

**PERANCANGAN MONITORING BERBASIS *INTERNET OF THINGS*  
DAN IMPLEMENTASI ALGORITMA *NAIVE BAYES* DALAM  
KLASIFIKASI DAN PREDIKSI KUALITAS UDARA DI  
KOTA TANJUNGPINANG**



**SKRIPSI**  
Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat  
Sarjana Teknik (S.T)

Oleh:  
Ratih Tomia  
2101010053

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN  
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI  
TANJUNGPINANG**

**2025**

**PERANCANGAN MONITORING BERBASIS *INTERNET OF THINGS*  
DAN IMPLEMENTASI ALGORITMA *NAIVE BAYES* DALAM  
KLASIFIKASI DAN PREDIKSI KUALITAS UDARA DI  
KOTA TANJUNGPINANG**



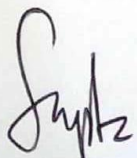
**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat  
Sarjana Teknik (S.T)

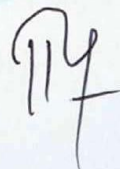
Oleh:  
Ratih Tomia  
2101010053

Telah mengetahui dan disetujui oleh:

**Pembimbing I**

  
Ir. Sapta Nugraha, S.T., M.Eng  
NIDN. 0013048902

**Pembimbing II**

  
Rusfa, S.T., M.T  
NIDN. 0010048606


## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Perancangan Monitoring Berbasis *Internet of Things* dan Implementasi Algoritma *Naive Bayes* dalam Klasifikasi dan Prediksi Kualitas Udara di Kota Tanjungpinang  
Nama : Ratih Tomia  
NIM : 2101010053  
Program Studi : Teknik Elektro

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji dan dinyatakan lulus


pada tanggal, 4 Juli 2025

Susunan Tim Pembimbing


Pembimbing : 1. Ir. Sapta Nugraha, S.T., M.Eng. (  )

: 2. Rusfa, S.T., M.T. (  )

Susunan Tim Penguji

Ketua Penguji : Hollanda Arief Kusuma, S.IK., M.Si. (  )

Anggota Penguji : 1. Bavitra, S.Si., M.Si (  )

: 2. Basyaruddin Ismail Harahap, S.Pd., M.T (  )

Tanjungpinang, 4 Juli 2025

Dekan

Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman

Universitas Maritim Raja Ali Haji



  
Martaleli Bettiza, S.Si., M.Sc

NI-PPPK.197508282021212006

## SURAT PERNYATAAN ORISIONALITAS

Saya mahasiswa yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ratih Tomia  
NIM : 2101010053  
Tempat/Tanggal Lahir : Waesala / 14 September 2002

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang berjudul “Perancangan Monitoring Berbasis *Internet of Things* dan Implementasi Algoritma *Naive Bayes* dalam Klasifikasi dan Prediksi Kualitas Udara di Kota Tanjungpinang” adalah hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi, dan tidak menyalin sebagian atau seluruhnya karya orang lain. Segala bentuk kutipan yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini telah disebutkan sumbernya secara jelas dan sesuai dengan kaidah serta tata cara pengutipan ilmiah yang berlaku.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar dan terdapat pelanggaran terhadap ketentuan karya tulis ilmiah maupun hak kekayaan intelektual, saya bersedia menerima segala konsekuensi, termasuk penarikan kembali ijazah oleh Universitas Maritim Raja Ali Haji serta sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Tanjungpinang, 4 Juli 2025

Yang membuat pernyataan



Ratih Tomia

NIM. 2101010053

## MOTTO

"يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ"

(“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat.”)

