



© 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



**RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN DINI
KUALITAS UDARA BERBASIS APLIKASI ANDROID
MENGUNAKAN ANTENA MIKROSTRIP *TRIANGULAR
PATCH ARRAY* 1X2 2,4 GHz**

“Rancang Bangun Prototype Alat dan Antena Mikrostrip *Triangular Patch Array* 1x2 Frekuensi 2,4 GHz untuk Sistem Peringatan Udara PM1, PM2.5 dan PM10”

TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Najwa Arliyana

2303332039

PROGRAM STUDI TELEKOMUNIKASI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



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



**RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN DINI
KUALITAS UDARA BERBASIS APLIKASI ANDROID
MENGUNAKAN ANTENA MIKROSTRIP *TRIANGULAR*
PATCH ARRAY 1X2 2,4 GHz**

“Rancang Bangun Prototype Alat dan Antena Mikrostrip *Triangular Patch Array* 1x2 Frekuensi 2,4 GHz untuk Sistem Peringatan Udara PM1, PM2.5 dan PM10”

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Diploma Tiga**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Najwa Arliyana

2303332039

**PROGRAM STUDI TELEKOMUNIKASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas akhir ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar.

Nama : Najwa Arliyana

NIM : 2303332039

Tanda Tangan :

Tanggal : 06 Juli 2026



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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh:

Nama : Najwa Arliyana
NIM : 2303332039
Program Studi : Telekomunikasi
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Kualitas Udara Berbasis Aplikasi Android Menggunakan Antena Mikrostrip *Triangular Patch Array* 1x2 2,4 GHz
Sub Judul : Rancang Bangun Prototype Alat dan Antena Mikrostrip *Triangular Patch Array* 1x2 Frekuensi 2,4 GHz untuk Sistem Peringatan Udara PM1, PM2.5, dan PM10

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 6 Juli 2026 dan dinyatakan LULUS.

Pembimbing : Rifqi Fuadi Hasani, S.T., M.T.
NIP. 199208182019031015

()

Depok, 20 Juli 2026

Disahkan oleh Ketua Jurusan Teknik Elektro


Dr. Murie Dwiyanti, S.T., M.T.
NIP. 197803312003122002



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 syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Diploma Tiga Politeknik.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, judul yang diambil yaitu dengan judul “Rancang Bangun Prototype Alat dan Antena Mikrostrip *Triangular Patch Array* 1x2 Frekuensi 2,4 Ghz untuk Sistem Peringatan Udara PM1, PM2.5 dan PM10”. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rifqi Fuadi Hasani, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing dan selaku kepala Program Studi Telekomunikasi yang telah menyediakan waktu tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini;
2. Seluruh staff pengajar dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta, khususnya Program Studi Telekomunikasi;
3. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
4. Fionetha Jennifer selaku partner tugas akhir yang dapat bekerja sama sehingga dapat mengerjakan tugas akhir ini dengan baik dan selesai.
5. Para sahabat yang telah banyak memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini;

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 01 Juli 2026

Najwa Arliyana



RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN DINI KUALITAS UDARA BERBASIS APLIKASI ANDROID MENGGUNAKAN ANTENA MIKROSTRIP *TRIANGULAR PATCH ARRAY* 1X2 2,4 GHz

“Rancang Bangun Prototype Alat dan Antena Mikrostrip *Triangular Patch Array*
1x2 Frekuensi 2,4 GHz untuk Sistem Peringatan Udara PM1, PM2.5 dan PM10”

ABSTRAK

Pencemaran udara akibat aktivitas pembakaran sampah menghasilkan partikel PM1, PM2.5, dan PM10 yang dapat menurunkan kualitas udara serta membahayakan kesehatan. Penelitian ini bertujuan merancang, merealisasikan, dan menguji prototype sistem peringatan dini kualitas udara berbasis aplikasi Android menggunakan sensor PMS5003T, mikrokontroler ESP32, dan antena mikrostrip *Triangular Patch Array* 1x2 pada frekuensi 2,4 GHz untuk mendukung komunikasi nirkabel. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras, simulasi dan fabrikasi antena menggunakan *CST Studio Suite 2019*, implementasi sistem, serta pengujian rangkaian catu daya, sensor, antena, *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), *Quality of Service* (QoS), dan sistem secara keseluruhan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor PMS5003T mampu mendeteksi PM1, PM2.5, dan PM10 serta mengklasifikasikan kualitas udara menjadi Aman, Waspada, dan Tidak Sehat. Nilai maksimum yang diperoleh yaitu PM1 sebesar 405 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan PM2.5 dan PM10 mencapai 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Antena hasil fabrikasi memiliki *return loss* sebesar -33,644 dB, *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) sebesar 1,2289, dan *gain* sebesar 5,075 dBi pada frekuensi 2,460 GHz. Pengujian QoS menghasilkan *packet loss* 0%, *delay* 54–243 ms, dan *throughput* 11–99 kbps. Sistem mampu mengirimkan data secara *real-time*, memberikan peringatan melalui LED, buzzer, dan aplikasi Android, serta mempertahankan komunikasi nirkabel yang stabil hingga jarak 50 meter.

Kata Kunci: kualitas udara, PM1, PM2.5, PM10, sensor PMS5003T, ESP32, antena mikrostrip *Triangular Patch Array* 1x2, *Internet of Things* (IoT).

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



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

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN ANDROID-BASED EARLY
WARNING SYSTEM FOR AIR QUALITY USING A 2.4 GHz 1×2
TRIANGULAR PATCH MICROSTRIP ARRAY ANTENNA**

*“Design and Development of a Prototype Device and 1×2 Triangular Microstrip
Patch Array Antenna Operating at 2.4 GHz for PM1, PM2.5, and PM10 Air
Quality Warning System”*

ABSTRACT

Air pollution caused by waste burning activities produces PM1, PM2.5, and PM10 particulate matter, which can reduce air quality and pose health risks. This study aims to design, implement, and evaluate an Android-based air quality early warning system using a PMS5003T sensor, an ESP32 microcontroller, and a 2.4 GHz Triangular Patch Array 1×2 microstrip antenna to support wireless communication. The research methodology consisted of hardware, antenna simulation and fabrication using CST Studio Suite 2019, system implementation, and performance evaluation of the power supply, sensor, antenna, Received Signal Strength Indicator (RSSI), Quality of Service (QoS), and the overall system. The results show that the PMS5003T sensor successfully detected PM1, PM2.5, and PM10 concentrations and classified air quality into Safe, Warning, and Unhealthy categories. The maximum measured PM1 concentration was 405 µg/m³, while PM2.5 and PM10 reached 600 µg/m³. The fabricated microstrip antenna achieved a return loss of -33.644 dB, a Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) of 1.2289, and a gain of 5.075 dBi, operating at 2.460 GHz. QoS testing resulted in 0% packet loss, a delay of 54–243 ms, and a throughput of 11–99 kbps. The system successfully transmitted monitoring data in real time, provided early warnings through LEDs, a buzzer, and an Android application, and maintained stable wireless communication over a distance of up to 50 meters.

Keywords: air quality, PM1, PM2.5, PM10, PMS5003T sensor, ESP32, Triangular Patch Array 1×2 microstrip antenna, Internet of Things (IoT).



