



© 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



**RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI ASAP ROKOK DI
DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN ANTENA
MIKROSTRIP *PATCH RECTANGULAR ARRAY* 2,3 GHz
DENGAN BOT TELEGRAM**

TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Dareal Putra Effendi
NIM.2303332048

PROGRAM STUDI TELEKOMUNIKASI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI ASAP ROKOK DI
DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN ANTENA
MIKROSTRIP *PATCH RECTANGULAR ARRAY* 2,3 GHz
DENGAN BOT TELEGRAM**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Diploma Tiga
(D3)**

DAREAL PUTRA EFFENDI

NIM.2303332048

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

2026



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Dareal Putra Effendi

NIM : 2303332048

Tanda Tangan :

Tanggal : 25 Juli 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Dareal Putra Effendi
NIM : 2303332048
Program Studi : Telekomunikasi
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Deteksi Asap Rokok di
Dalam Ruangan Menggunakan Antena
Mikrostrip Patch Array 2,3 GHz dengan Bot
Telegram

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 9 Juli 2026 dan dinyatakan **LULUS**

Pembimbing : Dr.Yenniwarti Rafsyam,SST.,M.T. ()
NIP. 196806271993032002

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 27 juli 2026

Disahkan oleh

Ketua jurusan teknik elektro





DR.MURIE DWIYANITI,S.T.,M.T
NIP.1978033122003122002



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.

Tugas akhir ini dibuat dengan judul “ Rancang Bangun Sistem Deteksi Asap Rokok di Dalam Ruangan Menggunakan Antena Mikrostrip Patch Array 2,3 GHz dengan Bot Telegram” untuk membantu pembelajaran. 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. Dr. Yenniwati Rafsyam, SST., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini;
2. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
3. Siti Bilqis Al’Mirah & Keysha Nur Ramadhan atas dukungan dan bantuannya selama proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Teman-teman yang memberikan dorongan dan dukungan 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 bermanfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 25 Juli 2026

Dareal Putra Effendi



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

enulis **RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI ASAP ROKOK DI DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN ANTENA MIKROSTRIP *PATCH RECTANGULAR ARRAY* 2,3 GHz DENGAN BOT TELEGRAM”**

ABSTRAK

Meningkatnya paparan asap rokok di dalam ruangan tertutup dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi penghuni, terutama perokok pasif. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu mendeteksi keberadaan asap rokok secara cepat dan memberikan notifikasi secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem deteksi asap rokok berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor MQ-2, ESP32 DevKit V1, LCD I2C 16×2, buzzer, dan Bot Telegram. Sistem komunikasi didukung oleh antenna mikrostrip patch rectangular array 1×2 U-Slot yang dirancang pada frekuensi 2,3 GHz menggunakan substrat FR-4 dan diuji menggunakan Vector Network Analyzer (VNA), sedangkan pengujian pola radiasi antenna dilakukan di dalam anechoic chamber pada Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro (TRGM), Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung (STEI-ITB), Bandung. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa antenna bekerja pada frekuensi resonansi 2,3 GHz dengan nilai return loss sebesar -27,62 dB, VSWR sebesar 1,086, bandwidth sebesar 82,46 MHz, dan gain sebesar 5,212 dBi. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa sensor MQ-2 membaca nilai smoke sebesar 62 (melebihi nilai threshold sebesar 50) saat mendeteksi asap rokok, sehingga ESP32 mengaktifkan buzzer, menampilkan status "BAHAYA" beserta nilai smoke dan threshold pada LCD I2C, serta mengirimkan notifikasi "ALARM ASAP ROKOK" melalui Bot Telegram secara real-time. Sebaliknya, pada kondisi udara normal dengan nilai smoke sebesar 16 (di bawah threshold), sistem menampilkan status "NORMAL" pada LCD tanpa mengaktifkan buzzer maupun mengirimkan notifikasi bahaya. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem deteksi asap rokok yang dirancang mampu bekerja dengan baik dan dapat digunakan sebagai solusi pemantauan kualitas udara dalam ruangan secara otomatis.

Kata kunci: Antena Mikrostrip, Patch Rectangular Array, 2,3 GHz, Deteksi Asap Rokok, MQ-2, ESP32, Bot Telegram, 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

“DESIGN AND IMPLEMENTATION OF INDOOR CIGARETTE SMOKE DETECTION SYSTEM USING 2,3 GHz RECTANGULAR PATCH MICROSTRIP ANTENNA ARRAY WITH TELEGRAM BOT”

ABSTRACT

The increasing exposure to cigarette smoke in enclosed spaces can cause health problems for occupants, particularly passive smokers. Therefore, a system capable of rapidly detecting the presence of cigarette smoke and providing real-time notifications is required. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based cigarette smoke detection system using an MQ-2 sensor, ESP32 DevKit V1, 16×2 I2C LCD, buzzer, and Telegram Bot. The communication system is supported by a 2.3 GHz 1×2 U-Slot rectangular patch array microstrip antenna designed on an FR-4 substrate and characterized using a Vector Network Analyzer (VNA), while the antenna radiation pattern testing was carried out inside an anechoic chamber at the Radio and Microwave Telecommunications Laboratory (TRGM), School of Electrical Engineering and Informatics, Institut Teknologi Bandung (STEI-ITB), Bandung. The measurement results show that the antenna operates at a resonant frequency of 2.3 GHz, with a return loss of -27.62 dB, a VSWR of 1.086, a bandwidth of 82.46 MHz, and a gain of 5.212 dBi. The system testing results show that the MQ-2 sensor recorded a smoke value of 62 (exceeding the threshold value of 50) upon detecting cigarette smoke, causing the ESP32 to activate the buzzer, display the "DANGER" status along with the smoke and threshold values on the I2C LCD, and send an "SMOKE ALARM" notification via the Telegram Bot in real time. Conversely, under normal air conditions with a smoke value of 16 (below the threshold), the system displayed a "NORMAL" status on the LCD without activating the buzzer or sending a danger notification. Based on the conducted tests, the proposed cigarette smoke detection system performs effectively and can be utilized as an automated indoor air quality monitoring solution.