— QS. Al-Mujadilah [58]: 11

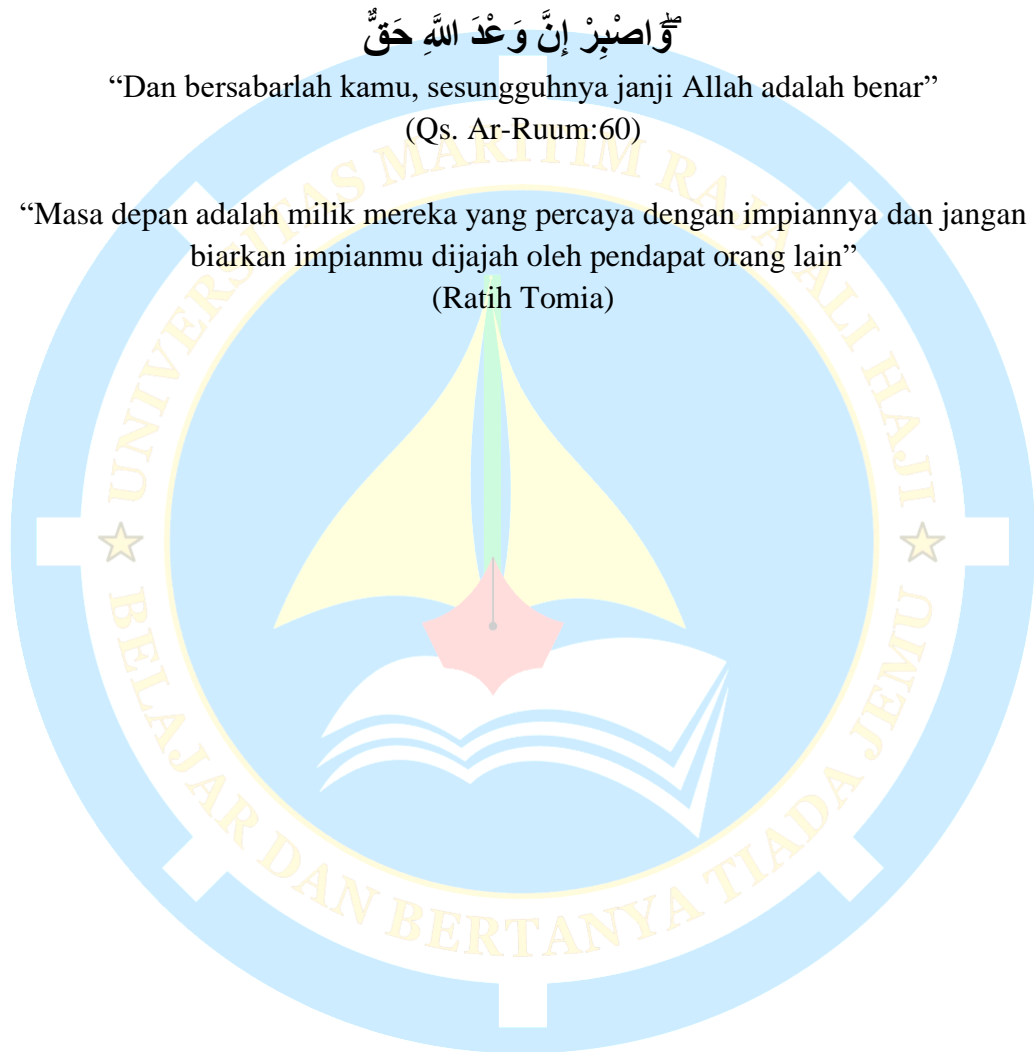
وَاصْبِرْ إِنَّ وَعْدَ اللَّهِ حَقٌّ

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar”

(Qs. Ar-Ruum:60)

“Masa depan adalah milik mereka yang percaya dengan impiannya dan jangan biarkan impianmu dijajah oleh pendapat orang lain”

(Ratih Tomia)



## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**“Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih, Maha Penyayang.”**

*Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji hanya milik-Mu ya Rabb atas segala kemudahan, limpahan rahmat yang begitu besar, dan karunia yang Engkau berikan selama ini. Dengan penuh rasa syukur, saya persembahkan skripsi ini untuk orang-orang yang luar biasa dan hebat, yang memiliki makna sangat berarti dalam hidup saya.*

### **1. Bapak dan Mama Tercinta, Bapak Lamuhaya Tomia dan Ibu Masita Rumadaul**

Terima kasih atas kasih sayang, doa, dan segala pengorbanan yang telah Ibu dan Bapak berikan kepada anak kedumu ini. Kalian adalah alasan utama yang memotivasiku untuk menyelesaikan pendidikan ini dengan sebaik-baiknya. Semoga kelak aku dapat menjadi pribadi yang membanggakan dan membahagiakan kalian.

### **2. Keluarga Besar dari Pihak Ibu dan Bapak**

Terima kasih atas segala semangat, doa, dan motivasi yang selalu kalian berikan. Semoga setiap kebaikan yang kalian tanamkan akan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT.