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 ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Luaran	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kualitas Udara	4
2.2 <i>Particulate Matter</i> (PM)	5
2.2.1 PM1	5
2.2.2 PM2.5.....	7
2.2.3 PM10.....	8
2.3 <i>Internet of Things</i> (IoT)	9
2.4 Sensor PMS5003T	10
2.5 ESP32.....	10
2.6 <i>Access Point</i>	11
2.7 Antena	12
2.7.1 <i>Return Loss</i>	12
2.7.2 <i>Voltage Wave Standing Ratio</i> (VSWR)	13
2.7.3 Gain.....	13
2.7.4 <i>Beamwidth</i>	14
2.7.5 Polarisasi	15
2.7.6 Pola Radiasi	16



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

2.8 Antena Mikrostrip	17
2.9 Antena <i>Patch Triangular</i>	18
2.10 Saluran Pencatu.....	19
2.11 CST Studio 2019	20
2.12 Quality of Service (QOS).....	21
2.12.1 Throughput.....	21
2.12.2 <i>Packet Loss</i>	22
2.12.3 Delay (Latency).....	22
2.13 <i>Received Signal Strength Indicator</i> (RSSI).....	23
2.14 Wi-Fi (<i>Wireless Fidelity</i>).....	23
2.15 Firebase.....	24
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI	26
3.1 Identifikasi Kebutuhan Sistem	26
3.3.1 Identifikasi Parameter Kualitas Udara PM1, PM2.5 dan PM10	26
3.3.2 Penentuan Ambang Batas Sistem Peringatan.....	26
3.2 Perancangan Sistem	27
3.2.1 Rancangan Alat	27
3.2.2 Deskripsi Alat.....	28
3.2.3 Cara Kerja Alat.....	29
3.2.4 Spesifikasi Alat	31
3.2.5 Diagram Blok Sistem	32
3.3 Realisasi Prototype Alat.....	33
3.3.1 Perancangan Sistem Mikrokontroler.....	34
3.3.2 Realisasi Pemrograman ESP32 di Arduino IDE	37
3.3.3 Perancangan Baterai.....	49
3.4 Perancangan Antena Mikrostrip <i>Triangular Patch Array</i> 1x2	50
3.4.1 Diagram Alir Perancangan Antena Mikrostrip <i>Triangular Patch Array</i> 1x2..	50
3.4.2 Menentukan Spesifikasi Antena.....	51
3.5 Perhitungan Dimensi Patch Antena.....	53
3.6 Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Triangular Patch</i>	58
3.5 Hasil Optimasi Antena Mikrostrip <i>Triangular Patch</i>	61
3.7 Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Triangular Patch Array</i> 1x2	65
3.8 Optimasi Antena Mikrostrip <i>Triangular Patch Array</i> 1x2.....	68
3.9 Fabrikasi Antena Mikrostrip <i>Triangular Patch Array</i> 1x2.....	72



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

3.10 Konfigurasi Jaringan Internet.....	75
BAB IV PEMBAHASAN.....	78
4.1 Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	78
4.1.1 Deskripsi Pengujian Rangkaian Catu Daya	78
4.1.2 Alat-alat Pengujian.....	79
4.1.3 Prosedur Pengujian Rangkaian Catu Daya	79
4.1.4 Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya	80
4.2 Pengujian Kualitas Udara.....	80
4.2.1 Deskripsi Pengujian Kualitas Udara	81
4.2.2 Set Up Pengujian Kualitas Udara.....	81
4.2.3 Alat-alat Pengujian.....	81
4.2.4 Prosedur Pengujian kualitas Udara	82
4.2.5 Hasil Pengujian Kualitas Udara	82
4.3 Pengujian Antena Mikrostrip <i>Triangular Patch Array</i> 1x2	84
4.3.1 Deskripsi Pengujian Antena	84
4.3.2 Alat-Alat yang Digunakan	84
4.3.3 Prosedur Pengujian Antena	84
4.3.4 Hasil Pengujian Antena.....	85
4.4 Pengujian RSSI	90
4.4.1 Deskripsi Pengujian RSSI.....	90
4.4.2 Alat-alat Pengujian.....	90
4.4.3 Prosedur Pengujian RSSI.....	91
4.4.4 Hasil Pengujian RSSI.....	91
4.5 Pengujian <i>Quality of Service</i> (QoS).....	92
4.5.1 Deskripsi Pengujian QoS	92
4.5.2 Prosedur pengujian QoS.....	93
4.5.3 Hasil Pengujian QoS	93
4.5.4 <i>Ping Test</i>	94
4.5.5 <i>Speedtest</i>	94
4.6 Pengujian Sistem Keseluruhan.....	95
4.6.1 Deskripsi Pengujian Sistem	95
4.6.2 Alat-alat yang digunakan	96
4.6.3 <i>Set up</i> Pengujian Sistem.....	96
4.6.4 Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan	97



© 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

4.7 Analisa Keseluruhan Hasil Pengujian	99
BAB V PENUTUP	103
5.1 Kesimpulan	103
5.2 Saran	104
DAFTAR PUSTAKA.....	106
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	109
LAMPIRAN.....	110



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Kondisi Pencemaran Udara di Kawasan Perkotaan	4
Gambar 2. 2. Ilustrasi Ukuran Particulate Matter	5
Gambar 2. 3. Ilustrasi PM1	6
Gambar 2. 4. Ilustrasi Partikel PM2.5 pada Sistem Pernapasan Manusia	7
Gambar 2. 5. Ilustrasi Partikel PM10	8
Gambar 2. 6. Arsitektur Internet of Things	9
Gambar 2. 7. Sensor PMS5003T	10
Gambar 2. 8. Mikrokontroler ESP32	11
Gambar 2. 9. Access Point	12
Gambar 2. 10. Pengukuran Daya Terima Antena Referensi	14
Gambar 2. 11. Beamwidth Antena	15
Gambar 2. 12. Polarisasi Antena	16
Gambar 2. 13. Bentuk Pola Radiasi	17
Gambar 2. 14. Antena Mikrostrip	18
Gambar 2. 15. CST Studio Suite 2019	21
Gambar 2. 16. Rentang Frekuensi Wi-Fi Frekuensi 2,4 GHz	24
Gambar 3. 1. Ilustrasi Sistem Peringatan Dini Kualitas Udara	29
Gambar 3. 2. Flowchart sistem peringatan dini kualitas udara	31
Gambar 3. 3. Diagram blok sistem peringatan dini kualitas udara	33
Gambar 3. 4. Skematik ESP32	34
Gambar 3. 5. Skematik Sensor PMS5003T	35
Gambar 3. 6. Rangkaian Skematik LCD I2C 20x4	36
Gambar 3. 7. Rangkaian Skematik LED dan Buzzer	37
Gambar 3. 8. Diagram Alir Pemrograman Mikrokontroler ESP32	38
Gambar 3. 9. Rancangan Sistem Catu Daya	50
Gambar 3. 10. Diagram alir perancangan antenna mikrostrip Triangular Patch Array 1x2	51
Gambar 3. 11. Desain awal antenna mikrostrip Triangular Patch Array 1x2	52
Gambar 3. 12. Dimensi patch triangular	54
Gambar 3. 13. Dimensi saluran pencatu	56
Gambar 3. 14. Dimensi ground antenna	57
Gambar 3. 15. Desain awal antenna array triangular 1x2	57
Gambar 3. 16. Return Loss Triangular sebelum di optimasi	59
Gambar 3. 17. VSWR Sebelum dioptimasi	59
Gambar 3. 18. Gain Triangular Sebelum dioptimasi	60
Gambar 3. 19. Pola radiasi Triangular sebelum dioptimasi	60
Gambar 3. 20. Patch Triangular Sebelum Optimasi	61
Gambar 3. 21. Dimensi antenna triangular setelah optimasi	62
Gambar 3. 22. Hasil optimasi return loss	63
Gambar 3. 23. Hasil Optimasi VSWR	63
Gambar 3. 24. Hasil Optimasi Gain	64
Gambar 3. 25. Hasil Pola Radiasi Setelah Optimasi	64
Gambar 3. 26. Desain awal antenna patch array sebelum optimasi	65

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



© 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

Gambar 3. 27. hasil simulasi return loss	66
Gambar 3. 28. Hasil simulasi VSWR.....	66
Gambar 3. 29. Hasil simulasi Gain	67
Gambar 3. 30. Hasil simulasi Pola Radiasi	67
Gambar 3. 31. Dimensi antenna triangular array 1x2 setelah proses optimasi	68
Gambar 3. 32. Hasil Simulasi return loss setelah optimasi.....	69
Gambar 3. 33. Hasil Simulasi VSWR setelah optimasi	70
Gambar 3. 34. Hasil Simulasi gain setelah optimasi.....	70
Gambar 3. 35. Hasil Simulasi pola radiasi setelah optimasi.....	71
Gambar 3. 36. Desain akhir antenna mikrostrip triangular patch array 1x2	72
Gambar 3. 37. Menkonversi desain akhir antenna mikrostrip triangular patch array 1x2 menjadi format DXF	72
Gambar 3. 38. Desain hasil optimasi tampak belakang (ground)	73
Gambar 3. 39. Desain hasil optimasi tampak depan (patch).....	73
Gambar 3. 40. Hasil fabrikasi antenna mikrostrip	74
Gambar 4. 1. Titik Pengujian Catu Daya	79
Gambar 4. 2. Set up pengujian kualitas udara.....	81
Gambar 4. 3. Hasil Pengujian Return Loss.....	85
Gambar 4. 4. Hasil Pengujian VSWR.....	86
Gambar 4. 5. Hasil Pengukuran Level Daya Antena Uji pada Frekuensi 2,46 GHz	87
Gambar 4. 6. Hasil Pengukuran Level Daya Antena Referensi (LB-20180-SF Broadband Horn Antenna) pada Frekuensi 2,46 GHz	88
Gambar 4. 7. (a) Pola Radiasi Bidang Horizontal (Azimuth) (b) Pola Radiasi Bidang Vertikal (Elevation).....	89

