



© 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 *SMART EXHAUST* BERDASARKAN
INDEKS STANDAR PENCEMARAN UDARA (ISPU)
BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

TUGAS AKHIR

Khairafasha Ardiyani

2303321064

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI D-3 ELEKTRONIKA INDUSTRI

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Perancangan Sistem Pengolahan Data *Smart Exhaust*
Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga

Khairafasha Ardiyani

2303321064

PROGRAM STUDI D-3 ELEKTRONIKA INDUSTRI

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

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 : Khairafasha Ardiyani

NIM : 2303321064

Tanda Tangan :

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Tanggal : 2 Juli 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Khairafasha Ardiyani
NIM : 2303321064
Program Studi : Elektronika Industri
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun *Smart Exhaust* Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) Berbasis *Internet of Things*
Subjudul Tugas Akhir : Perancangan Sistem Pengolahan Data *Smart Exhaust* Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Kamis, 02 Juli 2026 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing : Iwa Sudradjat, S.T., M.T.
NIP. 196106071986011002

Depok, 15 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 mengumumkan 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 Negeri Jakarta.

Tugas Akhir berjudul "Rancang Bangun Smart Exhaust Berdasarkan ISPU Berbasis Internet of Things" ini merancang sistem pengolahan data smart exhaust berbasis ISPU menggunakan ESP32, yang mengolah data PM2.5 dari sensor PMS5003 menjadi nilai ISPU melalui interpolasi linear, serta mengendalikan exhaust fan dengan mekanisme hysteresis dan kontrol manual via Blynk.

Dalam setiap bagian dalam penelitian ini tentu melekat jasa dan kontribusi dari banyak orang. Untuk itu—walau jelas tak cukup untuk membalasnya—peneliti wajib mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ibu Dr. Murie Dwiyanti, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan pelayanan yang baik kepada semua mahasiswa untuk kelancaran studi
2. Bapak Ihsan Auditia Akhinov, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Elektronika Industri Politeknik Negeri Jakarta
3. Bapak Iwa Sudrajat, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, menyediakan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk membimbing dan mendukung saya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen Program Studi Elektronika Industri Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu—ilmu selama penulis mengemban pendidikan di Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta
5. Yang paling utama kepada kedua orang tua saya, Bapak Bambang Mawardi dan Ibu Sri Budiarti, yang telah memberikan kasih sayang, nasihat, motivasi, serta memenuhi segala kebutuhan penulis. Doa dan dukungan mereka tak pernah putus—dari awal perkuliahan hingga detik ini.



© 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

6. Kepada abang saya Wahyu Ardiansyah yang rela bekerja sangat keras untuk membantu adik nya. Terimakasih meskipun tak pernah duduk di bangku kuliah, tetap bekerja keras agar penulis bisa merasakan pendidikan yang lebih baik dari yang pernah beliau lewati.
7. Tidak lupa penulis ucapkan terimakasih untuk orang terkasih yang menjadi bagian penting dalam perjalanan penulis. Terimakasih kepada pemilik NIM 2303321094. Terimakasih atas segala waktu, kesabaran, perhatian, dan kebersamaan yang diberikan. Terimakasih karena selalu hadir sebagai tempat pulang, tempat bercerita tanpa takut dihakimi, serta menemani penulis melewati banyak hal, baik suka maupun duka.
8. Untuk teman teman yang sudah banyak membantu selama proses perkuliahan dan membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, khusus nya Gisel yang paling sering menemani, Wining, Rani, Helmi, Ghani, Tiar, Dhifka, Vajar, Ando, April dan Arum.
9. Terakhir penulis ucapkan terimakasih sebanyak banyaknya kepada diri sendiri, Khaira Fasha Ardiani yang sangat sulit dimengerti isi kepalanya. Apresiasi sebesar—besarnya karena telah berjuang untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terimakasih untuk tetap hidup walau ingin mati berkali—kali. Terimakasih tetap menjalani hari—hari yang tidak pernah direncanakan sebelumnya akan menjadi sepanjang 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, 2 Juli 2026

