi sebagai berikut.



(b)

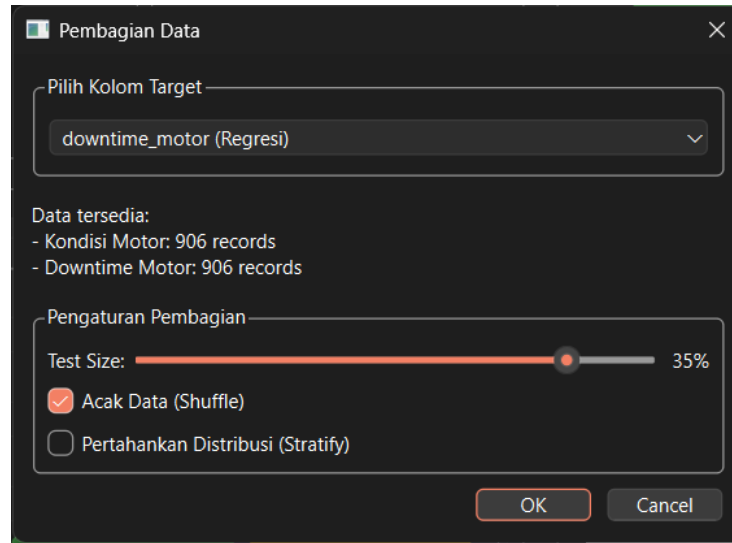


(c)

Gambar 4. 6 Gambar (a),(b) dan (c) hasil pembagian data untuk training dan evaluasi model random forest classifier

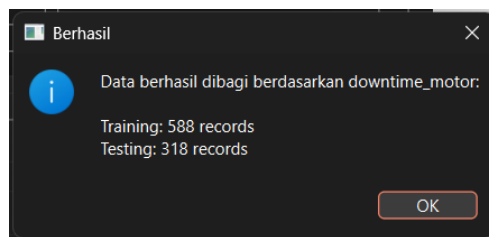
Berikut nya ialah konfigurasi pembagian data untuk pelatihan model random forest regressor.



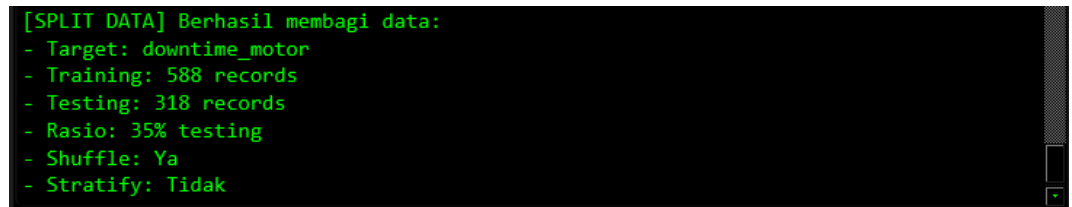


(a)

Setelah klik OK maka akan tampil jendela notifikasi sebagai berikut



(b)

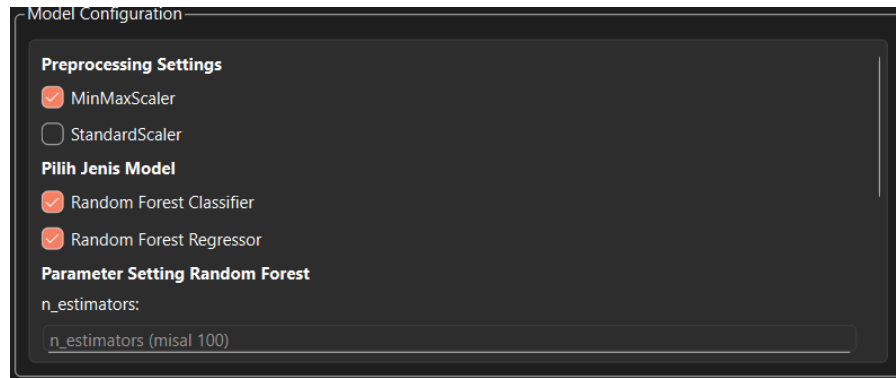


(c)

Gambar 4. 7 Gambar (a),(b) dan (c) hasil pembagian data untuk training dan evaluasi model random forest regressor

#### 4.4. Hasil training

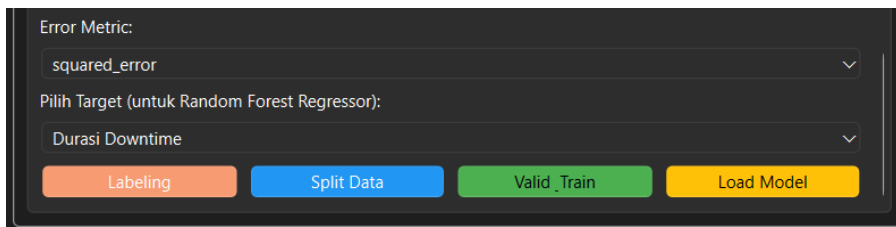
Sebelum melakukan training, pertama ialah melakukan konfigurasi model seperti pada gambar berikut.