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Nilai Ambang Batas PM1	6
Tabel 2. 2. Nilai Ambang Batas PM2.5	8
Tabel 2. 3. Nilai Ambang Batas PM10	9
Tabel 2. 4. Kategori Throughput	22
Tabel 2. 5. Kategori Packet Loss	22
Tabel 2. 6. Kategori Delay	23
Tabel 2. 7. Kategori RSSI	23
Tabel 3. 1. Kategori Kondisi Kualitas Udara	27
Tabel 3. 2. Spesifikasi Alat	32
Tabel 3. 3. Penggunaan pin ESP32	34
Tabel 3. 4. Fungsi pin sensor PMS5003T	35
Tabel 3. 5. Fungsi pin LCD I2C 20x4	36
Tabel 3. 6. Konfigurasi pin LED dan Buzzer pada ESP32	37
Tabel 3. 7. Komponen Perancangan Baterai	50
Tabel 3. 8. Spesifikasi Antena	53
Tabel 3. 9. Spesifikasi Substrat	53
Tabel 3. 10. Parameter awal simulasi antena triangular	57
Tabel 3. 11. Parameter awal simulasi antena triangular	58
Tabel 3. 12. Perbandingan Dimensi Antena Triangular patch array 1x2 Sebelum dan Sesudah Optimasi	62
Tabel 3. 13. Parameter awal antena triangular array 1x2 sebelum optimasi	65
Tabel 3. 14. Perbandingan Dimensi Antena Triangular patch array 1x2 Sebelum dan Sesudah Optimasi	68
Tabel 3. 15. Perbandingan Parameter Sesudah Dioptimasi	71
Tabel 4. 1. Hasil Pengukuran Tegangan pada Tiap Titik	80
Tabel 4. 2. Hasil Pengujian Kualitas Udara	83
Tabel 4. 3. Hasil Pengujian Sensor Pada Area Pembakaran	83
Tabel 4. 4. Perbandingan Hasil Simulasi	88
Tabel 4. 5. Hasil Pengujian RSSI LoS pada Access Point	91
Tabel 4. 6. Hasil Pengujian RSSI NLoS pada Access Point	92
Tabel 4. 7. Hasil Pengujian QoS pada Access Point	93
Tabel 4. 8. Pengujian Sistem Keseluruhan	98

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



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 LAMPIRAN

L - 1 Kode Pemrograman Mikrokontroler	110
L - 2 Pengujian Rangkaian Catu Daya	119
L - 3 Pengujian Kualitas Udara	119
L - 4 Pengujian Antena Mikrostrip Triangular Patch Array 1x2 2,4 GHz	120
L - 5 Pengujian RSSI	120
L - 6 Pengujian Sistem Keseluruhan	120
L - 7 Kalibrasi Sensor	121
L - 8 Datasheet Sensor PMS5003T	121
L - 9 Datasheet ESP32	122
L - 10 Datasheet Access Point TP-Link TD-W8151N	122
L - 11 Datasheet LCD I2C 20x4	123
L - 12 Datasheet LED 5mm	123
L - 13 Datasheet Buzzer	124



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

Kualitas udara merupakan salah satu faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Udara yang berkualitas baik sangat penting bagi kehidupan manusia, sedangkan udara yang tercemar oleh polutan dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan, khususnya sistem pernapasan (Suryantoro & Kusriyanto, 2023).

Aktivitas pengelolaan sampah, khususnya pada area insinerator sampah Kota Depok, berpotensi menghasilkan Particulate Matter (PM) seperti PM1.0, PM2.5, dan PM10 dalam konsentrasi tinggi yang dapat mencemari udara di sekitarnya. Proses pembakaran limbah merupakan salah satu aktivitas yang menghasilkan partikel halus di udara, sehingga berpotensi menurunkan kualitas udara dan meningkatkan risiko gangguan kesehatan apabila paparannya berlangsung secara terus-menerus (Syahrani, 2025).

Particulate Matter (PM) adalah partikel padat atau cair berukuran sangat kecil yang melayang di udara dan diklasifikasikan berdasarkan diameter aerodinamisnya. PM1.0 merupakan partikel dengan diameter kurang dari 1 mikrometer yang bersifat sangat halus sehingga mampu menembus hingga ke bagian terdalam paru-paru bahkan masuk ke aliran darah. PM2.5 merupakan partikel dengan diameter kurang dari 2,5 mikrometer yang dapat terhirup dan berpotensi menyebabkan gangguan pernapasan serta penyakit kardiovaskular apabila terpapar dalam jangka waktu tertentu. Sementara itu, PM10 merupakan partikel dengan diameter kurang dari 10 mikrometer yang umumnya tertahan di saluran pernapasan bagian atas, namun tetap dapat menimbulkan iritasi dan gangguan kesehatan (Wellid et al., 2024; Syahrani, 2025).

Pada area insinerator sampah di Kota Depok, proses pengolahan dan pembakaran limbah padat berpotensi meningkatkan konsentrasi particulate matter di udara sehingga kualitas udara dapat berada pada kondisi yang kurang sehat. Paparan PM2.5 dan PM10 diketahui berkaitan dengan meningkatnya risiko gangguan saluran pernapasan, bahkan dalam konsentrasi tertentu dapat



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 kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada masyarakat yang terpapar (Wellid et al., 2024).

Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai penelitian telah membahas sistem monitoring kualitas udara. Salah satunya adalah penelitian oleh Suryantoro dan Kusriyanto (2023) yang mengembangkan sistem monitoring PM2.5 menggunakan sensor PMS5003T untuk memantau kualitas udara pada air purifier. Namun, penelitian tersebut masih berfokus pada pemantauan konsentrasi PM2.5 dan belum dilengkapi dengan sistem peringatan dini berbasis aplikasi Android yang dapat memberikan informasi secara cepat kepada pengguna ketika kualitas udara berada pada kondisi yang membahayakan.

Selain itu, sistem monitoring kualitas udara yang telah dikembangkan umumnya masih menggunakan modul antena bawaan sehingga performa komunikasi nirkabel belum dioptimalkan. Kondisi tersebut dapat memengaruhi kestabilan maupun jangkauan pengiriman data, terutama apabila sistem diterapkan pada area terbuka yang memiliki potensi gangguan lingkungan, seperti kawasan insinerator sampah.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dirancang dan dibangun sistem peringatan dini kualitas udara PM1.0, PM2.5, dan PM10 berbasis aplikasi Android yang bersifat portable dan diperuntukkan bagi penggunaan di area insinerator sampah Kota Depok. Sistem ini didukung oleh sensor particulate matter, mikrokontroler ESP32, serta antena mikrostrip *triangular patch array* 1×2 pada frekuensi 2,4 GHz guna meningkatkan kualitas komunikasi nirkabel. Dengan adanya sistem ini, diharapkan pemantauan kualitas udara dapat dilakukan secara *real-time* dan peringatan dini dapat diberikan ketika kualitas udara berada pada kondisi waspada dan tidak sehat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengidentifikasi parameter kualitas udara yang mampu mendeteksi partikel PM1.0, PM2.5 dan PM10 secara *realtime* pada area insinerator sampah di Kota Depok?