### **3. Bapak Ir. Sapta Nugraha, S.T., M.Eng.**

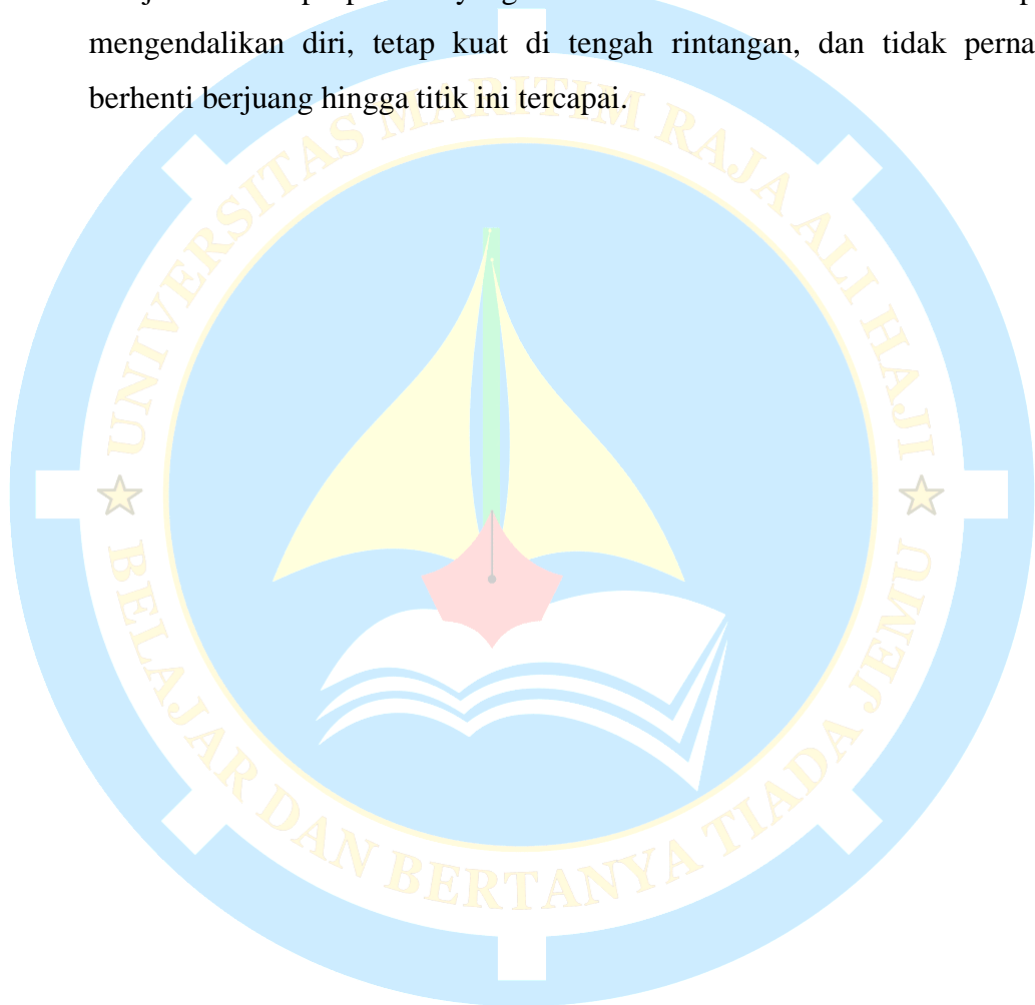
Sebagai Dosen Pembimbing I, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas waktu, ilmu, serta bimbingan yang Bapak berikan selama proses penelitian ini. Diskusi, arahan, dan dukungan Bapak sangat berarti dalam penyusunan skripsi ini.

### **4. Ibu Rusfa, S.T., M.T.**

Sebagai Dosen Pembimbing II, saya mengucapkan terima kasih atas ilmu, waktu, dan bimbingan yang Ibu berikan dalam setiap tahap proses penyelesaian skripsi ini. Semoga segala ilmu dan bantuan Ibu menjadi amal jariyah.

## 5. Diriku Sendiri

Dan yang terakhir, terima kasih kepada diri sendiri karena telah bertahan dan tidak menyerah dalam keadaan apa pun. Terima kasih karena telah memilih untuk terus melangkah, meski dihadapkan pada berbagai tekanan dan tantangan. Terima kasih kepada hati yang tetap tegar menghadapi berbagai macam karakter manusia di perkuliahan ini, dan tetap ikhlas menjalani setiap proses yang ada. Terima kasih karena mampu mengendalikan diri, tetap kuat di tengah rintangan, dan tidak pernah berhenti berjuang hingga titik ini tercapai.



## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul “Perancangan Monitoring berbasis *Internet of Things* dan Implementasi Algoritma *Naive Bayes* dalam Klasifikasi dan Prediksi Kualitas Udara di Kota Tanjungpinang”. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan berkah dan kesempatan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
2. Orang tua serta keluarga tercinta, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan motivasi tanpa henti dalam perjalanan akademik penulis.
3. Ibu Martaleli Bettiza, S.Si., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman Universitas Maritim Raja Ali Haji.
4. Bapak Hollanda Arief Kusuma, S.IK., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Informatika Universitas Maritim Raja Ali Haji, atas dukungan dan arahnya.
5. Bapak Ir. Sapta Nugraha, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I, atas bimbingan, arahan, serta waktu dan tenaga yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi.