Keywords: Microstrip Antenna, Rectangular Patch Array, 2,3 GHz, Cigarette Smoke Detection, MQ-2, ESP32, Telegram Bot, Internet of Things (IoT).

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 TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Luaran.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Sistem Deteksi Asap Rokok di Dalam Ruangan	3
2.2 Antena Mikrostrip <i>Patch Rectangular</i>	4
2.3 Parameter Kinerja Antena.....	7
2.3.1 <i>Return Loss</i> (S11)	7
2.3.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)	7
2.3.3 <i>Bandwidth</i>	8
2.3.4 Pola Radiasi (<i>Radiation Pattern</i>).....	8
2.3.5 <i>Gain</i>	9
2.3.6 Pola Radiasi	9
2.4 Antena Patch Array Rectangular 1x2	10
2.5 <i>U-Slot</i> pada Patch Antena Mikrostrip.....	10
2.6 <i>Pigtail SMA Male - Female</i>	12
2.7 Sensor Gas MQ-2	12
2.8 Mikrokontroler ESP32 DevKit V1	13
2.9 LCD I2C 16x2	14
2.10 <i>Buzzer</i>	15
2.11 <i>Cooling Fan Brushless 5v</i>	16
2.13 Bot Telegram.....	18
2.14 Jaringan <i>Wifi Orbit</i>	19
2.15 <i>Vector Network Analyzer</i> (VNA)	20
2.16 Arduino IDE	21
2.17 Quality of Service (QoS).....	22
2.18 <i>Wireshark</i> dan <i>Speedtest</i>	26
BAB III	27
PERANCANGAN DAN REALISASI	27
3.1 Rancangan Alat.....	27
3.1.1 Deskripsi Alat	27
3.1.2 Cara Kerja Alat	28
3.1.4 Diagram Blok.....	30
3.2. Realisasi Alat.....	31

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

3.2.1. Perancangan Antena Mikrostrip Rectangular <i>Patch Array</i>	32
3.2.2 Penentuan Frekuensi Kerja	33
3.2.3 Penentuan Panjang Gelombang (λ_0)	33
3.2.4 Perhitungan Dimensi Elemen Peradiasi	34
3.2.5 Perhitungan Dimensi Saluran Transmisi	36
3.2.6 Perancangan Antena di CST Studio Suite 2019	39
3.2.7 Melakukan Optimasi pada Hasil Simulasi Antena	48
3.2.8 Pembuatan antena	56
3.2.9 Perancangan PCB untuk Alat Deteksi Asap Rokok	58
3.2.11 Pembuatan Perangkat	60
3.2.12 Pembuatan Casing Deteksi Asap Rokok	74
BAB IV	77
PEMBAHASAN	77
4.1 Pengujian Parameter Antena	77
4.1.1 Deskripsi Pengujian	77
4.1.2 Pengujian Parameter <i>Return Loss</i> (S11)	78
4.1.3 Pengujian Parameter <i>Bandwidth</i>	81
4.1.4 Pengujian Parameter VSWR	83
4.1.5 Pengujian Parameter Pola Radiasi	86
4.2 Pengujian Pendeteksi Asap Rokok	91
4.2.1 Pengujian Sensor MQ-2	91
4.2.2 Pengujian LCD I2C	92
4.2.3 Pengujian Buzzer	94
4.2.4 Pengujian <i>Cooling Fan</i>	95
4.2.5 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem	96
4.3 Pengujian Pemasangan Antena pada Router <i>WiFi</i> Orbit	97
4.3.1 Pengujian Router <i>WiFi</i> Orbit	97
4.4 Pengujian <i>quality of service</i> (QoS) Jaringan Komunikasi <i>WiFi</i> Orbit	98
4.4.1 Pengujian <i>Throughput</i>	99
4.4.2 Pengujian <i>Packet Loss</i>	107
4.4.3 Pengujian <i>Delay</i>	109
4.4.4 Pengujian <i>Jitter</i>	111
4.4.5 Pengujian RSSI	113
4.5 Pengujian Bot Telegram	114
4.5.1 Konfigurasi Bot Telegram	114
4.5.2 Pengujian Pengiriman Notifikasi	115
4.6 Kondisi Keberhasilan Alat	117
4.7 Analisis Hasil Pengujian Keseluruhan	118
BAB V PENUTUP	119
5.1 Kesimpulan	119
5.2 Saran	119
DAFTAR PUSTAKA	121
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	122
LAMPIRAN	123