© 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. Bagaimana merancang dan merealisasikan antena mikrostrip *triangular patch array* 1x2 pada frekuensi 2,4 GHz yang dapat digunakan untuk mendukung komunikasi nirkabel pada sistem peringatan udara?
3. Bagaimana mengimplementasikan sistem peringatan dini kualitas udara menggunakan sensor PMS5003T, mikrokontroler ESP32, LED, dan buzzer untuk memberikan informasi kondisi kualitas udara secara *realtime*?
4. Bagaimana menguji kinerja prototype alat serta performansi antena mikrostrip *triangular patch array* 1x2 yang telah di realisasikan berdasarkan parameter pengukuran yang telah di tentukan?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah:

1. Mengidentifikasi parameter kualitas udara yang mampu mendeteksi partikel PM1.0, PM2.5, dan PM10 secara *realtime* pada area insinerator sampah di Kota Depok.
2. Merancang dan merealisasikan antena mikrostrip *triangular patch array* 1x2 pada frekuensi 2,4 GHz untuk mendukung komunikasi nirkabel pada sistem peringatan dini kualitas udara.
3. Mengimplementasikan sistem peringatan dini kualitas udara menggunakan sensor PMS5003T, mikrokontroler ESP32, LED, dan buzzer untuk mendeteksi kondisi kualitas udara secara *realtime*.
4. Menguji kinerja prototype alat dan performansi antena mikrostrip *triangular patch array* 1x2 berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian sistem.

1.4 Luaran

Luaran yang ingin dicapai dari penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Alat pendeteksi kualitas udara dan antena mikrostrip *triangular patch array* 1x2 yang bekerja pada frekuensi 2.4 GHz.
2. Laporan tugas akhir.
3. Artikel ilmiah jurnal nasional terakreditasi.

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 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, dan pengujian sistem peringatan dini kualitas udara berbasis aplikasi Android menggunakan antena mikrostrip *Triangular Patch Array* 1×2 pada frekuensi 2,4 GHz, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem yang dirancang berhasil mengidentifikasi parameter kualitas udara berupa PM1, PM2.5, dan PM10 secara *real-time* menggunakan sensor PMS5003T. Berdasarkan hasil pengujian pada beberapa kondisi lingkungan, sistem mampu membedakan kualitas udara pada area tertutup, semi tertutup, area terbuka, hingga area pembakaran. Pada area dengan kualitas udara normal diperoleh nilai PM1 sebesar 38–64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5 sebesar 32–68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dan PM10 sebesar 46–83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan pada area pembakaran nilai PM1 meningkat hingga 405 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ serta nilai PM2.5 dan PM10 mencapai 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Berdasarkan hasil tersebut, sistem mampu mengklasifikasikan kondisi udara menjadi Aman, Waspada, dan Tidak Sehat sesuai dengan ambang batas yang telah ditentukan sehingga tujuan identifikasi kualitas udara berhasil tercapai.
2. Antena mikrostrip *Triangular Patch Array* 1×2 berhasil dirancang, direalisasikan, dan diimplementasikan sebagai antena pada *access point* untuk mendukung komunikasi nirkabel sistem. Hasil pengujian menunjukkan antena memiliki nilai *return loss* sebesar –33,644 dB, *VSWR* sebesar 1,2289, dan *gain* sebesar 5,075 dBi dengan karakteristik pola radiasi direksional pada frekuensi kerja 2,460 GHz. Frekuensi kerja antena mengalami pergeseran dari hasil simulasi 2,4 GHz menjadi 2,460 GHz, yang diduga disebabkan oleh perbedaan nilai *relative permittivity* (ϵ_r) substrat FR4 saat simulasi dengan kondisi sebenarnya pada proses fabrikasi. Pergeseran tersebut dapat diatasi dengan mengatur *access point* pada *Channel* 11 sehingga frekuensi operasi *Wi-Fi* berada pada 2,460 GHz dan sesuai dengan frekuensi resonansi antena hasil realisasi. Dengan demikian, antena tetap mampu mendukung komunikasi data pada sistem secara optimal.



© 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

3. Sistem peringatan dini kualitas udara berhasil diimplementasikan menggunakan sensor PMS5003T, mikrokontroler ESP32, LED, buzzer, LCD, dan aplikasi Android. Sistem mampu membaca data PM1, PM2.5, dan PM10 secara otomatis, menampilkan hasil pengukuran pada LCD, mengirimkan data ke *cloud database* melalui jaringan *wireless*, serta memberikan peringatan menggunakan LED dan buzzer sesuai kondisi kualitas udara yang terdeteksi. Selama pengujian, seluruh fungsi sistem berjalan sesuai perancangan sehingga pengguna dapat memantau kualitas udara secara *real-time* melalui aplikasi Android sekaligus memperoleh peringatan ketika konsentrasi partikulat berada pada kondisi Waspada maupun Tidak Sehat.
4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe alat dan antenna yang direalisasikan mampu bekerja dengan baik secara keseluruhan. Pengujian RSSI membuktikan bahwa antenna mikrostrip memberikan kualitas sinyal yang lebih baik dibandingkan antenna bawaan *access point* pada kondisi *Line of Sight (LOS)* maupun *Non Line of Sight (NLOS)*. Pengujian *Quality of Service* menghasilkan *packet loss* sebesar 0%, nilai *delay* berada pada rentang 54–243 ms, dan *throughput* berkisar 11–99 kbps, sehingga komunikasi data masih berlangsung dengan baik. Selain itu, hasil pengujian sistem menunjukkan komunikasi data dapat berjalan secara stabil hingga jarak 50 meter, mulai mengalami penurunan kualitas pada jarak 65 meter, dan koneksi terputus pada jarak sekitar 75–80 meter. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa prototipe alat beserta antenna mikrostrip yang dirancang telah memenuhi tujuan penelitian sebagai sistem peringatan dini kualitas udara berbasis *Internet of Things* yang mampu melakukan pemantauan dan pengiriman data secara *real-time*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai pengembangan pada penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut.

1. Menggunakan material substrat dengan rugi-rugi (*loss tangent*) yang lebih rendah dibandingkan FR4 agar nilai gain dan efisiensi antenna dapat ditingkatkan.



© 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. Proses pemasangan konektor antenna sangat berpengaruh terhadap hasil hasil fabrikasi antenna.
3. Mengembangkan sistem catu daya agar perangkat mampu beroperasi lebih lama, misalnya dengan menggunakan baterai berkapasitas lebih besar atau menerapkan sistem pengisian daya yang lebih efisien.



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 PUSTAKA

- Akram, A., Melvandino, F. H., Bragaswara, W. Y., & Ramza, H. (2023). *Analisis kinerja jaringan 4G LTE menggunakan metode drive test di Kelurahan Kampung Rambutan, Jakarta Timur. JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, 11(3), 409–419.
- Annisa, T., Yacoub, R. R., & Kusumawardhani, E. (2024). *Design of microstrip antenna dimensions based on the Matlab graphical user interface (GUI). Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, 12(2), 441–452.
- Aulia, R. G. (2025). *Design of a 2.4 GHz microstrip patch antenna for WiFi communication using CST Studio Suite 2019. JOTECs: International Journal of Telecommunications, Electronics and Computer Science*, 1(2), 1–6.
- Bagus, B., & Bagaskara, A. Y. (2020). Perancangan antena mikrostrip *rectangular patch* sebagai penerima televisi. *Jurnal Penelitian*, 5(1), 11–20.
- Brahmana, S. B., Kuntadi, C., Sukarwoto, Anwar, S., & Supriyadi. (2023). Faktor-faktor yang mempengaruhi performance antenna: Beamwidth, gain dan pola radiasi. *Journal of Engineering and Transportation (JET)*, 1(1), 18–26.
- Christyono, Y., Santoso, I., & Cahyo, R. D. (2016). Perancangan antena mikrostrip *array* pada frekuensi 850 MHz. *Transmisi*, 18(2), 87–95.
- Faradila, N. A., Prasetyo, B., Sulistiawati, Dwiningsih, S. R., & Jaelani, L. M. (2025). Analisa hubungan kualitas udara (PM2.5, PM10, PM1, dan NO₂) terhadap angka kejadian bayi berat badan lahir rendah (BBLR) di Surabaya tahun 2022–2024. *Jurnal Ners*, 9(4), 7253–7259.
- Hasbi, M., & Saputra, N. R. (2021). Analisis *quality of service* (QoS) jaringan internet Kantor Pusat KB Bukopin menggunakan Wireshark. *Seminar Nasional Riset dan Teknologi (SEMNAS RISTEK)*, 5(1), 35–42.