(a)



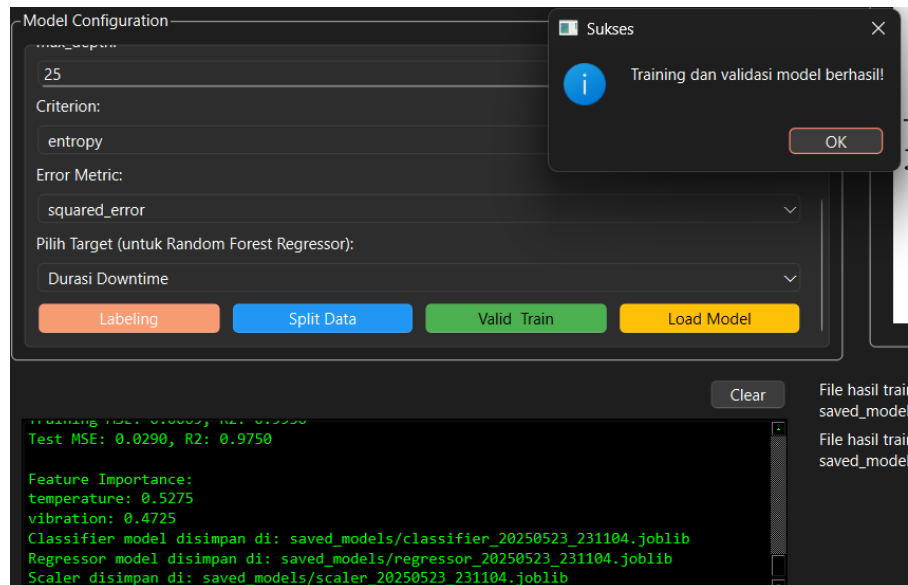
(b)



(c)

Gambar 4. 8 Gambar (a), (b) dan (c) konfigurasi model sebelum dilakukan training model

Setelah melakukan konfigurasi model, selanjutnya kita dapat melakukan validasi data dan training dengan menekan tombol valid train. Berikut ialah hasil dari proses training model. berikut jendela notifikasi hasil training model.



Gambar 4. 9 Notifikasi hasil training model

Berikut hasil training random forest classifier berupa akurasi, presisi, recall, F1-score dan top fitur. Dan random forest regressor berupa MSE, MAE, RMSE, R2 Score, dan top fitur, sebagai berikut.

Hasil Training (Klasifikasi)	Hasil Training (Regresi)
Model: Random Forest Classifier	Model: Random Forest Regressor
Akurasi: 98.10%	MSE: 0.0290
Presisi: 98.19%	MAE: 0.0491
Recall: 98.10%	RMSE: 0.1704
F1-Score: 98.10%	R <sup>2</sup> Score: 0.9750
Top Fitur: vibration	Top Fitur: temperature

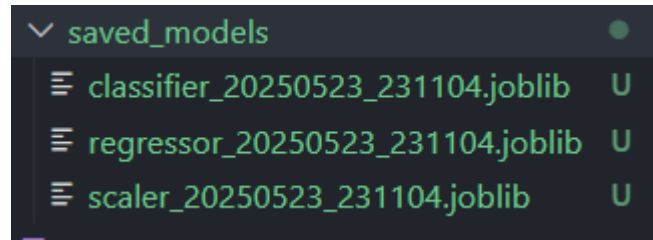
Gambar 4. 10 Hasil training model random forest classifier dan regressor

Hasil training model disimpan menjadi suatu file model dengan format joblib. File model ini yang digunakan di dalam inisialisasi program prediksi realtime yang sudah terhubung ke microcontroller. Berikut dokumentasinya.

```

File hasil training model classifier:
saved_models/classifier_20250523_231104.joblib
File hasil training model regressor:
saved_models/regressor_20250523_231104.joblib
  
```

(a)