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Sensor MQ-2.....	13
Tabel 2.2 Spesifikasi ESP32 DevKit V1	14
Tabel 2.3 Spesifikasi LCD I2C 16x2	15
Tabel 2.4 Spesifikasi Buzzer Aktif.....	16
Tabel 2.5 Spesifikasi Cooling Fan Brushless 5V	17
Tabel 2.6 Spesifikasi Power Supply Unit 5V DC	18
Tabel 2.7 Spesifikasi Jaringan WiFi Orbit	20
Tabel 2.8 Spesifikasi Vector Network Analyzer CMT C1220	21
Tabel 2.9 Kategori Throughput	23
Tabel 2.10 Kategori Packet Loss.....	23
Tabel 2.11 Kategori Delay	24
Tabel 2.12 Kategori Jitter	25
Tabel 2.13 Kategori RSSI	25
Tabel 3.1 Spesifikasi Komponen Alat.....	30
Tabel 3.2 Parameter Optimasi Antena.....	48
Tabel 3.4 Perbandingan Hasil Simulasi Sebelum dan Sesudah	55
Tabel 4.1 Hasil pengukuran Pola Radiasi pada antena mikrostrip <i>rectangular patch array</i> 1x2.....	89
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Speedtest Router WiFi Orbit Lantai 1 Laboratorium Telekomunikasi.....	100
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Speedtest Router WiFi Orbit Lantai 2	101
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Speedtest Router WiFi Orbit Lantai 3 Laboratorium Telekomunikasi.....	102
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Speedtest di Rumah pada Kondisi Pagi Hari	103
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Speedtest di Rumah pada Kondisi Malam Hari.....	104
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Throughput	107
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Packet Loss	109
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Delay.....	110
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Jitter	112

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 GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Deteksi Asap Rokok di Dalam Ruangan	18
Gambar 2.2	Konfigurasi Array Antena Patch Rectangular 1x2	23
Gambar 2.3	Struktur Antena Patch Rectangular dengan U-Slot	25
Gambar 2.4	Pigtail SMA Male – Female	26
Gambar 2.5	Sensor Gas MQ-2	27
Gambar 2.6	ESP32 DevKit V1	28
Gambar 2.7	LCD I2C 16x2	29
Gambar 2.8	Buzzer Aktif	31
Gambar 2.9	Cooling Fan Brushless 5V	32
Gambar 2.10	Power Supply Unit 5V DC	33
Gambar 2.11	Tampilan Bot Telegram pada Smartphone	34
Gambar 2.12	Router WiFi Orbit	35
Gambar 2.13	Vector Network Analyzer CMT C1220	36
Gambar 2.14	Tampilan Software Arduino IDE	38
Gambar 3.1	Ilustrasi Alat Sistem Deteksi Asap Rokok	28
Gambar 3.2	Flowchart Cara Kerja Sistem Deteksi Asap Rokok	29
Gambar 3.3	Diagram Blok Sistem Deteksi Asap Rokok	31
Gambar 3.4	Flowchart perancangan antena mikrostrip rectangular patch array 1x2 U-Slot	33
Gambar 3.5	Desain hasil perhitungan lebar dan panjang patch antena mikrostrip patch rectangular array 1x2 U-Slot	36
Gambar 3.6	Desain hasil perhitungan inset pada saluran cabang antena mikrostrip patch rectangular	38
Gambar 3.7	Desain antena mikrostrip rectangular patch array 1x2 berdasarkan perhitungan	39
Gambar 3.8	Tampilan Awal CST Studio Suite 2019	40
Gambar 3.9	Pembuatan Substrat	40
Gambar 3.10	Pembuatan Groundplane	41
Gambar 3.11	Pembuatan Feedline	41
Gambar 3.12	Pembuatan Patch	42
Gambar 3.13	Pembuatan Insert	42
Gambar 3.14	Pembuatan Metode U-Slot	44
Gambar 3.15	Menu Boolean Subtract pada CST Studio Suite 2019	45
Gambar 4.1	Set-Up rangkaian pengukuran <i>return loss</i> antena mikrostrip patch rectangular array 1x2 U-slot	79
Gambar 4.2	Set-Up tampilan untuk mengukur <i>return loss</i> pada antena mikrostrip rectangular patch array 1x2 U-Slot	80
Gambar 4.3	Hasil pengujian <i>return loss</i> antena mikrostrip rectangular patch array 1x2 U-Slot	81
Gambar 4.4	Grafik pengukuran <i>bandwidth</i> antena mikrostrip rectangular patch array 1x2	83
Gambar 4.5	Set-Up tampilan untuk mengukur VSWR pada antena mikrostrip rectangular patch array 1x2 U-Slot	84
Gambar 4.6	Hasil pengukuran VSWR Antena Mikrostrip rectangular patch array 1x2 U-Slot	85
Gambar 4.7	Set-Up rangkaian mengukur pola radiasi Antena Mikrostrip rectangular patch array 1x2 U-Slot	87



