

**ANALISIS PERBANDINGAN REKAYASA *CODE* PERANGKAT LUNAK
TERHADAP AKURASI SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA
BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi Teknik Komputer



disusun oleh

DEVITA NELA APRILIA

21.83.0746

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2025

**ANALISIS PERBANDINGAN REKAYASA *CODE* PERANGKAT LUNAK
TERHADAP AKURASI SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA
BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi Teknik Komputer



disusun oleh

DEVITA NELA APRILIA

21.83.0746

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2025

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN REKAYASA *CODE* PERANGKAT
LUNAK TERHADAP AKURASI SISTEM PEMANTAUAN
KUALITAS UDARA BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32**

yang disusun dan diajukan oleh

Devita Nela Aprilia

21.83.0746

telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
pada tanggal 31 Januari 2025

Dosen Pembimbing,



Tonny Hidayat, S.Kom., M.Kom., Ph.D.

NIK. 190302182

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN REKAYASA *CODE* PERANGKAT
LUNAK TERHADAP AKURASI SISTEM PEMANTAUAN
KUALITAS UDARA BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32**

yang disusun dan diajukan oleh

Devita Nela Aprilia

21.83.0746

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 31 Januari 2025

Susunan Dewan Penguji

Nama Penguji

Tanda Tangan

Dony Ariyus, S.S., M.Kom.
NIK. 190302128

Jeki Kuswanto, M.Kom.
NIK. 190302456

Tonny Hidayat, S.Kom., M.Kom., Ph.D.
NIK. 190302182



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Tanggal 31 Januari 2024

DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER



Hanif Al Fatta, S.Kom., M.Kom., Ph.D.
NIK. 190302096

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Devita Nela Aprilia
NIM : 21.83.0746

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul berikut:

ANALISIS PERBANDINGAN REKAYASA *CODE* PERANGKAT LUNAK TERHADAP AKURASI SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32

Dosen Pembimbing : Tonny Hidayat, S.Kom., M.Kom., Ph.D

1. Karya tulis ini adalah benar-benar ASLI dan BELUM PERNAH diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas AMIKOM Yogyakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian SAYA sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini.
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab SAYA, bukan tanggung jawab Universitas AMIKOM Yogyakarta.
5. Pernyataan ini SAYA buat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka SAYA bersedia menerima SANKSI AKADEMIK dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Yogyakarta,

Yang Menyatakan,


Devita Nela Aprilia

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya, karya ini saya persembahkan kepada:

1. **Kedua Orang Tua Tercinta,**

Wawan Setiawan dan Winarsih Wijati, atas doa, cinta, dukungan, serta pengorbanan yang tiada henti untuk keberhasilan saya. Terima kasih telah menjadi sumber kekuatan dan inspirasi dalam setiap langkah saya.

2. **Bapak Tonny Hidayat, S.Kom., M.Kom., Ph.D,**

Selaku dosen pembimbing, atas kesabaran, arahan, dan bimbingannya selama penyelesaian skripsi ini.

3. **Seluruh Dosen dan Staf Universitas AMIKOM Yogyakarta,**

Atas segala ilmu dan pengalaman yang telah diberikan selama masa studi saya.

4. **Sahabat dan Rekan Seperjuangan,**

Yang selalu memberikan motivasi, dukungan, serta kebersamaan yang tak terlupakan selama masa perkuliahan.

5. **Almamater Universitas AMIKOM Yogyakarta,**

Yang telah menjadi tempat saya untuk belajar dan berkembang selama ini. Semoga karya ini menjadi awal langkah kecil untuk berkontribusi bagi ilmu pengetahuan dan kehidupan yang lebih baik.

Yogyakarta, 17 Januari 2025

Devita Nela Aprilia

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat dan petunjuk-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “ANALISIS PERBANDINGAN REKAYASA CODE PERANGKAT LUNAK TERHADAP AKURASI SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana (S1) di Program Studi Teknik Komputer di Universitas Amikom Yogyakarta.