6. Ibu Rusfa, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II dan Pembimbing Akademik, yang telah memberikan bimbingan sejak awal perkuliahan hingga tahap penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh tenaga pengajar di Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH), khususnya di Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, prodi Teknik Elektro, yang telah membagikan ilmu serta wawasan berharga selama masa perkuliahan.
8. Sahabat, serta rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Maritim Raja Ali Haji, yang telah memberikan dukungan moral dan motivasi selama proses penyusunan penelitian ini.
9. Kepada Geby Surya Dewi dan Ziko Barenza Perdana. Terimakasih telah kebersamai, ikut mengulurkan tangan dan tenaga yang membantu dan berperan penting dalam segala urusan disaat sebutuh-butuhnya bantuan dari awal perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak. Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Tanjungpinang, 4 Juli 2025



Ratih Tomia

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>SURAT PERNYATAAN ORISIONALITAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xix</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian .....	6
E. Manfaat Penelitian .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
A. Kajian Terdahulu.....	7
B. Landasan Teori.....	14
1. Kualitas Udara.....	14
2. <i>Analog to Digital Converter (ADC)</i> .....	16
3. Konversi Nilai PPM ke $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	17
4. <i>Internet of Things (IoT)</i> .....	17
5. <i>ThingSpeak</i> .....	18
6. <i>Cross-Validation</i> .....	19
7. <i>Naive Bayes</i> .....	19
8. <i>Confusion Matrix</i> .....	21
C. Komponen.....	24
1. Mikrokontroler ESP32 .....	24
2. Arduino IDE.....	25

3.	Sensor PMS5003 .....	25
4.	Sensor MQ7 .....	26
5.	Sensor MQ136 .....	27
6.	Sensor MQ2 .....	29
7.	Sensor MQ135 .....	30
8.	Modul <i>Micro SD Card</i> .....	31
9.	Panel Surya.....	31
10.	<i>Solar Charger Controller</i> (SCC) .....	32
11.	Baterai aki .....	33
12.	Modul <i>Step-Down</i> LM2596 .....	33
<b>III.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>34</b>
A.	Waktu dan Tempat Penelitian .....	34
B.	Alat dan Bahan.....	35
C.	Prosedur Penelitian.....	36
D.	Perancangan Sistem .....	39
E.	Pengolahan dan Analisis Data.....	42
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>49</b>
A.	Uji Fungsional.....	49
1.	Sensor MQ7 .....	49
2.	Sensor MQ2 .....	50
3.	Sensor MQ135 .....	50
4.	Sensor MQ136 .....	51
5.	Sensor PMS5003 .....	52
6.	Pengujian Modul <i>Micro SD Card</i> .....	53
7.	Pengujian <i>ThingSpeak</i> .....	54
B.	Pengembangan <i>firmware</i> .....	55
C.	Pengembangan <i>Hardware</i> .....	66
D.	Uji Laboratorium.....	68
1.	Kalibrasi Sensor MQ7.....	68
2.	Kalibrasi Sensor MQ2.....	70
3.	Kalibrasi Sensor MQ136.....	72

4.	Kalibrasi Sensor MQ135.....	73
5.	Kalibrasi Sensor PMS5003 .....	75
E.	Uji Keseluruhan Sistem.....	77
F.	Uji Lapangan.....	78
G.	Analisis Data .....	95
1.	Data Kualitas Udara .....	95
2.	Karakteristik Data .....	99
3.	Korelasi Antar Parameter Kualitas Udara.....	106
4.	<i>Preprocessing</i> Data.....	107
5.	<i>Cross Validation</i> .....	113
6.	<i>Hyperparameter Tuning</i> (Optimasi Model).....	115
7.	Evaluasi dan Pengujian Model.....	116
H.	Pembahasan.....	130
<b>V.</b>	<b>PENUTUP</b> .....	<b>138</b>
A.	Kesimpulan .....	138
B.	Saran.....	139
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>141</b>
	<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>149</b>