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 PERSAMAAN

Persamaan 2.1	Rumus Panjang Gelombang	19
Persamaan 2.2	Rumus Panjang Patch	20
Persamaan 2.3	Rumus Perhitungan Permittivitas Efektif	20
Persamaan 2.4	Rumus Panjang Patch Efektif	20
Persamaan 2.5	Rumus Lebar Patch	21
Persamaan 2.6	Rumus Rasio Lebar dan Ketebalan Substrat	21
Persamaan 2.7	Rumus Perhitungan Permittivitas Efektif	21
Persamaan 2.8	Rumus Perhitungan Koreksi Panjang Fringing (ΔL)	22
Persamaan 2.9	Rumus Panjang Patch Efektif	22
Persamaan 2.10	Rumus Panjang Patch Aktual	22
Persamaan 2.11	Rumus Kedalaman Saluran Masuk (Inset Depth)	23
Persamaan 2.12	Rumus Return Loss	23
Persamaan 2.13	Rumus Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)	24
Persamaan 2.14	Rumus Bandwidth	24
Persamaan 2.15	Rumus Half Power Beamwidth (HPBW)	25
Persamaan 2.16	Rumus Gain	25
Persamaan 2.17	Rumus Throughput	38
Persamaan 2.18	Rumus Packet Loss	39
Persamaan 2.19	Rumus Delay	40
Persamaan 2.20	Rumus Jitter	41
Persamaan 2.21	Rumus RSSI	42
Persamaan 3.1	Rumus Panjang Gelombang	50
Persamaan 3.2	Rumus Perhitungan Lebar Patch	50
Persamaan 3.3	Rumus Perhitungan Panjang Patch	51
Persamaan 3.4	Rumus Perhitungan Permittivitas Efektif	51
Persamaan 3.5	Rumus Panjang Ekstensi	51
Persamaan 3.6	Rumus Perhitungan Panjang Patch Efektif	52
Persamaan 3.7	Rumus Perhitungan Panjang Aktual	52
Persamaan 3.8	Rumus Konstanta Pembantu	53
Persamaan 3.9	Rumus Lebar Saluran Transmisi Utama	53
Persamaan 3.10	Rumus Menentukan Kedalaman Saluran Masuk (Inset Depth).....	54
Persamaan 3.11	Rumus Menghitung Slot pada Antena	59
Persamaan 3.12	Rumus Menghitung Lebar Slot pada Antena	59
Persamaan 3.13	Rumus Menghitung Lebar Slot (F_u)	60
Persamaan 3.14	Rumus Menghitung Lebar Slot (C_u)	60
Persamaan 3.15	Rumus Menghitung Lebar Slot (D_u)	60

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Asap rokok merupakan salah satu polutan udara dalam ruangan yang paling berbahaya bagi kesehatan manusia. Menurut *World Health Organization* (WHO), paparan asap rokok (*second-hand smoke*) di dalam ruangan tertutup dapat meningkatkan risiko penyakit jantung koroner sebesar 25–30% dan kanker paru-paru sebesar 20–30% pada individu yang tidak merokok, serta menyebabkan iritasi mata, hidung, tenggorokan, dan paru-paru dalam jangka pendek (*World Health Organization*, n.d.). Banyaknya fasilitas umum, perkantoran, dan hunian yang masih rentan terhadap pelanggaran kawasan bebas rokok menjadikan sistem deteksi asap rokok otomatis sebagai kebutuhan yang semakin mendesak.

Seiring berkembangnya teknologi *Internet of Things* (IoT), kini sistem pemantauan lingkungan dapat dibuat lebih efisien dan mudah diakses dari jarak jauh menggunakan mikrokontroler ESP32 dan notifikasi Bot Telegram. Namun, antenna bawaan pada modul ESP32 memiliki keterbatasan dalam hal gain dan jangkauan sinyal WiFi pada lingkungan indoor yang memiliki banyak penghalang sehingga kualitas komunikasi dapat menurun (Espressif Systems, 2023). Untuk mengatasi hal tersebut, digunakan antenna mikrostrip *patch rectangular array* 1x2 elemen pada frekuensi 2,3 GHz yang memiliki profil rendah, bobot ringan, ukuran kompak, dan kemampuan meningkatkan *gain* sinyal WiFi.

Sistem ini mengintegrasikan sensor gas MQ-2, ESP32 DevKit V1, LCD I2C 16x2, buzzer, dan notifikasi Bot Telegram melalui jaringan WiFi. Diharapkan sistem ini dapat membantu penegakan kawasan bebas rokok dan melindungi kesehatan penghuni ruangan secara efektif dan efisien.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang di atas dapat ditarik suatu permasalahan yaitu:

1. Bagaimana cara merancang antenna mikrostrip *rectangular patch array* 1x2 pada frekuensi 2,3 GHz menggunakan CST *Studio Suite* 2019?



© 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 karakteristik antena mikrostrip *rectangular patch array* hasil pengukuran VNA, meliputi *return loss* (S11), VSWR, impedansi input, *gain* dan hasil pola radiasi?
3. Bagaimana kinerja sistem deteksi asap rokok berbasis IoT dalam mendeteksi keberadaan asap rokok dan mengirimkan notifikasi secara *real-time* melalui Bot Telegram?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan antena mikrostrip terhadap kualitas layanan (*Quality of Service*) QoS jaringan *WiFi* yang digunakan pada sistem deteksi asap rokok berbasis IoT?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat merancang antena mikrostrip *rectangular patch array* 1x2 pada frekuensi 2,3 GHz menggunakan perangkat lunak CST Studio Suite 2019.
2. Dapat mengetahui karakteristik antena mikrostrip *rectangular patch array* 1x2 meliputi *return loss*, VSWR, impedansi input, *gain*, dan pola radiasi berdasarkan hasil pengukuran VNA.
3. Dapat menganalisis kinerja sistem deteksi asap rokok berbasis IoT dalam mendeteksi keberadaan asap rokok dan mengirimkan notifikasi secara *real-time* melalui Bot Telegram.
4. Dapat menganalisis pengaruh penggunaan antena mikrostrip terhadap kualitas layanan (*Quality of Service/QoS*) jaringan *WiFi* yang digunakan pada sistem deteksi asap rokok berbasis IoT.