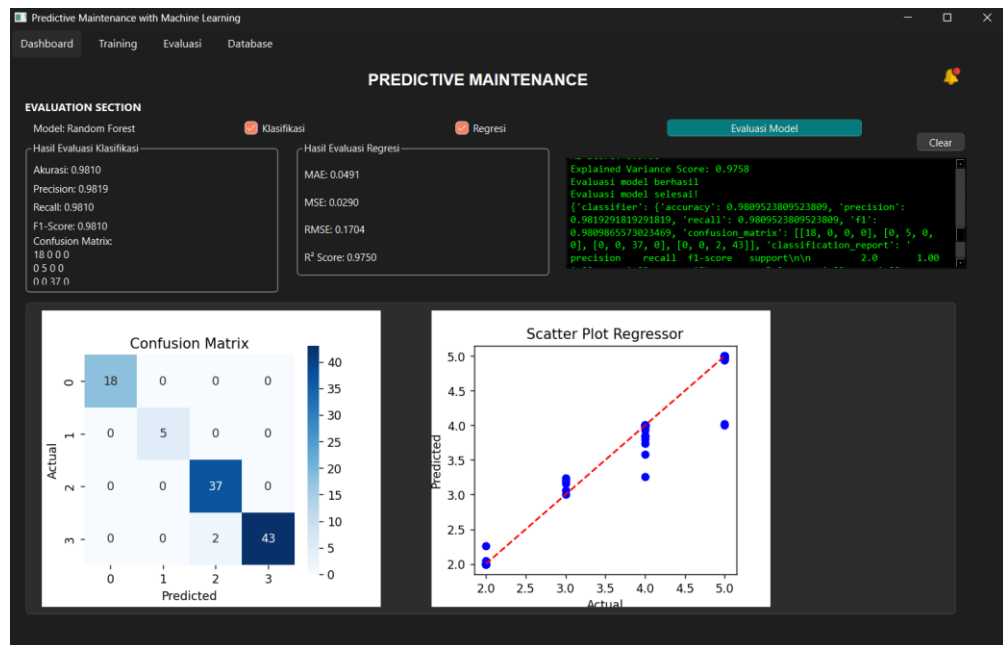


(b)

Gambar 4. 11 File model yang tersimpan di directory

#### 4.5. Hasil evaluasi model

Setelah dilakukan training model, selanjutnya ialah melakukan evaluasi model. berikut ialah dokumentasi hasil evaluasi model.



Gambar 4. 12 Tampilan evaluasi model

yang dihasilkan dari evaluasi model ini ialah akurasi, 98.10% dari prediksi model benar. Presisi, dari semua prediksi positif, 98,19% benar. Recall, dari semua data positif sebenarnya 98,10% berhasil ditemukan model. F1-Score, gabungan harmonis dari metrik presisi dan recall menunjukkan kinerja yang seimbang.

Berdasarkan dari grafik confusion matrix, model sangat akurat mengenali setiap kelas dan hanya terjadi 2 salah klasifikasi minor pada kelas ke-3 (label 2) yang diprediksi sebagai kelas 4 (label 3).

Hasil evaluasi model random forest regressor ialah rata-rata kesalahan absolut prediksi vs nilai sebenarnya menunjukkan nilai yang baik. Rata-rata kuadrat error menunjukkan lebih sensitive terhadap kesalahan besar. 97,50% variasi target model sangat bagus.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Model random forest classifier cocok digunakan untuk prediksi pada suatu data, salah satunya dalam penggunaan sensor suhu dan vibrasi untuk simulasi monitoring motor listrik. Hasil prediksi tersebut digunakan dalam analisis predictive maintenance. Model random forest regressor juga cocok digunakan pada project ini untuk menghitung kapan sisa waktu suatu motor listrik sebelum diharuskan berhenti berjalan.

Namun kekurangan dari project ini ialah saat dilakukan prediksi secara real time dengan dihubungkan langsung ke microcontroller. Kekurangan nya ialah prediksi untuk label kondisi motor masih belum tepat dalam akurasi dan prediksi nya, misalnya suhu dinaikan dan terbaca oleh microcontroller ialah 40 derajat celcius keatas, label kondisi motor yang tampil di GUI telat dalam memberikan informasi kepada user. Untuk prediksi downtime motor menurut saya sedikit sudah tepat dalam memprediksi, dengan menaikkan suhu dan menggetarkan sensor ADXL345, informasi downtime motor yang tampil di GUI juga berubah menjadi turun dibawah 5 jam.

#### **5.2. Saran**

Saran dari penulis ialah, lebih mendalam lagi dalam mempelajari suatu model machine learning salah satunya ialah model random forest. Lalu mencari referensi lain terkait penggunaan model machine learning untuk analisis predictive maintenance, apakah ada model lain yang cocok digunakan dan lebih baik dari model random forest.