## DAFTAR GAMBAR

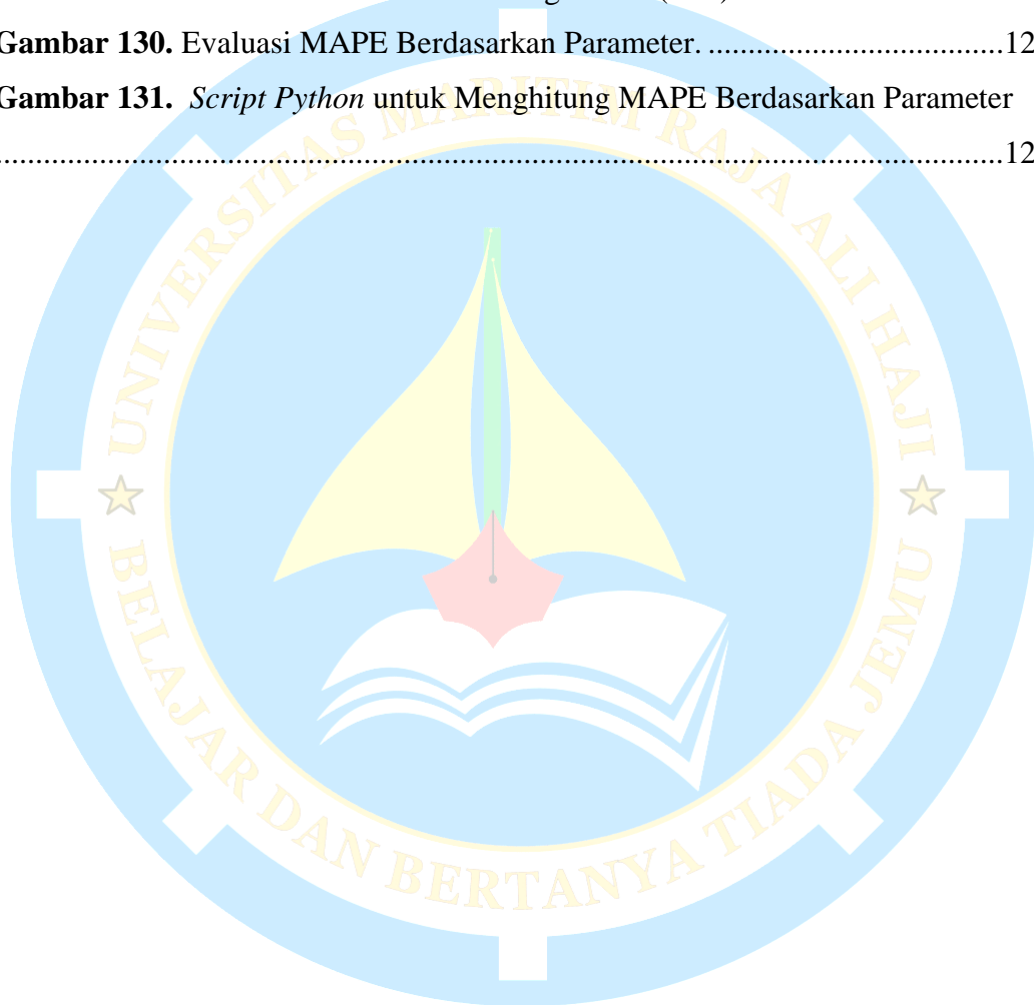
<b>Gambar 1.</b> <i>Ilustrasi Internet Of Things</i> .....	18
<b>Gambar 2.</b> <i>ThingSpeak</i> .....	18
<b>Gambar 3.</b> <i>Proses 5-fold Cross Validation</i> .....	19
<b>Gambar 4.</b> <i>Alur Metode Naive Bayes</i> .....	20
<b>Gambar 5.</b> <i>Mikrokontroler ESP32</i> .....	24
<b>Gambar 6.</b> <i>Software Arduino IDE</i> .....	25
<b>Gambar 7.</b> <i>Sensor PMS5003</i> .....	26
<b>Gambar 8.</b> <i>Sensor MQ7</i> .....	27
<b>Gambar 9.</b> <i>Sensor MQ136</i> .....	28
<b>Gambar 10.</b> <i>Sensor MQ2</i> .....	29
<b>Gambar 11.</b> <i>Sensor MQ135</i> .....	30
<b>Gambar 12.</b> <i>Modul Micro SD Card</i> .....	31
<b>Gambar 13.</b> <i>Panel Surya</i> .....	32
<b>Gambar 14.</b> <i>Solar Charger Controller (SCC)</i> .....	32
<b>Gambar 15.</b> <i>Baterai Aki</i> .....	33
<b>Gambar 16.</b> <i>Modul step-down LM2596</i> .....	33
<b>Gambar 17.</b> <i>Lokasi Perancangan Alat</i> .....	34
<b>Gambar 18.</b> <i>Lokasi Penelitian dan Pengambilan Data</i> .....	35
<b>Gambar 19.</b> <i>Diagram Alir Penelitian</i> .....	39
<b>Gambar 20.</b> <i>Diagram Blok Perancangan sistem</i> .....	40
<b>Gambar 21.</b> <i>Tampilan Luar Alat</i> .....	41
<b>Gambar 22.</b> <i>Tampak Dalam Alat</i> .....	41
<b>Gambar 23.</b> <i>Diagram Alur Rancangan Naive Bayes</i> .....	42
<b>Gambar 24.</b> <i>Rangkaian Pengujian sensor MQ7</i> .....	49
<b>Gambar 25.</b> <i>Serial Monitor</i> .....	49
<b>Gambar 26.</b> <i>Rangkaian Pengujian sensor MQ2</i> .....	50
<b>Gambar 27.</b> <i>Serial Monitor</i> .....	50
<b>Gambar 28.</b> <i>Rangkaian Pengujian sensor MQ135</i> .....	51
<b>Gambar 29.</b> <i>Serial Monitor</i> .....	51
<b>Gambar 30.</b> <i>Rangkaian Pengujian sensor MQ136</i> .....	51