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

- Hidayati, R., Sari, K., Halawa, Y., Tafrihan, A. A., & Harits, M. A. (2024). Sistem pemantauan kualitas udara secara *real-time* menggunakan ESP32 dan teknologi IoT. *DJTechno: Jurnal Teknologi Informasi*, 5(2).
- Irtawaty, A. S., Ulfah, M., & Hadiyanto. (2018). Pengaruh *beamwidth*, *gain*, dan pola radiasi terhadap performansi antena penerima. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 6(1), 14.
- Leonardo, R., Arwani, I., & Ratnawati, D. E. (2020). Pemanfaatan teknologi Firebase dalam pengembangan aplikasi pengelolaan stok barang berbasis *mobile* pada Rumah Makan Nakamse Malang. *Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi, dan Edukasi Sistem Informasi*, 1(1).
- Linda, N., & Ali, I. T. (2024). Peningkatan cakupan sinyal Wi-Fi dengan penempatan *access point* menggunakan metode probabilitas Bayesian. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(2), 629–636.
- Lumembang, M. M., & Pongsapan, F. P. (2025). Desain antena mikrostrip segitiga sama sisi sebagai pendeteksi *partial discharge*. *Jurnal FisTa: Fisika dan Terapannya*, 6(2), 96–103.
- Nisa, I. S. N., Saputro, R. M., Nugroho, T. F., & Lahitani, A. R. (2024). Analisis *quality of service* (QoS) menggunakan standar parameter TIPHON pada jaringan internet berbasis Wi-Fi Kampus 1 Unjaya. *Teknomatika: Jurnal Informatika dan Komputer*, 17(1), 1–9.
- Pebralia, J., Akhsan, H., & Amri, I. (2024). Implementasi *Internet of Things* (IoT) dalam *monitoring* kualitas udara pada ruang terbuka. *Jurnal Kumparan Fisika*, 7(1), 1–8.
- Rafsyam, Y. (2024). *Bab 4.3 antena mikrostrip* [Materi perkuliahan]. Politeknik Negeri Jakarta.
- Sinaga, A. P., & Syahputra, I. (2024). Optimalisasi jaringan WiFi (*Wireless Fidelity*) sebagai fasilitas pendukung akademik mahasiswa (Studi Kasus di UINSU). *Cognoscere: Jurnal Komunikasi dan Media Pendidikan*, 2(4).



© 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

- Sotyohadi, R. A., & Hadi, D. R. (2018). Design and bandwidth optimization on triangle patch microstrip antenna for WLAN 2.4 GHz. *MATEC Web of Conferences*, 164.
- Suryantoro, H., & Kusriyanto, M. (2023). Sistem *monitoring* partikel (PM2.5) *air purifier* untuk mengetahui kualitas udara berbasis sensor PMS5003 dan Arduino. *Indonesian Journal of Laboratory*, Edisi Khusus 2023, 88–96.
- Syahrani, P. (2025). *Perbandingan konsentrasi paparan debu PM10 dan PM2,5 di Komplek Pergudangan Intan Kecamatan Percut Sei Tuan*.
- Wellid, I., Simbolon, L. M., Falahuddin, M. A., Nurfitriani, N., Sumeru, K., Sukri, M. F. B., & Yuningsih, N. (2024). Evaluasi polusi udara PM2.5 dan PM10 di Kota Bandung serta kaitannya dengan infeksi saluran pernapasan akut. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23(2), 128–136.
- Yulianti, N. D., & Elisma. (2020). Perancangan antena mikrostrip *array 2×4 patch* lingkaran segitiga untuk aplikasi *Wireless Local Area Network* pada frekuensi kerja 2,4 GHz. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 11(1), 51–57.

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 RIWAYAT HIDUP



Najwa Arliyana, Lulusan dari SMA Al-Islam Cirebon, Jawa Barat. Menempuh pendidikan Jurusan Teknik Elektro. Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Jakarta sejak tahun 2023. Tugas akhir ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Telekomunikasi, 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

L - 1 Kode Pemrograman Mikrokontroler

```
#include <Wire.h>          // Library buat komunikasi I2C (buat LCD)
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Library khusus buat
mengendalikan layar LCD I2C
#include <WiFi.h>          // Library agar ESP32 bisa konek ke Wi-Fi
#include <Firebase_ESP_Client.h> // Library buat hubungin ESP32
ke Firebase Realtime Database
#include "time.h" // Library bawaan buat ngatur waktu otomatis
(NTP server)

// CONFIGURATION: WIFI & FIREBASE
const char* ssid = "airmon-pm" // Nama Wi-Fi yang mau
dikoneksikan
const char* password = "12345678"; // Password Wi-Fi-nya
#define DATABASE_URL "https://ta-airmon-pm-6a8fe-default-
rtddb.firebaseio.com/" // Alamat database Firebase
#define DATABASE_SECRET
"wnrfoAWBvb1sNmyCC1kXC63iNULc5VBi7wAdwlr // Kunci rahasia/token
akses database Firebase
FirebaseData fbdo; // Objek utama buat nampung data kirim/terima
Firebase
FirebaseConfig config; // Tempat nyimpan pengaturan konfigurasi
Firebase
FirebaseAuth auth; // Tempat ngatur hak akses keamanan Firebase

// HARDWARE PERIPHERALS
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); // Alamat LCD I2C
(0x27) ukuran 20 karakter x 4 baris
#define RX2 16 // Pin RX2 di ESP32
hubung ke TX sensor PMS5003T
#define TX2 17 // Pin TX2 di ESP32
hubung ke RX sensor PMS5003T
#define LED_MERAH 25 // Pin digital 25 untuk
lampu LED Merah
#define LED_KUNING 26 // Pin digital 26 untuk
lampu LED Kuning
#define BUZZER_PIN 27 // Pin digital 27 untuk
alarm buzzer

// VARIABLES & BUFFER SENSOR PMS5003T
uint8_t pmsBuffer[32]; // Tempat penampungan
sementara data mentah (byte) dari sensor
int rawPM1 = 0; // Variabel nilai mentah PM1.0
```




© 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

```
int rawPM25 = 0;    // Variabel nilai mentah PM2.5
int rawPM10 = 0;    // Variabel nilai mentah PM10
float pm1 = 0;      // Nilai PM1.0 setelah dihitung rumus filter
                    // biar stabil
float pm25 = 0;     // Nilai PM2.5 setelah dihitung rumus filter
                    // biar stabil
float pm10 = 0;     // Nilai PM10 setelah dihitung rumus filter biar
                    // stabil

// SYSTEM LOGIC TRACKING VARIABLES
bool isMuted = false;           // Status tombol mute
                                // (true = alarm mati, false = alarm bunyi)
unsigned long lastSendHistory = 0; // Timer pembatas waktu
                                // buat kirim data ke riwayat/history
unsigned long lastFirebaseCheck = 0; // Timer buat cek
                                // berkala apakah tombol mute di Firebase ditekan
unsigned long lastFirebaseUpload = 0; // Dipakai untuk
                                // pembatas keselamatan max 100ms
int lastSentPM1 = -999;         // Peningat nilai
                                // PM1.0 terakhir yang sukses dikirim
int lastSentPM25 = -999;        // Peningat nilai
                                // PM2.5 terakhir yang sukses dikirim
int lastSentPM10 = -999;        // Peningat nilai PM10
                                // terakhir yang sukses dikirim
String lastSentStatus = "";     // Peningat status
                                // dominan terakhir yang dikirim
String statusDominanTerakhir = "START"; // Peningat status
                                // buat filter biar notifikasi gak ke-spam

// Mengubah threshold menjadi 1 agar setiap perubahan angka
// (misal 21 ke 22) langsung memicu kirim data.
const int thresholdPerubahan = 1;

// NTP WORLD TIME CONFIGURATION (TIMESTAMP)
const char* ntpServer = "pool.ntp.org"; // Server internet
// penyedia waktu gratisan
const long gmtOffset_sec = 25200;       // Seting zona waktu
// Indonesia Barat / WIB (GMT+7 = 7 jam x 3600 detik)
const int daylightOffset_sec = 0;       // Di Indonesia gak ada
// sistem musim panas (daylight saving), jadi 0

// FUNCTION PROTOTYPES DECLARATION
bool readPMSData();
void updateDisplay(String s1, String s2, String s3);
void controlHardware(String statusDominan);
String getStatusPM1(int val);
String getStatusPM25(int val);
```