1.4 Luaran

Luaran dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Antena mikrostrip *rectangular patch array* 1x2 dengan frekuensi kerja 2,3 GHz.
2. Prototipe sistem deteksi asap rokok berbasis *Internet of Things* (IoT).
3. Laporan Tugas Akhir.
4. Artikel ilmiah pada 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

1.1 Kesimpulan

1. Antena mikrostrip patch array 1×2 U-Slot frekuensi 2,3 GHz berhasil dirancang, direalisasikan, dan dipasang pada Router WiFi Orbit sebagai antena eksternal untuk mendukung komunikasi sistem deteksi asap rokok berbasis IoT.
2. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan Vector Network Analyzer (VNA), karakteristik antena mikrostrip *rectangular patch array* 1×2 pada frekuensi 2,3 GHz telah diketahui, meliputi nilai *return loss* sebesar $-27,62$ dB, VSWR sebesar 1,086, impedansi input sebesar $50,20 \Omega$, *gain* sebesar 5,212 dBi, serta pola radiasi *directional*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa antena telah memenuhi spesifikasi perancangan.
3. Sistem deteksi asap rokok bekerja dengan baik. Sensor MQ-2 mampu mendeteksi asap, sedangkan ESP32 berhasil mengaktifkan buzzer, menampilkan status pada LCD I2C, dan mengirimkan notifikasi ke Bot Telegram secara real-time.
4. Berdasarkan hasil pengujian QoS, diperoleh nilai rata-rata throughput 25,34 kbps, delay 86,78 ms, jitter 114,81 ms, dan packet loss 0%, sehingga komunikasi data antara ESP32 dan Bot Telegram berjalan stabil dan real-time.

1.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya, antena dapat dikembangkan menggunakan material substrat dengan rugi-rugi (*loss tangent*) yang lebih rendah agar nilai *gain* dan efisiensi antena dapat ditingkatkan.
2. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan lebih banyak sensor atau menggunakan sensor gas yang memiliki tingkat sensitivitas dan selektivitas lebih baik sehingga pendeteksian asap menjadi lebih akurat.
3. Bot Telegram dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur riwayat notifikasi agar informasi yang diterima pengguna lebih lengkap.



© 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

4. Pengujian Quality of Service (QoS) dapat dilakukan pada lebih banyak variasi kondisi jaringan, jarak, dan jumlah pengguna untuk memperoleh hasil analisis komunikasi data yang lebih menyeluruh.





Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, M. D., & Natsir, N. I. (2022). *Rancang Bangun Antena Mikrostrip 2×1 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Jaringan 5G*. Tugas Akhir. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Afiyat, A., & Afif, M. (2024). *Implementasi Internet of Things pada Sistem Monitoring Berbasis ESP32*.
- Amillia, F., & Mulyono. (2024). Design and Optimization of a 1×2 Rectangular Array Antenna with U-Slot for 5G Application at 26 GHz Millimeter Wave. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 22(1), 182–189.
- Copper Mountain Technologies. (2025). *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*. [Copper Mountain Technologies](#)
- Fadhlurrohman, A., & Kristyawati, D. (2023). *Implementasi ESP32 pada Sistem Monitoring Berbasis Internet of Things*.
- Pozar, D. M. (1992). *Microwave Engineering* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Pramuditya, A., dkk. (2023). *Implementasi Telegram Bot pada Sistem Monitoring Berbasis Internet of Things*.
- Pratama, R., & Kiswantono, B. (2022). *Implementasi LCD I2C dan Sensor MQ-2 pada Sistem Monitoring Berbasis ESP32*.
- Sanaz, dkk. (2021). *Corporate Feed Network Design for Rectangular Microstrip Patch Array*.
- Telkomsel. (2024). *Orbit Internet Rumah*. Telkomsel Orbit
- Waveform. (2025). *RSSI (Received Signal Strength Indicator)*. Waveform RSSI Guide
- Wireshark Foundation. (2025). *Wireshark User Guide*. [Wireshark Documentation](#)
- Balanis, C. A. (2016). *Antenna Theory: Analysis and Design* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Garg, R., Bhartia, P., Bahl, I., & Ittipiboon, A. (2001). *Microstrip Antenna Design Handbook*. Artech House.
- Kumar, G., & Ray, K. P. (2003). *Broadband Microstrip Antennas*. Artech House.
- Pozar, D. M. (2012). *Microwave Engineering* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Pozar, D. M., & Schaubert, D. H. (1995). *Microstrip Antennas: The Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays*. IEEE Press.
- Stutzman, W. L., & Thiele, G. A. (2013). *Antenna Theory and Design* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Dareal Putra Effendi Lahir di Jakarta, 1 Mei 2005. Lulus dari ARRIDHA AL-SALAM tahun 2017. Lalu melanjutkan pendidikan di SMPQ AL-IHSAN dan lulus tahun 2020. Lalu melanjutkan ke jenjang menengah di SMA Negeri 9 Depok dan lulus tahun 2023. Lalu melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Politeknik Negeri Jakarta pada Program Studi Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro dan memperoleh Gelar Diploma Tiga (D3) tahun 2026.