<b>Gambar 31.</b> Serial Monitor.....	52
<b>Gambar 32.</b> Rangkaian Pengujian Sensor PMS5003 .....	52
<b>Gambar 33.</b> Serial Monitor.....	52
<b>Gambar 34.</b> Penggunaan <i>firmware example</i> dari <i>library</i> SD .....	53
<b>Gambar 35.</b> Rangkaian Pengujian ESP32 dan Modul Micro SD .....	54
<b>Gambar 36.</b> Hasil Uji Fungsionalitas Modul Micro SD.....	54
<b>Gambar 37.</b> Program Pengujian <i>ThingSpeak</i> .....	55
<b>Gambar 38.</b> Hasil Pengujian di Platform <i>ThingSpeak</i> .....	55
<b>Gambar 39.</b> Kode Program <i>Library</i> .....	56
<b>Gambar 40.</b> Konfigurasi Konstanta dan Pin.....	56
<b>Gambar 41.</b> Inisialisasi objek <i>WiFiUDP</i> dan <i>WiFiClient</i> .....	57
<b>Gambar 42.</b> Inisialisasi komunikasi serial untuk sensor PMS5003.....	58
<b>Gambar 43.</b> Variabel untuk menyimpan data.....	59
<b>Gambar 44.</b> Menginisialisasi koneksi <i>WiFi</i> .....	59
<b>Gambar 45.</b> Menginisialisasi modul microSD .....	60
<b>Gambar 46.</b> Kode Program Pengambilan Data .....	61
<b>Gambar 47.</b> Kode Program untuk Menampilkan Data Sensor .....	62
<b>Gambar 48.</b> Kode program pengiriman data sensor ke platform <i>ThingSpeak</i> .....	63
<b>Gambar 49.</b> Kode Program untuk Penyimpanan Data Sensor ke File .txt pada SD Card.....	64
<b>Gambar 50.</b> <i>Mode deep sleep</i> .....	64
<b>Gambar 51.</b> Fungsi <i>loop</i> .....	65
<b>Gambar 52.</b> Tampak Perangkat Dari Luar.....	67
<b>Gambar 53.</b> Tampak Perangkat Dari Dalam .....	67
<b>Gambar 54.</b> Proses Kalibrasi Sensor MQ7.....	68
<b>Gambar 55.</b> Akurasi dan <i>Error</i> dari Kalibrasi MQ7 .....	69
<b>Gambar 56.</b> Grafik Persamaan Regresi Linear Sensor MQ7.....	70
<b>Gambar 57.</b> Menempatkan Sensor dan Kalibrator kelubang knalpot.....	70
<b>Gambar 58.</b> Tampilan nilai kadar dari <i>HC-CO Tester</i> .....	71
<b>Gambar 59.</b> Grafik Persamaan Regresi Linear Sensor MQ2.....	72
<b>Gambar 60.</b> Akurasi dan <i>Error</i> kalibrasi MQ2 .....	72