Pada kesempatan ini, saya ingin mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada:

1. Allah Swt. atas limpahan nikmat lahir dan batin yang peneliti syukuri sehingga peneliti dapat menjalani hidup ini dengan lancar dan istiqomah dalam menghadapi tantangan pahit dan manis.
2. Kedua orang tua peneliti, Wawan Setiawan. dan Winarsih Wijati yang telah mendukung segala pilihan dalam hidup peneliti tanpa sedikit penyesalan, selalu berjuang demi kebutuhan peneliti apapun jenis dan bentuknya. Terima kasih telah menciptakan keluarga kecil yang penuh arti;
3. Tonny Hidayat, S.Kom., M.Kom., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing, atas bimbingan, arahan, dan dukungan yang telah diberikan selama proses penulisan skripsi ini.
4. Semua dosen dan staf pengajar di Program Studi Teknik Komputer yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sangat berarti.
5. Nauval Irfansyah, yang telah menemani peneliti untuk berproses bersama dukungan dan tekanan yang selalu diberikan.

Yogyakarta, 17 Januari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
INTISARI.....	xxiii
<i>ABSTRACT</i>	xxiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Dasar Teori.....	7
2.1.1 Indeks Standar Kualitas Udara (ISPU)	7
2.1.2 Internet of things	7

2.1.3	Arduino IDE.....	8
2.1.4	Bahasa pemrograman C/C++	8
2.1.5	NodeMCU ESP32	9
2.1.6	Sensor MQ-07	10
2.1.7	Sensor MQ-135	11
2.1.8	Sensor debu GP2Y1010AU0F	12
2.1.9	Komunikasi Data.....	13
2.1.10	Blynk.....	14
2.2	Penelitian terkait	14
2.2.1.	Internet of things (IoT) untuk Pemantauan Kualitas Udara	14
2.2.2.	Sensor untuk Pemantauan Kualitas Udara	14
2.2.3.	Pengaruh Optimasi Rekayasa Code pada Akurasi Data	15
BAB III METODE PENELITIAN		18
3.1	Objek Penelitian.....	18
3.2	Alur Penelitian	18
3.3	Alat dan Bahan.....	22
3.3.1	Data Penelitian	22
3.3.2	Alat/instrumen.....	33
3.4	Skenario Percobaan.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1.	Hasil Perancangan Alat.....	37
4.2.	Perhitungan Hasil Pengujian Berdasarkan ISPU	38
4.2.1.	Perhitungan ISPU menggunakan <i>code</i> ke-1:	40
4.2.2.	Perhitungan ISPU menggunakan <i>code</i> ke-2.....	44
4.2.3.	Perbandingan kategori kualitas udara	48

4.3.	Pengujian Sistem Terintegrasi	50
4.3.1.	Rumus Penghitungan Rata-Rata dan Persentase <i>Error</i>	51
4.3.2.	Pengujian di kualitas udara baik	52
4.3.3.	Pengujian di kualitas udara sedang	55
4.3.4.	Pengujian di kualitas udara buruk	59
4.3.5.	Pengujian di kualitas udara sangat buruk.....	62
4.4.	Analisis Perbandingan <i>Code</i> Program	65
4.4.1.	Akurasi pada Sensor MQ-7 (Karbon Monoksida)	65
4.4.2.	Akurasi pada Sensor MQ-135 (Karbon Dioksida).....	65
4.4.3.	Akurasi pada Sensor GP2Y1010AU0F (PM10)	66
4.4.4.	Kesimpulan analisis perbandingan <i>code</i> program	67
BAB V PENUTUP.....		71
5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran.....	71
REFERENSI		74