© 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

```
String getStatusPM10(int val);
void sendNotification(String st);
// LOGIKA AMBANG BATAS PINTU UTAMA
String getStatusPM1(int val) {
    if (val >= 80) return "TDK SEHAT";
    if (val >= 50) return "WASPADA";
    return "AMAN";
}
String getStatusPM25(int val) {
    if (val >= 115) return "TDK SEHAT";
    if (val >= 75 ) return "WASPADA";
    return "AMAN";
}
String getStatusPM10(int val) {
    if (val >= 350) return "TDK SEHAT";
    if (val >= 175) return "WASPADA";
    return "AMAN";
}

// PROSES SIMPAN NOTIFIKASI KE REALTIME DATABASE
void sendNotification(String st)
{
    struct tm timeinfo;
    if (getLocalTime(&timeinfo))
    {
        char tgl[25];
        strftime(tgl, sizeof(tgl), "%d-%m-%Y %H:%M:%S", &timeinfo);
        String titleText = "";
        String bodyText = "";
        String typeText = "";

        if (st == "TDK SEHAT")
        {
            titleText = "Udara Bahaya!!";
            bodyText = "Kondisi Tidak Sehat! Segera gunakan masker.";
            typeText = "danger";
        }
        else if (st == "WASPADA")
        {
            titleText = "Udara Waspada!";
            bodyText = "Kadar polutan meningkat. Perhatikan lingkungan
Anda.";
            typeText = "warning";
        }
        else
        {
            titleText = "Udara Aman";
        }
    }
}
```




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

```
        bodyText = "Kondisi udara dalam keadaan baik.";
        typeText = "success";
    }

    FirebaseJson notif;
    notif.set("title", titleText);
    notif.set("message", bodyText);
    notif.set("time", String(tgl));
    notif.set("type", typeText);
    notif.set("isRead", false);

    Firebase.RTDB.pushJSON(&fbdo, "/notifications", &notif);
}

// SYSTEM SETUP (INITIALIZATION)
void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    Serial2.begin(9600, SERIAL_8N1, RX2, TX2);
    pinMode(LED_MERAH, OUTPUT);
    pinMode(LED_KUNING, OUTPUT);
    pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);

    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Connecting WiFi...");

    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) { delay(500); }

    configTime(gmtOffset_sec, daylightOffset_sec, ntpServer);
    config.database_url = DATABASE_URL;
    config.signer.tokens.legacy_token = DATABASE_SECRET;
    Firebase.begin(&config, &auth);
    fbdo.setResponseSize(1024);
    Firebase.RTDB.setMaxRetry(&fbdo, 1);
    Firebase.reconnectWiFi(true);
    lcd.clear();

    Serial.println("\n--- Sistem Siap, Memulai Pembacaan Sensor ---");
}

// MAIN LOOP EXECUTION
void loop()
{
```



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. CEK STATUS ALARM MUTE (Setiap 2 detik sekali biar tidak
lambat)
if (millis() - lastFirebaseCheck > 2000)
{
    lastFirebaseCheck = millis();
    if (Firebase.ready())
    {
        if (Firebase.RTDB.getBool(&fbdo, "/alarm_control/mute")) {
isMuted = fbdo.boolData(); }
    }
}

// 2. BACA DATA SENSOR (Realtime & Cepat)
if (readPMSData())
{
    pm1 = (0.4 * pm1) + (0.6 * rawPM1);
    pm25 = (0.4 * pm25) + (0.6 * rawPM25);
    pm10 = (0.4 * pm10) + (0.6 * rawPM10);

    pm1 = constrain(pm1, 0, 600);
    pm25 = constrain(pm25, 0, 600);
    pm10 = constrain(pm10, 0, 600);
}

int cPM1 = (int)pm1;
int cPM25 = (int)pm25;
int cPM10 = (int)pm10;

String s1 = getStatusPM1(cPM1);
String s2 = getStatusPM25(cPM25);
String s3 = getStatusPM10(cPM10);

// 3. UPDATE TAMPILAN LCD (Realtime tanpa delay internet)
updateDisplay(s1, s2, s3);

String statusDominanUtama = "AMAN";
if (s1 == "TDK SEHAT" || s2 == "TDK SEHAT" || s3 == "TDK
SEHAT") {
    statusDominanUtama = "TDK SEHAT";
} else if (s1 == "WASPADA" || s2 == "WASPADA" || s3 ==
"WASPADA") {
    statusDominanUtama = "WASPADA";
}

// MENAMPILKAN DATA KE SERIAL MONITOR LAPTOP
Serial.println("=====");
Serial.printf("PM1.0 : %d ug/m3 (%s)\n", cPM1, s1.c_str());
```



© 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

```
Serial.printf("PM2.5 : %d ug/m3 (%s)\n", cPM25, s2.c_str());
Serial.printf("PM10 : %d ug/m3 (%s)\n", cPM10, s3.c_str());
Serial.printf("Status Dominan: %s\n",
statusDominanUtama.c_str());
Serial.printf("Mute Alarm : %s\n", isMuted ? "ON" : "OFF");
Serial.println("=====\n");

// 4. UPLOAD DATA REALTIME (Hanya Kirim Jika Angka Berubah
Signifikan)
bool pmsBerubahSignifikan = (abs(cPM1 - lastSentPM1) >=
thresholdPerubahan) ||
                                (abs(cPM25 - lastSentPM25) >=
thresholdPerubahan) ||
                                (abs(cPM10 - lastSentPM10) >=
thresholdPerubahan) ||
                                (statusDominanUtama !=
lastSentStatus);

if (pmsBerubahSignifikan && (millis() - lastFirebaseUpload >
1000) && Firebase.ready())
{
    struct tm timeinfo;
    char strHari[15] = "Senin";
    char strTanggal[15] = "00/00/0000";
    char strWaktu[15] = "00:00:00";
    const char* namaHariIndo[] = {"Minggu", "Senin", "Selasa",
"Rabu", "Kamis", "Jumat", "Sabtu"};

    if (getLocalTime(&timeinfo)) {
        strcpy(strHari, namaHariIndo[timeinfo.tm_wday]);
        strftime(strTanggal, sizeof(strTanggal), "%d/%m/%Y",
&timeinfo);
        strftime(strWaktu, sizeof(strWaktu), "%H:%M:%S",
&timeinfo);
    }

    FirebaseJson json;
    json.set("pm1", cPM1);
    json.set("pm25", cPM25);
    json.set("pm10", cPM10);
    json.set("status_pm1", s1);
    json.set("status_pm25", s2);
    json.set("status_pm10", s3);
    json.set("status_dominan", statusDominanUtama);
    json.set("hari", String(strHari));
    json.set("tanggal", String(strTanggal));
    json.set("waktu", String(strWaktu));
```




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

```
        if (Firebase.RTDB.setJSON(&fbdo, "/monitoring_udara",
&json))
        {
            lastSentPM1 = cPM1;
            lastSentPM25 = cPM25;
            lastSentPM10 = cPM10;
            lastSentStatus = statusDominanUtama;
            Serial.println(">> Sync Sukses: Angka sensor berubah,
langsung terupdate ke Firebase!");
        }
    }

    // KONTROL AKTIVITAS HARDWARE (LED & BUZZER)
    controlHardware(statusDominanUtama);

    // 5. DATA HISTORY (Setiap 3 Menit)
    if (millis() - lastSendHistory > 180000)
    {
        lastSendHistory = millis();
        if (Firebase.ready())
        {
            FirebaseJson history;
            history.set("pm1", cPM1);
            history.set("pm25", cPM25);
            history.set("pm10", cPM10);
            history.set("status", lastSentStatus);
            history.set("timestamp", (double)time(nullptr) * 1000);

            if(Firebase.RTDB.pushJSON(&fbdo, "/history_udara",
&history)) {
                Serial.println(">> Data history terkirim ke Firebase.");
            }
        }
    }

    delay(10);
}

// FUNGSI BACA SENSOR DENGAN KALIBRASI OFFSET
bool readPMSData()
{
    while (Serial2.available() > 32) { Serial2.read(); }
    if (Serial2.available() < 32) return false;
    if (Serial2.read() != 0x42) return false;
    if (Serial2.read() != 0x4D) return false;
```



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