**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





LAMPIRAN

Lampiran 1 Source Code ESP32

```

/*****
 * SMOKE DETECTOR ESP32 - FINAL FIX INSTAN ON/OFF
 * Standar Kualitas Udara: > 50 PPM (Tidak Sehat/Bahaya)
 * Hardware PCB (image_1df042.png) Matched.
 * UPDATE: HYPER-SENSITIVE MODE
 *****/

#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <UniversalTelegramBot.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

//=====
// WIFI
//=====
const char* ssid    = "rell";
const char* password = "darelazzah";

//=====
// TELEGRAM CREDENTIALS
//=====
#define BOT_TOKEN "8450190981:AAFACozZQBiaT89sxHByAa2nGUTXSJZOcdk"
String CHAT_ID = "8398821948";

WiFiClientSecure client;
UniversalTelegramBot bot(BOT_TOKEN, client);

//=====
// LCD
//=====
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

//=====
// PIN (Sesuai Layout PCB)
//=====
#define MQ2_PIN      34
#define TRIMPOT_PIN  35
#define BUZZER_PIN   4
#define LED_GREEN    26
#define LED_RED      27

//=====
// VARIABLE
//=====
int smokeValue      = 0;
int smokePpm        = 0;
int rssi             = 0;

bool alarmActive     = false;
bool telegramSent    = false;

unsigned long lastLCD = 0;
unsigned long lastRead = 0;

//=====
// KALIBRASI PPM (DIUBAH BIAR LEBIH SENSITIF)
//=====
// Semakin kecil angka LEVEL_ACTIVE_SMOKE, semakin cepat PPM meroket

```

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

```
const float LEVEL_ACTIVE_SMOKE = 15.0; // Asalnya 46.0, diturunin drastis jadi 15.0
const float PPM_ACTIVE_SMOKE = 40.0;
const float PPM_GAIN = PPM_ACTIVE_SMOKE / LEVEL_ACTIVE_SMOKE;

//=====
// BASELINE
//=====
int baselineSmoke = 0;
int smokeLevel = 0;
int sensitivity = 51;
int alarmTarget = 0;

//=====
// FILTER
//=====
const byte SAMPLE = 10;
int sampleBuffer[SAMPLE];

const byte TRIM_SAMPLE = 15;
int trimBuffer[TRIM_SAMPLE];
int trimIndex = 0;
long trimSum = 0;
bool trimBufferFull = false;

//=====
// MANUAL TEST MODE
//=====
bool manualTestActive = false;
unsigned long manualTestStart = 0;
const unsigned long MANUAL_TEST_DURATION = 3000;

//=====
// TELEGRAM TIMEOUT / STATUS
//=====
const uint16_t TELEGRAM_HANDSHAKE_TIMEOUT_SEC = 12;
const uint16_t TELEGRAM_CONNECT_TIMEOUT_MS = 8000;
bool telegramReachable = false;

//=====
// PROTOTYPE
//=====
void connectWiFi();
void warmupSensor();
void calibrateMQ2();
void readSensor();
void updateLCD();
void normalMode();
void alarmMode();
void checkAlarm();
void buzzerSelfTest();
void handleSerialTest();
void sendTelegramAlarm();
void sendTelegramNormal();
void reconnectWiFi();
int filteredMQ2();
int filteredTrimpot();
bool testTelegramReachability();
void recalibrateNow();

//=====
// SETUP
//=====
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Ketik 'T' lalu Enter untuk TEST manual alarm.");
  Serial.println("Ketik 'C' lalu Enter untuk KALIBRASI ULANG baseline.");
}
```



© 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

```
pinMode(LED_GREEN, OUTPUT);
pinMode(LED_RED, OUTPUT);
pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);

digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
digitalWrite(LED_RED, LOW);
digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);

Wire.begin(21, 22);
lcd.init();
lcd.backlight();

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Smoke Detector");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Starting...");
delay(1500);

analogReadResolution(12);
analogSetAttenuation(ADC_11db);

for (int i = 0; i < TRIM_SAMPLE; i++)
{
    trimBuffer[i] = analogRead(TRIMPOT_PIN);
    trimSum += trimBuffer[i];
    delay(10);
}
trimBufferFull = true;

connectWiFi();

client.setInsecure();
client.setHandshakeTimeout(TELEGRAM_HANDSHAKE_TIMEOUT_SEC);
client.setTimeout(TELEGRAM_CONNECT_TIMEOUT_MS / 1000);

warmupSensor();
calibrateMQ2();

buzzerSelfTest();
lcd.clear();

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Cek Telegram... ");
    telegramReachable = testTelegramReachability();
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(telegramReachable ? "Server OK" : "Server GAGAL");
    delay(1500);

    if (telegramReachable) {
        Serial.println(">>> Mencoba kirim pesan Booting ke Telegram...");
        client.setInsecure();

        String bootMsg = "\xF0\x9F\xA4\x96 Alat Smoke Detector Berhasil Dinyalakan!\n";
        bootMsg += "Sinyal WiFi: " + String(WiFi.RSSI()) + " dBm";
        bool sent = bot.sendMessage(CHAT_ID, bootMsg, "");

        if (sent) {
            Serial.println(">>> Pesan Booting BERHASIL terkirim!");
        } else {
            Serial.println(">>> Pesan Booting GAGAL terkirim!");
        }
    }
}
```