DAFTAR LAMPIRAN

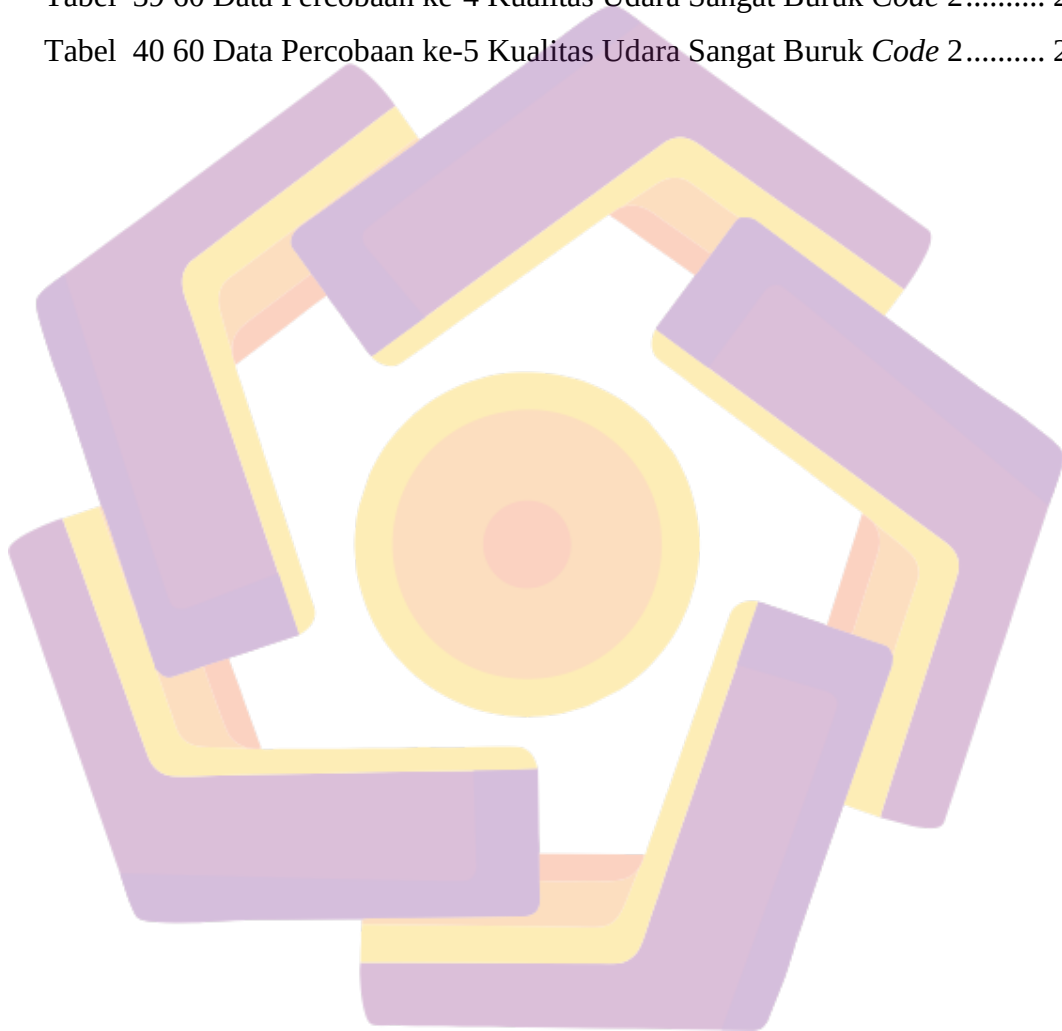
REFERENSI	74
LAMPIRAN A Listing <i>Code A</i>	81
LAMPIRAN B Listing <i>Code B</i>	84
LAMPIRAN C <i>Library</i> MQUnifiedsensor MQ-135 & MQ-7 by Miguel A. Califa U.....	87
LAMPIRAN D <i>LIBRARY</i> MQ-135 BY GEORG KROKER.....	93
LAMPIRAN E <i>LIBRARY</i> MQ-7 BY FERGUS BAKER.....	95
LAMPIRAN F <i>LIBRARY</i> SENSOR DUST GP2Y1010AU0F BY TIMO THUN	97
LAMPIRAN G <i>LIBRARY</i> SENSOR DUST GP2Y1010AU0F-MASTER BY MICKEY CHAN.....	98
LAMPIRAN H TABEL DATA KUALITAS UDARA BAIK <i>CODE 1</i>	100
LAMPIRAN I TABEL DATA KUALITAS UDARA BAIK <i>CODE 2</i>	112
LAMPIRAN J TABEL DATA KUALITAS UDARA SEDANG <i>CODE 1</i>	127
LAMPIRAN K TABEL DATA KUALITAS UDARA SEDANG <i>CODE 2</i>	140
LAMPIRAN L TABEL DATA KUALITAS UDARA BURUK <i>CODE 1</i>	153
LAMPIRAN M TABEL DATA KUALITAS UDARA BURUK <i>CODE 2</i>	166
LAMPIRAN N TABEL <i>DATA KUALITAS</i> UDARA SANGAT BURUK <i>CODE 1</i>	179
LAMPIRAN O TABEL DATA KUALITAS UDARA SANGAT BURUK <i>CODE 2</i>	193
LAMPIRAN P Foto hasil perbandingan sistem dengan alat konvensional	207