```
for (int i = 0; i < 30; i++)
{
    unsigned long startWait = millis();
    while (!Serial2.available()) {
        if (millis() - startWait > 15) return false;
    }
    pmsBuffer[i] = Serial2.read();
}

rawPM1  = (pmsBuffer[8] << 8) | pmsBuffer[9];

int tempPM25 = ((pmsBuffer[10] << 8) | pmsBuffer[11]) - 43;
int tempPM10 = ((pmsBuffer[12] << 8) | pmsBuffer[13]) - 16;

rawPM25 = (tempPM25 < 0) ? 0 : tempPM25;
rawPM10 = (tempPM10 < 0) ? 0 : tempPM10;

return true;
}

// FUNGSI MENCETAK DATA KE LAYAR LCD 20x4
void updateDisplay(String s1, String s2, String s3)
{
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.printf("PM1.0: %-3d %-9s", (int)pml,
s1.c_str());
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.printf("PM2.5: %-3d %-9s", (int)pm25,
s2.c_str());
    lcd.setCursor(0, 2); lcd.printf("PM10 : %-3d %-9s", (int)pm10,
s3.c_str());
    lcd.setCursor(0, 3); lcd.print("Satuan: ug/m3      ");
}

// MANAJEMEN HARDWARE & FILTER NOTIFIKASI
void controlHardware(String statusDominan)
{
    // --- KONTROL LED ---
    if (statusDominan == "TDK SEHAT") {
        digitalWrite(LED_MERAH, HIGH);
        digitalWrite(LED_KUNING, LOW);
    } else if (statusDominan == "WASPADA") {
        digitalWrite(LED_MERAH, LOW);
        digitalWrite(LED_KUNING, HIGH);
    } else {
        digitalWrite(LED_MERAH, LOW);
        digitalWrite(LED_KUNING, LOW);
    }

    // --- CEK PERUBAHAN STATUS DAN RESET MUTE OTOMATIS ---
}
```

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

```

if (statusDominan != statusDominanTerakhir)
{
    if (statusDominan == "WASPADA" || statusDominan == "TDC
    SEHAT")
    {
        if (Firebase.ready()) { sendNotification(statusDominan); }
    }

    // REVISI UTAMA: Jika udara kembali AMAN, otomatis reset
    status mute di Firebase jadi false
    if (statusDominan == "AMAN")
    {
        if (Firebase.ready()) {
            Firebase.RTDB.setBool(&fbdo, "/alarm_control/mute",
            false);
            isMuted = false;
        }
    }
    statusDominanTerakhir = statusDominan;
}

// --- LOGIKA AKTIVITAS ALARM/BUZZER ---
// Jika tombol mute aktif, matikan buzzer dan keluar dari
fungsi
if (isMuted) {
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
    return;
}