© 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

```

    }
    } else {
        Serial.println(">>> DIAGNOSTIK: ESP32 TIDAK BISA MENJANGKAU api.telegram.org.");
    }
}

//=====
// DIAGNOSTIK: TES KONEKSI KE SERVER TELEGRAM
//=====
bool testTelegramReachability()
{
    WiFiClientSecure testClient;
    testClient.setInsecure();
    testClient.setHandshakeTimeout(TELEGRAM_HANDSHAKE_TIMEOUT_SEC);

    unsigned long t0 = millis();
    Serial.print(">>> Diagnostik: menghubungi api.telegram.org ... ");

    bool ok = testClient.connect("api.telegram.org", 443);
    unsigned long elapsed = millis() - t0;

    if (ok) {
        Serial.print("BERHASIL (");
        Serial.print(elapsed);
        Serial.println(" ms");
        testClient.stop();
        return true;
    } else {
        Serial.print("GAGAL setelah ");
        Serial.print(elapsed);
        Serial.println(" ms");
        testClient.stop();
        return false;
    }
}

//=====
// BUZZER SELF TEST
//=====
void buzzerSelfTest()
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Test Buzzer...");

    for (int i = 0; i < 2; i++)
    {
        digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
        delay(150);
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
        delay(150);
    }
    delay(500);
}

//=====
// CONNECT WIFI
//=====
void connectWiFi()
{
    WiFi.mode(WIFI_STA);
    WiFi.begin(ssid, password);

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

```



© 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

```

int dot = 0;
unsigned long start = millis();

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && millis() - start < 15000)
{
  delay(500);
  lcd.setCursor(dot, 1);
  lcd.print(".");
  dot++;
  if (dot > 15)
  {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(" ");
    dot = 0;
  }
}

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED)
{
  lcd.print("WiFi Connected");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(WiFi.localIP());
}
else
{
  lcd.print("WiFi Timeout");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Offline Mode");
}
delay(2000);
}

//=====================================================
// KALIBRASI MQ2
//=====================================================
void calibrateMQ2()
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Kalibrasi...");

  long total = 0;

  for (int i = 0; i < 100; i++)
  {
    total += filteredMQ2();
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(i + 1);
    lcd.print("% ");
    delay(50);
  }

  baselineSmoke = total / 100;

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Baseline:");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(baselineSmoke);
  delay(2000);
}

```



© 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

```
//=====
// WARMUP MQ2 (25 detik)
//=====
void warmupSensor()
{
    const int WARMUP_SECONDS = 25;
    for (int i = WARMUP_SECONDS; i >= 0; i--)
    {
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("MQ2 Warming Up");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(i);
        lcd.print(" sec");
        delay(1000);
    }
    lcd.clear();
}

//=====
// MOVING AVERAGE FILTER
//=====
int filteredMQ2()
{
    long total = 0;
    for (int i = 0; i < SAMPLE; i++)
    {
        total += analogRead(MQ2_PIN);
        delay(5);
    }
    return total / SAMPLE;
}

int filteredTrimpot()
{
    int raw = analogRead(TRIMPOT_PIN);
    trimSum -= trimBuffer[trimIndex];
    trimBuffer[trimIndex] = raw;
    trimSum += raw;
    trimIndex = (trimIndex + 1) % TRIM_SAMPLE;
    return trimSum / TRIM_SAMPLE;
}

//=====
// READ SENSOR
//=====
void readSensor()
{
    smokeValue = filteredMQ2();

    // AUTO-TRACKING BASELINE
    if (smokeValue < baselineSmoke - 2) {
        baselineSmoke = smokeValue;
    }

    smokeLevel = smokeValue - baselineSmoke;
    if (smokeLevel < 0) smokeLevel = 0;

    // DEADBAND FILTER (DIUBAH BIAR LEBIH SENSITIF)
    // Sekarang fluktuasi kecil (>= 2) langsung dibaca jadi PPM
    if (smokeLevel < 2) {
        smokeLevel = 0;
    }

    smokePpm = (int)round(smokeLevel * PPM_GAIN);

    int trimFiltered = filteredTrimpot();
}
```



© 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

```
// RANGE TRIMPOT DIGANTI: Sesuai standar 30 PPM sampai 100 PPM
// Putar Trimpot sampai layar menunjukkan 52 PPM (Batas Tidak Sehat)
sensitivity = map(trimFiltered, 0, 4095, 30, 100);

alarmTarget = sensitivity;

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED)
  rssi = WiFi.RSSI();
else
  rssi = 0;

float voltage = smokeValue * 3.3 / 4095.0;

Serial.print("ADC=");      Serial.print(smokeValue);
Serial.print(" Volt=");    Serial.print(voltage, 2);
Serial.print(" RawLvl="); Serial.print(smokeLevel);
Serial.print(" PPM=");    Serial.print(smokePpm);
Serial.print(" Baseline="); Serial.print(baselineSmoke);
Serial.print(" ThresholdPPM="); Serial.print(sensitivity);
Serial.print(" RSSI=");    Serial.println(rssi);
}

//=====
// LCD
//=====
void updateLCD()
{
  lcd.setCursor(0, 0);

  if (manualTestActive)
  {
    lcd.print("*** TEST MODE *** ");
  }
  else
  {
    String line1 = "Smoke:" + String(smokePpm) + "/" + String(sensitivity) + "PPM";

    while(line1.length() < 16) {
      line1 += " ";
    }
    lcd.print(line1.substring(0, 16));
  }

  String status = alarmActive ? "BAHAYA " : "AMAN ";

  String line2 = status + "Sig:" + String(rssi);
  while (line2.length() < 16) line2 += " ";

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(line2.substring(0, 16));
}

//=====
// KENDALI ALARM
//=====
void normalMode()
{
  digitalWrite(LED_GREEN, HIGH);
  digitalWrite(LED_RED, LOW);
  digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
}

void alarmMode()
{
}
```