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sensor MQ-7	10
Tabel 2. 2 Karakteristik Sensor MQ-135	11
Tabel 2. 3 Keaslian Penelitian.....	16
 Tabel 3. 1 Tabel Perbandingan kedua <i>Code</i>	31
 Tabel 2. 1 Spesifikasi Sensor MQ-7	10
Tabel 2. 2 Karakteristik Sensor MQ-135	11
Tabel 2. 3 Keaslian Penelitian.....	16
Tabel 3. 1 Tabel Perbandingan kedua <i>Code</i>	31
Tabel 4. 1 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Baik <i>Code</i> 1	46
Tabel 4. 2 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Baik <i>Code</i> 2	47
Tabel 4. 3 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Sedang <i>Code</i> 1	49
Tabel 4. 4 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Sedang <i>Code</i> 2	51
Tabel 4. 5 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Buruk <i>Code</i> 1	52
Tabel 4. 6 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Buruk <i>Code</i> 2	54
Tabel 4. 7 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code</i> 1	56
Tabel 4. 8 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code</i> 2	57
Tabel 4. 1 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Baik <i>Code</i> 1	52
Tabel 4. 2 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Baik <i>Code</i> 2	54
Tabel 4. 3 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Sedang <i>Code</i> 1	56
Tabel 4. 4 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Sedang <i>Code</i> 2	57
Tabel 4. 5 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Buruk <i>Code</i> 1	59
Tabel 4. 6 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Buruk <i>Code</i> 2	61
Tabel 4. 7 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code</i> 1	62
Tabel 4. 8 Data Persentase <i>Error</i> Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code</i> 2	64
 Tabel 1 60 Data Percobaan ke-1 Kualitas Udara Baik <i>Code</i> 1	100
Tabel 2 60 Data Percobaan ke-2 Kualitas Udara Baik <i>Code</i> 1	102

Tabel 3 60 Data Percobaan ke-3 Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i>	105
Tabel 4 60 Data Percobaan ke-4 Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i>	107
Tabel 5 60 Data Percobaan ke-5 Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i>	110
Tabel 6 60 Data Percobaan ke-1 Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	112
Tabel 7 60 Data Percobaan ke-2 Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	115
Tabel 8 60 Data Percobaan ke-3 Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	118
Tabel 9 60 Data Percobaan ke-4 Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	121
Tabel 10 60 Data Percobaan ke-5 Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	124
Tabel 11 60 Data Percobaan ke-1 Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	127
Tabel 12 60 Data Percobaan ke-2 Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	129
Tabel 13 60 Data Percobaan ke-3 Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	132
Tabel 14 60 Data Percobaan ke-4 Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	134
Tabel 15 60 Data Percobaan ke-5 Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	137
Tabel 16 60 Data Percobaan ke-1 Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	140
Tabel 17 60 Data Percobaan ke-2 Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	142
Tabel 18 60 Data Percobaan ke-3 Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	145
Tabel 19 60 Data Percobaan ke-4 Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	147
Tabel 20 60 Data Percobaan ke-5 Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	150
Tabel 21 60 Data Percobaan ke-1 Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	153
Tabel 22 60 Data Percobaan ke-2 Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	155
Tabel 23 60 Data Percobaan ke-3 Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	158
Tabel 24 60 Data Percobaan ke-4 Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	160
Tabel 25 60 Data Percobaan ke-5 Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	163
Tabel 26 60 Data Percobaan ke-1 Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	166
Tabel 27 60 Data Percobaan ke-2 Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	168
Tabel 28 60 Data Percobaan ke-3 Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	171
Tabel 29 60 Data Percobaan ke-4 Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	173
Tabel 30 60 Data Percobaan ke-5 Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	176
Tabel 31 60 Data Percobaan ke-1 Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	179
Tabel 32 60 Data Percobaan ke-2 Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	181
Tabel 33 60 Data Percobaan ke-3 Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	184