<b>Gambar 61.</b> Proses Kalibrasi Sensor PMS5003 .....	75
<b>Gambar 62.</b> Akurasi dan <i>Error</i> Sensor PMS5003 kadar PM <sub>2,5</sub> .....	77
<b>Gambar 63.</b> Akurasi dan <i>Error</i> Sensor PMS5003 kadar PM <sub>10</sub> .....	77
<b>Gambar 64.</b> Peletakan Alat Uji Keseluruhan Sistem.....	78
<b>Gambar 65.</b> Peletakan Alat Pada Lokasi Penelitian .....	79
<b>Gambar 66.</b> <i>Dashboard ThingSpeak</i> Sistem Monitoring .....	79
<b>Gambar 67.</b> Grafik Data Kualitas Udara .....	80
<b>Gambar 68.</b> Konsentrasi CO Hari Pertama .....	81
<b>Gambar 69.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Pertama .....	81
<b>Gambar 70.</b> Konsentrasi CO Hari Kedua .....	82
<b>Gambar 71.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Kedua .....	82
<b>Gambar 72.</b> Konsentrasi CO Hari Ketiga .....	83
<b>Gambar 73.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Ketiga.....	83
<b>Gambar 74.</b> Konsentrasi CO Hari Keempat .....	84
<b>Gambar 75.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Keempat.....	84
<b>Gambar 76.</b> Konsentrasi CO Hari Kelima.....	85
<b>Gambar 77.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Kelima.....	85
<b>Gambar 78.</b> Konsentrasi CO Hari Keenam .....	86
<b>Gambar 79.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Keenam .....	86
<b>Gambar 80.</b> Konsentrasi CO Hari Ketujuh.....	87
<b>Gambar 81.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Ketujuh.....	87
<b>Gambar 82.</b> Konsentrasi CO Hari Kedelapan .....	88
<b>Gambar 83.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Kedelapan .....	88
<b>Gambar 84.</b> Konsentrasi CO Hari Kesembilan .....	89
<b>Gambar 85.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Kesembilan .....	89
<b>Gambar 86.</b> Konsentrasi CO Hari Kesepuluh .....	90
<b>Gambar 87.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Kesepuluh .....	90
<b>Gambar 88.</b> Konsentrasi CO Hari Kesebelas .....	91
<b>Gambar 89.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Kesebelas .....	91
<b>Gambar 90.</b> Konsentrasi CO Hari Kedua Belas .....	92
<b>Gambar 91.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Kedua Belas .....	92

<b>Gambar 92.</b> Konsentrasi CO Hari Ketiga Belas .....	93
<b>Gambar 93.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Ketiga Belas .....	93
<b>Gambar 94.</b> Konsentrasi CO Hari Keempat Belas .....	94
<b>Gambar 95.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Keempat Belas .....	94
<b>Gambar 96.</b> Konsentrasi CO Hari Kelima Belas .....	95
<b>Gambar 97.</b> Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , HC, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> Hari Kelima Belas .....	95
<b>Gambar 98.</b> Grafik Kategori ISPU Harian .....	99
<b>Gambar 99.</b> Pola Grafik Data CO .....	100
<b>Gambar 100.</b> Plot Parameter CO .....	100
<b>Gambar 101.</b> Pola Grafik Data PM <sub>2,5</sub> .....	101
<b>Gambar 102.</b> Plot Parameter PM <sub>2,5</sub> .....	101
<b>Gambar 103.</b> Pola Grafik Data PM <sub>10</sub> .....	102
<b>Gambar 104.</b> Plot Parameter PM <sub>10</sub> .....	102
<b>Gambar 105.</b> Pola Grafik Data HC .....	103
<b>Gambar 106.</b> Plot Parameter HC .....	103
<b>Gambar 107.</b> Pola Grafik Data NO <sub>2</sub> .....	104
<b>Gambar 108.</b> Plot Parameter NO <sub>2</sub> .....	104
<b>Gambar 109.</b> Pola Grafik Data SO <sub>2</sub> .....	105
<b>Gambar 110.</b> Plot Parameter SO <sub>2</sub> .....	105
<b>Gambar 111.</b> Matriks Korelasi Antar Parameter Kualitas Udara .....	106
<b>Gambar 112.</b> Kode Program <i>Library</i> .....	108
<b>Gambar 113.</b> Kode Program Import Data .....	109
<b>Gambar 114.</b> Kode Program Cek Data .....	109
<b>Gambar 115.</b> Struktur Data .....	110
<b>Gambar 116.</b> Kode Program Inisiasi <i>K-Fold Cross Validation</i> .....	113
<b>Gambar 117.</b> Hasil akurasi menggunakan <i>5 Fold Cross Validation</i> .....	114
<b>Gambar 118.</b> Hasil <i>Best Model</i> dari Parameter <i>Tuning</i> .....	116
<b>Gambar 119.</b> Hasil Akurasi Model .....	116
<b>Gambar 120.</b> Akurasi <i>Confusion Matrix</i> pada Data <i>Testing</i> .....	117
<b>Gambar 121.</b> <i>Confusion Matrix</i> .....	117
<b>Gambar 122.</b> Kode Prediksi Tujuh Hari dengan <i>Gaussian Naive Bayes</i> .....	121