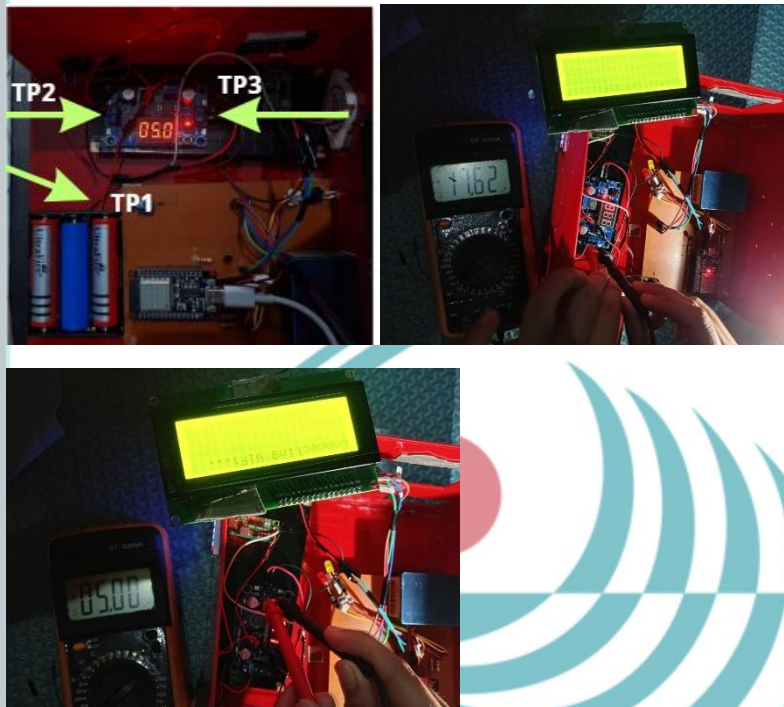
// Jika tidak di-mute, jalankan buzzer sesuai status udara
saat ini
if (statusDominan == "TDC SEHAT") {
    digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH); // Bunyi terus-menerus tanpa
    putus
} else if (statusDominan == "WASPADA") {
    static unsigned long lastBeep = 0;
    if (millis() - lastBeep > 500) {
        lastBeep = millis();
        digitalWrite(BUZZER_PIN, !digitalRead(BUZZER_PIN)); //
        Bunyi putus-putus (tit..tit..tit)
    }
} else {
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW); // Udara aman = buzzer mati
}
}

```


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

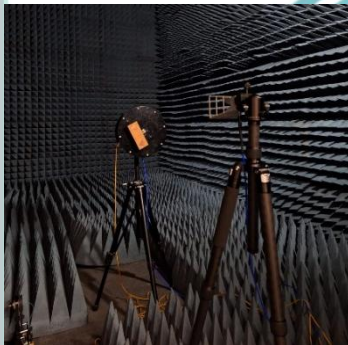
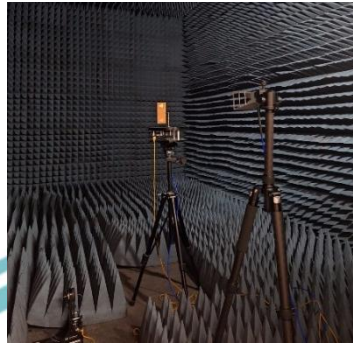
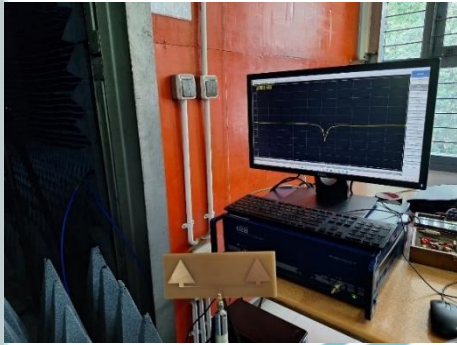
L - 2 Pengujian Rangkaian Catu Daya



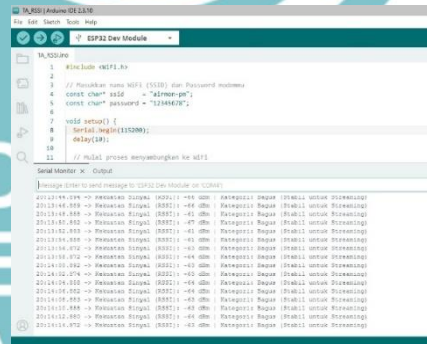
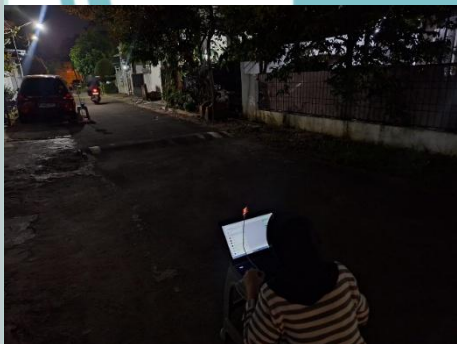
L - 3 Pengujian Kualitas Udara



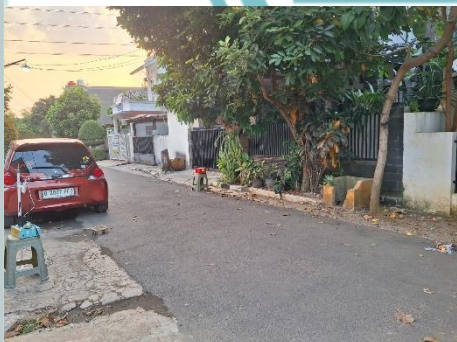
L - 4 Pengujian Antena Mikrostrip Triangular Patch Array 1x2 2,4 GHz



L - 5 Pengujian RSSI



L - 6 Pengujian Sistem Keseluruhan



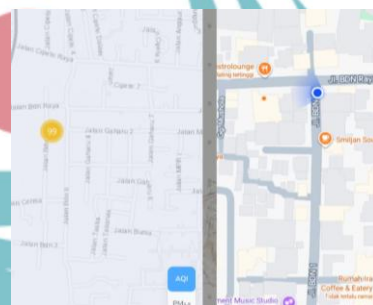
- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan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



L - 7 Kalibrasi Sensor



L - 8 Datasheet Sensor PMS5003T

2020 product data manual of PM2.5 sensor

Parameter	Index	unit
Range of measurement	0.3~1.0, 1.0~2.5, 2.5~10	Micrometer μm
Counting Efficiency	50%@0.3 μm 98%@~0.5 μm	
Exceed Range PM2.5 standard2	0~500	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Maximum Range PM2.5 standard2 *	≥1000	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Resolution	1	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Maximum Consistency Error (PM2.5 standard data)*	±10%@100~500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ±10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ @0~100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Standard Volume	0.1	Litre L12
Single Response Time	<1	Second s2
Total Response Time	<10	Second s2
DC Power Supply	Typ:5.0 Min:4.5 Max:5.5	Volt V2
Acce Current	<100	Milliampere mA2
Standby Current	<100	Microampere μA 2
Interface Level	L<0.8 @3.3 H>2.7@0.3	Volt V2
Working Temperature Range	-10~+60	℃
Working Humidity Range	0~95%	
Storage Temperature Range	-40~+80	℃
MTTF	≥10	Year Y2
Physical Size	50X28X21	Millimeter mm2

Note 1: Maximum range means that the highest output value of the PM2.5 standard data is not less than 1000.
Note 2: "PM2.5 standard data" is the "data2" in the appendix.

2020 product data manual of PM2.5 sensor

Parameter	Index	unit
Range of measurement	0.3~1.0, 1.0~2.5, 2.5~10	Micrometer μm
Counting Efficiency	50%@0.3 μm 98%@~0.5 μm	
Exceed Range PM2.5 standard2	0~500	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Maximum Range PM2.5 standard2 *	≥1000	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Resolution	1	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Maximum Consistency Error (PM2.5 standard data)*	±10%@100~500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ±10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ @0~100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Standard Volume	0.1	Litre L12
Single Response Time	<1	Second s2
Total Response Time	<10	Second s2
DC Power Supply	Typ:5.0 Min:4.5 Max:5.5	Volt V2
Acce Current	<100	Milliampere mA2
Standby Current	<100	Microampere μA 2
Interface Level	L<0.8 @3.3 H>2.7@0.3	Volt V2
Working Temperature Range	-10~+60	℃
Working Humidity Range	0~95%	
Storage Temperature Range	-40~+80	℃
MTTF	≥10	Year Y2
Physical Size	50X28X21	Millimeter mm2

Note 1: Maximum range means that the highest output value of the PM2.5 standard data is not less than 1000.
Note 2: "PM2.5 standard data" is the "data2" in the appendix.



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

Politeknik Negeri Jakarta

L - 11 Datasheet LCD I2C 20x4

VISHAY www.vishay.com **LCD-020N004L** Vishay

20 x 4 Character LCD



FEATURES

- Type: Character
- Display format: 20 x 4 characters
- Built-in controller: ST 7066 (or equivalent)
- Duty cycle: 1/16
- 5 x 6 dots includes cursor
- 5 V power supply (also available for +3 V)
- LED can be driven by pin 1, pin 2, pin 15, pin 16 or A and K
- N.V. optional for +3 V power supply
- Material categorization: For definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?91001

MECHANICAL DATA

ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	148.0 ± 0.5	
Mounting Area	121.0 ± 0.5	
Dot Size	0.80 ± 0.10	mm
Dot Pitch	0.80 ± 0.10	
Module Thickness	14.0 ± 0.5	
Character Size	4.84 ± 0.20	

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE	UNIT
Power Supply	V _{DD}	5.5	V
Input Voltage	V _I	5.5	V

Note: V_{DD} = 0 V, V_{DD} = 5.0 V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE	UNIT
Input Voltage	V _{DD}	V _{DD} = +5 V	4.7	5.5
Supply Current	I _{DD}	V _{DD} = +5 V	2.7	5.0
		V _{DD} = +5 V	6.0	10.0
		-20 °C	5.0	5.1
		0 °C	4.6	4.8
		25 °C	4.1	4.5
		55 °C	3.9	4.2
		75 °C	3.7	3.9
LED Forward Voltage	V _F	20 °C	2.0	2.8
LED Forward Current	I _F	25 °C	—	200
EL Power Supply Current	I _{EL}	V _{DD} = 11.0 V _{DD} 400 Hz	—	5.0

OPTIONS

PROCESS COLOR				BACKLIGHT			
TN	STN	STN	STN	None	LED	EL	CCFL
Gray	Yellow	Blue	BAW				
1	2	3	4	5	6	7	8

For detailed information please see the "Product Numbering System" document.

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE

Display Format	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DD RAM Address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13
DD RAM Address	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23	24	25	26	27
DD RAM Address	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B

Revision: 09-Oct-12 1 Document Number: 97314

For technical questions, contact: technical@vishay.com

THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT www.vishay.com/doc?91001

L - 12 Datasheet LED 5mm

Data Sheet For 5mm Super Bright Red LED – 5A3 Series Angle 15°
Class: P

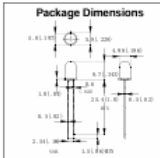
Features

- Standard T-1 Diameter Type Package.
- General Purpose Leads
- Reliable and Rugged

Absolute Maximum Ratings at Ta=25°C

Parameter	MAX.	Unit
Power Dissipation	50	mW
Peak Forward Current (≤ 1/10 Duty Cycle, 0.1 ms Pulse Width)	100	mA
Continuous Forward Current	20	mA
Derating Linear From 50°C	0.4	mW/°C
Reverse Voltage	5	V
Operating Temperature Range	-40°C to +80°C	
Storage Temperature Range	-40°C to +80°C	
Lead Soldering Temperature (4mm, 157° From Body)	260°C for 3 Seconds	

Package Dimensions



Electrical Optical Characteristics at Ta=25°C

Part Number	Lens color	Source Color	Dominant Wavelength λ _d nm I _F = 20mA (Note 5)			Luminous Intensity I _v / mcd I _F = 20mA (Note 5)			Forward Voltage V _F I _F = 20mA			Viewing Angle / Deg. (Note 6)
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
WW05A3SRP4-N	Water Clear	Red	620	—	630	6200	10000	—	—	2.0	2.4	15°

Reverse Voltage = 5V
Reverse Current = 50μA

Notes:

- All dimensions are in millimeter.
- Tolerance of measurement is ±0.25mm (0.1") unless others otherwise noted.
- Protruded resin under flanges is 1.0mm (0.4") max.
- Lead spacing is measured where the leads emerge from the package.
- Luminous intensity is measured with a light sensor and filter combination that approximates the CIE eye-response curve. Tolerance of measurement of luminous intensity is ±15%.
- θ_{1/2} is the off-axis angle at which the luminous intensity is half the axial luminous intensity. It uses many parameters that correspond to the CIE 1931 2°.
- Tolerance of measurement of angle is ±5 degree.
- Caution in ESD: Static Electricity and surge damages the LED. It is recommended to use a wrist band or anti-electrostatic glove when handling the LED. All devices, equipment and machinery must be properly grounded.
- The dominant wavelength, λ_d is derived from the CIE chromaticity diagram and represents the single wavelength which defines the color of the device.
- Specifications are subject to change without notice.



L - 13 Datasheet Buzzer

Technical Specifications

Below are the key technical details of the Buzzer Alarm Putih:

Parameter	Value
Operating Voltage	3V to 12V DC
Rated Voltage	5V DC
Current Consumption	≤ 30 mA
Sound Output Level	85 dB at 10 cm
Frequency Range	2 kHz to 4 kHz
Operating Temperature	-20°C to +60°C
Dimensions	12 mm (diameter) x 9 mm (height)

Pin Configuration and Descriptions

The Buzzer Alarm Putih typically has two pins:

Pin	Description
Positive (+)	Connect to the positive terminal of the power supply or control signal.
Negative (-)	Connect to the ground (GND) of the circuit.

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