Tabel 34	60 Data Percobaan ke-4 Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	186
Tabel 35	60 Data Percobaan ke-5 Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	189
Tabel 36	60 Data Percobaan ke-1 Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 2</i>	193
Tabel 37	60 Data Percobaan ke-2 Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 2</i>	195
Tabel 38	60 Data Percobaan ke-3 Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 2</i>	198
Tabel 39	60 Data Percobaan ke-4 Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 2</i>	201
Tabel 40	60 Data Percobaan ke-5 Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 2</i>	203



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).	7
Gambar 2. 2 ESP32	9
Gambar 2. 3 Gambar Rangkaian Skematik Sensor Debu GP2Y1010AU0F	12
Gambar 2. 4 Sensor Debu GP2Y1010AU0F	13
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian	19
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem	19
Gambar 3. 3 Diagram Alur Perangkat Lunak	20
Gambar 3. 4 Skema Rangkaian.....	21
Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Alat	37
Gambar 4. 2 Grafik PM10 Persentase <i>Error</i>	67
Gambar 4. 3 Grafik CO2 Persentase <i>Error</i>	68
Gambar 4. 4 Grafik CO Persentase <i>Error</i>	68
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Perhitungan Manual ISPU.....	69
Gambar 1 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i>	101
Gambar 2 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i> ..	102
Gambar 3 Grafik Kadar CO Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i>	102
Gambar 4 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i>	104
Gambar 5 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i> ..	104
Gambar 6 Grafik Kadar CO Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i>	104
Gambar 7 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i>	106
Gambar 8 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i> ..	107
Gambar 9 Grafik Kadar CO Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i>	107
Gambar 10 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i>	109
Gambar 11 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i>	109

Gambar 12 Grafik Kadar CO Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i> ..	109
Gambar 13 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i>	111
Gambar 14 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i>	112
Gambar 15 Grafik Kadar CO Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Baik <i>Code 1</i> ..	112
Gambar 16 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	114
Gambar 17 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	114
Gambar 18 Grafik Kadar CO Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i> ..	115
Gambar 19 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	117
Gambar 20 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	117
Gambar 21 Grafik Kadar CO Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i> ..	117
Gambar 22 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	120
Gambar 23 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	120
Gambar 24 Grafik Kadar CO Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i> ..	120
Gambar 25 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	123
Gambar 26 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	123
Gambar 27 Grafik Kadar CO Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i> ..	123
Gambar 28 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	125
Gambar 29 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i>	126
Gambar 30 Grafik Kadar CO Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Baik <i>Code 2</i> ..	126
Gambar 31 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	128
Gambar 32 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	129
Gambar 33 Grafik Kadar CO Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	129

Gambar 34 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	131
Gambar 35 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	131
Gambar 36 Grafik Kadar CO Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	131
Gambar 37 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	133
Gambar 38 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	134
Gambar 39 Grafik Kadar CO Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	134
Gambar 40 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	136
Gambar 41 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	136
Gambar 42 Grafik Kadar CO Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	136
Gambar 43 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	138
Gambar 44 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	139
Gambar 45 Grafik Kadar CO Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 1</i>	139
Gambar 46 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	141
Gambar 47 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	142
Gambar 48 Grafik Kadar CO Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	142

Gambar 49 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	144
Gambar 50 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke- di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	144
Gambar 51 Grafik Kadar CO Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	144
Gambar 52 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	146
Gambar 53 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	147
Gambar 54 Grafik Kadar CO Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	147
Gambar 55 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	149
Gambar 56 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	149
Gambar 57 Grafik Kadar CO Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	149
Gambar 58 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	151
Gambar 59 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	152
Gambar 60 Grafik Kadar CO Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Sedang <i>Code 2</i>	152
Gambar 61 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	154
Gambar 62 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	155
Gambar 63 Grafik Kadar CO Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	155
Gambar 64 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	157