© 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

```
digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
digitalWrite(LED_RED, HIGH);
digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
}

//=====
// LOGIKA ALARM INSTAN 100% (TANPA DELAY / HYSTERESIS)
//=====
void checkAlarm()
{
    if (manualTestActive) return;

    // Jika PPM Naik menyentuh atau melewati Threshold (Misal 52)
    if (smokePpm >= sensitivity)
    {
        if (!alarmActive)
        {
            alarmActive = true;
            alarmMode();    // Buzzer INSTAN NYALA
            updateLCD();

            // Kirim Telegram
            if (!telegramSent) {
                telegramSent = true;
                sendTelegramAlarm();
            }
        }
        else
        {
            alarmMode();    // Pastikan Buzzer terus nyala selama asap masih ada
        }
    }
    // Jika PPM turun (Walaupun cuma turun 1 angka dari batas)
    else
    {
        if (alarmActive)
        {
            alarmActive = false;
            normalMode();    // Buzzer INSTAN MATI
            updateLCD();

            // Kirim Telegram Normal
            if (telegramSent) {
                telegramSent = false;
                sendTelegramNormal();
            }
        }
        else
        {
            normalMode();    // Pastikan Buzzer mati sepenuhnya saat aman
        }
    }
}

//=====
// MANUAL TEST VIA SERIAL MONITOR
//=====
void handleSerialTest()
{
    if (Serial.available())
    {
        char c = Serial.read();
        if ((c == 'T' || c == 't') && !manualTestActive)
        {
            manualTestActive = true;
            manualTestStart = millis();

            Serial.println(">>> MANUAL TEST DIMULAI: LED + Buzzer + Telegram <<<");
        }
    }
}
```



© 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

```

    alarmActive = true;
    alarmMode();
    updateLCD();

    sendTelegramAlarm();
  }
  else if (c == 'C' || c == 'c')
  {
    recalibrateNow();
  }
}

if (manualTestActive && (millis() - manualTestStart >= MANUAL_TEST_DURATION))
{
  manualTestActive = false;
  alarmActive = false;
  normalMode();
  updateLCD();

  Serial.println(">>> MANUAL TEST SELESAI <<<");
  sendTelegramNormal();
}

//=====
// KALIBRASI ULANG BASELINE TANPA RESTART
//=====
void recalibrateNow()
{
  Serial.println(">>> KALIBRASI ULANG DIMULAI - pastikan udara bersih...");

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Kalibrasi Ulang");

  long total = 0;
  for (int i = 0; i < 100; i++)
  {
    total += filteredMQ2();
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(i + 1);
    lcd.print("% ");
    delay(50);
  }

  baselineSmoke = total / 100;

  Serial.print(">>> Baseline baru = ");
  Serial.println(baselineSmoke);

  lcd.clear();
}

//=====
// TELEGRAM ALARM
//=====
void sendTelegramAlarm()
{
  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) return;
  if (!telegramReachable) {
    Serial.println(">>> Lewati kirim Telegram: server tidak terjangkau.");
    return;
  }
}

```



© 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

```

Serial.println(">>> Sedang mengirim pesan ALARM ke Telegram...");

client.setInsecure();

String message = "\xF0\x9F\x9A\xA8 ALARM ASAP TERDETEKSI\n";
message += "=====\n";
message += "Kadar Smoke : " + String(smokePpm) + " PPM\n";
message += "Threshold : " + String(alarmTarget) + " PPM\n";
message += "Kekuatan Sinyal: " + String(rssi) + " dBm\n";
message += "Status : BAHAYA";

bool sent = bot.sendMessage(CHAT_ID, message, "");

if(sent) {
  Serial.println(">>> Telegram ALARM BERHASIL terkirim!");
} else {
  Serial.println(">>> Telegram ALARM GAGAL terkirim!");
}
}

//=====
// TELEGRAM NORMAL
//=====
void sendTelegramNormal()
{
  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) return;
  if (!telegramReachable) {
    Serial.println(">>> Lewati kirim Telegram: server tidak terjangkau.");
    return;
  }

  Serial.println(">>> Sedang mengirim pesan NORMAL ke Telegram...");

  client.setInsecure();

  String message = "\xE2\x9C\x85 KONDISI KEMBALI NORMAL\n";
  message += "=====\n";
  message += "Kadar Smoke : " + String(smokePpm) + " PPM\n";
  message += "Threshold : " + String(alarmTarget) + " PPM\n";
  message += "Kekuatan Sinyal: " + String(rssi) + " dBm\n";
  message += "Status : AMAN";

  bool sent = bot.sendMessage(CHAT_ID, message, "");

  if(sent) {
    Serial.println(">>> Telegram NORMAL BERHASIL terkirim!");
  } else {
    Serial.println(">>> Telegram NORMAL GAGAL terkirim!");
  }
}

//=====
// AUTO RECONNECT WIFI
//=====
void reconnectWiFi()
{
  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) return;

  static unsigned long lastAttempt = 0;
  if (millis() - lastAttempt < 15000) return;

  lastAttempt = millis();
  WiFi.disconnect(true);
  delay(500);
  WiFi.begin(ssid, password);

```



© 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

```

}

//=====
// LOOP
//=====
void loop()
{
    reconnectWiFi();
    handleSerialTest();

    if (millis() - lastRead >= 200)
    {
        lastRead = millis();
        readSensor();
        checkAlarm();
    }

    if (millis() - lastLCD >= 250)
    {
        lastLCD = millis();
        updateLCD();
    }

    delay(10);
}

```

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**