<b>Gambar 123.</b> Potongan Kode Visualisasi Data Kualitas Udara .....	121
<b>Gambar 124.</b> Visualisasi Prediksi dan Pengukuran (CO).....	122
<b>Gambar 125.</b> Visualisasi Prediksi dan Pengukuran (PM <sub>2,5</sub> ).....	123
<b>Gambar 126.</b> Visualisasi Prediksi dan Pengukuran (PM <sub>10</sub> ).....	123
<b>Gambar 127.</b> Visualisasi Prediksi dan Pengukuran (HC).....	124
<b>Gambar 128.</b> Visualisasi Prediksi dan Pengukuran (NO <sub>2</sub> ).....	124
<b>Gambar 129.</b> Visualisasi Prediksi dan Pengukuran (SO <sub>2</sub> ).....	125
<b>Gambar 130.</b> Evaluasi MAPE Berdasarkan Parameter. ....	126
<b>Gambar 131.</b> <i>Script Python</i> untuk Menghitung MAPE Berdasarkan Parameter .....	127



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan .....	12
<b>Tabel 2.</b> Nilai konsentrasi Parameter ISPU .....	15
<b>Tabel 3.</b> Indeks Kualitas Udara .....	16
<b>Tabel 4.</b> <i>Confusion Matrix</i> untuk Klasifikasi Biner .....	22
<b>Tabel 5.</b> <i>Confusion Matrix</i> untuk Klasifikasi Tiga Kelas.....	22
<b>Tabel 6.</b> Spesifikasi ESP32.....	24
<b>Tabel 7.</b> Spesifikasi Sensor PMS5003.....	26
<b>Tabel 8.</b> Spesifikasi Sensor MQ7 .....	27
<b>Tabel 9.</b> Spesifikasi Sensor MQ136 .....	28
<b>Tabel 10.</b> Spesifikasi Sensor MQ2 .....	29
<b>Tabel 11.</b> Spesifikasi Sensor MQ135 .....	30
<b>Tabel 12.</b> Alat yang digunakan dalam Penelitian.....	35
<b>Tabel 13.</b> Bahan yang Digunakan dalam Penelitian.....	36
<b>Tabel 14.</b> Kriteria MAPE .....	48
<b>Tabel 15.</b> Hasil Pengujian sensor MQ7 .....	69
<b>Tabel 16.</b> Hasil Pengujian Sensor MQ2 .....	71
<b>Tabel 17.</b> Hasil Pengujian PMS5003 Parameter $PM_{2.5}$ .....	75
<b>Tabel 18.</b> Hasil Pengujian PMS5003 Parameter $PM_{10}$ .....	76
<b>Tabel 19.</b> Data pengukuran rata-rata di jam pertama .....	96
<b>Tabel 20.</b> Data perhitungan ISPU di jam pertama.....	96
<b>Tabel 21.</b> Penambahan kolom <i>max</i> , <i>critical</i> , dan <i>category</i> .....	98
<b>Tabel 22.</b> Jumlah Kategori Data Kualitas Udara.....	98
<b>Tabel 23.</b> Lima Data Awal Hasil Normalisasi Kualitas Udara .....	111
<b>Tabel 24.</b> Jumlah Pembagian Data <i>Training</i> dan Data <i>Testing</i> .....	111
<b>Tabel 25.</b> <i>Confusion Matrix Naive Bayes</i> pengujian 1 (60:40) .....	112
<b>Tabel 26.</b> <i>Confusion Matrix Naive Bayes</i> pengujian 2 (70:30) .....	112
<b>Tabel 27.</b> <i>Confusion Matrix Naive Bayes</i> pengujian 3 (80:20) .....	112
<b>Tabel 28.</b> <i>Confusion Matrix Naive Bayes</i> pengujian 4 (90:10) .....	112
<b>Tabel 29.</b> Nilai dengan empat pembagian rasio data.....	113
<b>Tabel 30.</b> Hasil <i>Cross-Validation</i> pada Setiap <i>Fold</i> dengan Rasio Data 80:20...114	

<b>Tabel 31.</b> <i>Confusion Matrix</i> 3x3.....	118
<b>Tabel 32.</b> MAPE per parameter.....	128
<b>Tabel 33.</b> Kategori Data Lapangan.....	129