Gambar 65 Grafik Kadar CO ₂ Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	157
Gambar 66 Grafik Kadar CO Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	157
Gambar 67 Grafik Kadar PM ₁₀ Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	159
Gambar 68 Grafik Kadar CO ₂ Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	160
Gambar 69 Grafik Kadar CO Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	160
Gambar 70 Grafik Kadar PM ₁₀ Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	162
Gambar 71 Grafik Kadar CO Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	162
Gambar 72 Grafik Kadar CO Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	162
Gambar 73 Grafik Kadar PM ₁₀ Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	164
Gambar 74 Grafik Kadar CO ₂ Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	165
Gambar 75 Grafik Kadar CO Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 1</i>	165
Gambar 76 Grafik Kadar PM ₁₀ Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	167
Gambar 77 Grafik Kadar CO ₂ Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	168
Gambar 78 Grafik Kadar CO Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	168
Gambar 79 Grafik Kadar PM ₁₀ Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	170
Gambar 80 Grafik Kadar CO ₂ Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	170
Gambar 81 Grafik Kadar CO Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	170
Gambar 82 Grafik Kadar PM ₁₀ Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	172
Gambar 83 Grafik Kadar CO ₂ Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	173

Gambar 84 Grafik Kadar CO Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	173
Gambar 85 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	175
Gambar 86 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	175
Gambar 87 Grafik Kadar CO Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	175
Gambar 88 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	177
Gambar 89 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	178
Gambar 90 Grafik Kadar CO Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Buruk <i>Code 2</i>	178
Gambar 91 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	180
Gambar 92 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	181
Gambar 93 Grafik Kadar CO Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	181
Gambar 94 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	183
Gambar 95 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	183
Gambar 96 Grafik Kadar CO Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	184
Gambar 97 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	186
Gambar 98 Grafik Kadar CO2 Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	186
Gambar 99 Grafik Kadar CO Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	186
Gambar 100 Grafik Kadar PM10 Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 1</i>	188

Gambar 101 Grafik Kadar CO ₂ Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 1	189
Gambar 102 Grafik Kadar CO Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 1	189
Gambar 103 Grafik Kadar PM ₁₀ Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 1	191
Gambar 104 Grafik Kadar CO ₂ Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 1	191
Gambar 105 Grafik Kadar CO Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 1	192
Gambar 106 Grafik Kadar PM ₁₀ Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 2	194
Gambar 107 Grafik Kadar CO ₂ Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 2	195
Gambar 108 Grafik Kadar CO Percobaan ke-1 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 2	195
Gambar 109 Grafik Kadar PM ₁₀ Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 2	197
Gambar 110 Grafik Kadar CO Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 2	197
Gambar 111 Grafik Kadar CO Percobaan ke-2 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 2	198
Gambar 112 Grafik Kadar PM ₁₀ Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 2	200
Gambar 113 Grafik Kadar CO ₂ Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 2	200
Gambar 114 Grafik Kadar CO Percobaan ke-3 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 2	200
Gambar 115 Grafik Kadar PM ₁₀ Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Sangat Buruk Code 2	202

Gambar 116 Grafik Kadar CO ₂ Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 2</i>	203
Gambar 117 Grafik Kadar CO Percobaan ke-4 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 2</i>	203
Gambar 118 Grafik Kadar PM ₁₀ Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 2</i>	205
Gambar 119 Grafik Kadar CO ₂ Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 2</i>	205
Gambar 120 Grafik Kadar CO Percobaan ke-5 di Kualitas Udara Sangat Buruk <i>Code 2</i>	206
Gambar 121 Percobaan ke-1	207
Gambar 122 Percobaan ke-2	207
Gambar 123 Percobaan ke-3	207
Gambar 124 Percobaan ke-4	207
Gambar 125 Percobaan ke-5	207
Gambar 126 Percobaan ke-5	208
Gambar 127 Percobaan ke-3	208
Gambar 128 Percobaan ke-4	208
Gambar 129 Percobaan ke-1	208
Gambar 130 Percobaan ke-2	208
Gambar 131 Percobaan ke-1	209
Gambar 132 Percobaan ke-2	209
Gambar 133 Percobaan ke-3	209
Gambar 134 Percobaan ke-4	209
Gambar 135 Percobaan ke-5	209
Gambar 136 Percobaan ke-2	210
Gambar 137 Percobaan ke-1	210
Gambar 138 Percobaan ke-3	210
Gambar 139 Percobaan ke-4	210
Gambar 140 Percobaan ke-5	210
Gambar 141 Percobaan ke-2	211

Gambar 142 Percobaan ke-1	211
Gambar 143 Percobaan ke-3	211
Gambar 144 Percobaan ke-4	211
Gambar 145 Percobaan ke-5	211
Gambar 146 Percobaan ke-1	212
Gambar 147 Percobaan ke-2	212
Gambar 148 Percobaan ke-3	212
Gambar 149 Percobaan ke-4	212
Gambar 150 Percobaan ke-5	212
Gambar 151 Percobaan ke-1	213
Gambar 152 Percobaan ke-2	213
Gambar 153 Percobaan ke-3	213
Gambar 154 Percobaan ke-4	213
Gambar 155 Percobaan ke-5	213
Gambar 156 Percobaan ke-1	214
Gambar 160 Percobaan ke-5	214
Gambar 157 Percobaan ke-4	214
Gambar 158 Percobaan ke-2	214
Gambar 159 Percobaan ke-3	214

INTISARI

Pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi kebutuhan penting untuk mengatasi polusi udara yang berdampak pada kesehatan manusia. Penelitian ini menyoroti peran krusial rekayasa *code* perangkat lunak dan pemilihan *library* dalam meningkatkan akurasi sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan modul ESP32. Sistem ini menggunakan sensor MQ-7, MQ-135, dan GP2Y1010AU0F untuk mengukur karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan partikel debu (PM10).

Optimasi rekayasa *code* terbukti meningkatkan akurasi data secara signifikan. Pada pengukuran kadar CO₂ dengan sensor MQ-135, *code* pertama memiliki rata-rata *error* 3,5015%, sedangkan *code* kedua hanya 0,7315%. Untuk kadar PM10 dengan sensor GP2Y1010AU0F, *error* pada *code* pertama mencapai 90,373%, sementara *code* kedua hanya 10,084%. Pada kondisi udara buruk, *error* kadar PM10 turun menjadi 9,16% dengan metode rata-rata dan kadar CO dengan sensor MQ-7 menunjukkan akurasi tinggi dengan *error* 37,09% (*code* pertama) dan 7,63% (*code* kedua). Pemilihan *library* yang mendukung koreksi suhu dan kelembapan membantu menurunkan *error* kadar CO₂ menjadi 0,57% pada kondisi udara sedang.

Hasil ini menunjukkan bahwa optimasi perangkat lunak, termasuk algoritma dan pemilihan *library* yang tepat, memainkan peran penting dalam meningkatkan akurasi dan stabilitas data sensor. Penelitian ini memberikan panduan untuk pengembangan sistem IoT yang lebih efektif dan efisien.

Kata kunci: *Internet of things*, ESP32, pemantauan kualitas udara, sensor, rekayasa perangkat lunak.

ABSTRACT

Internet of Things (IoT)-based air quality monitoring is becoming a critical need to address air pollution that impacts human health. This research highlights the crucial role of software code engineering and libraries selection in improving the accuracy of Internet of Things(IoT)-based air quality monitoring system using ESP32 module. The system uses MQ-7, MQ-135, and GP2Y1010AU0F sensors to measure carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), and dust particles (PM10).

Code engineering optimization is proven to significantly improve data accuracy. In measuring CO₂ levels with the MQ-135 sensor, the first code has an average error of 3.5015%, while the second code is only 0.7315%. For PM10 levels with the GP2Y1010AU0F sensor, the error in the first code reached 90.373%, while the second code was only 10.084%. In a bad air conditions, the PM10 error drops to 9,16% with the average method and CO levels with the MQ-7 sensor show high accuracy with errors of 37.09% (first code) and 7.63% (second code). The selection of a library that supports temperature and humidity correction helped reduce the CO₂ error to 0,57% in moderate air conditions.

These results show that software optimization, including proper algorithm and libraries selection, plays an important role in improving the accuracy and stability of sensor data. This research provides guidance for the development of more effective and efficient IoT systems.

Keywords: *Internet of things, ESP32, air quality monitoring, sensors, software engineering.*