Penulis,
Khairafasha Ardiyani



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 *Smart Exhaust* Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara
(ISPU) Berbasis *Internet of Things*

Abstrak

Kualitas udara dalam ruangan merupakan faktor penting yang mempengaruhi kesehatan, terutama pada ruangan dengan sumber polutan seperti dapur atau laboratorium. Partikulat halus PM_{2.5} menjadi parameter utama yang perlu dipantau karena ukurannya yang sangat kecil memungkinkan partikel tersebut menembus hingga ke alveolus paru-paru dan masuk ke sistem peredaran darah. Penelitian ini merancang sistem pengolahan data dan logika kendali smart exhaust berbasis Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem membaca konsentrasi PM_{2.5} dari sensor PMS5003, mengkonversinya menjadi nilai ISPU menggunakan metode interpolasi linear sesuai Peraturan Menteri LHK No. 14 Tahun 2020, dan menerapkan kendali ON/OFF dengan mekanisme hysteresis (batas nyala >100, batas mati <90) untuk mencegah chattering. Sistem juga dilengkapi dengan kontrol manual melalui platform Blynk serta tampilan informasi lokal pada LCD 16x2. Hasil pengujian kesesuaian ISPU terhadap dua stasiun referensi KLHK (Gelora Bung Karno dan SPKU Lubang Buaya) menunjukkan tingkat kesesuaian kategori sebesar 93,3% (28 dari 30 titik pengamatan), dengan selisih pada beberapa titik disebabkan oleh waktu pemanasan sensor dan resolusi temporal data referensi, terutama pada titik yang nilai PM_{2.5}-nya berada di sekitar batas breakpoint kategori. Pengujian efektivitas hysteresis membuktikan bahwa sistem berhasil mencegah chattering pada relay, dengan status relay tidak berubah selama nilai ISPU berada pada rentang 90–100. Pengujian tambahan menggunakan sumber polutan nyata (asap rokok dan debu makeup) menunjukkan respons sensor dan logika kendali yang konsisten dan proporsional terhadap perubahan konsentrasi PM_{2.5}. Integrasi mode otomatis dan manual melalui Blynk juga berjalan tanpa konflik, dengan kontrol manual memiliki prioritas eksekusi yang lebih tinggi dibandingkan logika otomatis. Dengan demikian, sistem yang dirancang mampu bekerja secara responsif, stabil, dan sesuai dengan regulasi kualitas udara yang berlaku di Indonesia.

Kata kunci: smart exhaust, ISPU, PM_{2.5}, hysteresis, ESP32



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

*Smart Exhaust Design Based on Air Pollution Standard Index (ISPU) Using
Internet of Things*

Abstrack

Indoor air quality is an important factor affecting health, especially in rooms with pollutant sources such as kitchens or laboratories. Fine particulate matter PM_{2.5} is the main parameter that needs to be monitored due to its very small size, allowing particles to penetrate deep into the pulmonary alveoli and enter the bloodstream. This study designs a data processing and control logic system for a smart exhaust based on the Air Pollution Standard Index (ISPU) using an ESP32 microcontroller. The system reads PM_{2.5} concentration from the PMS5003 sensor, converts it into ISPU values using linear interpolation method in accordance with Minister of Environment and Forestry Regulation No. 14 of 2020, and applies ON/OFF control with a hysteresis mechanism (turn-on threshold >100, turn-off threshold <90) to prevent chattering. The system is also equipped with manual control via the Blynk platform and local information display on a 16x2 LCD. Conformity testing of ISPU values against two KLHK reference stations (Gelora Bung Karno and SPKU Lubang Buaya) shows a category agreement rate of 93.3% (28 of 30 observation points), with discrepancies attributed to sensor warm-up time and the temporal resolution of reference data, particularly when PM_{2.5} values fell near category breakpoints. Hysteresis effectiveness testing proves that the system successfully prevents chattering on the relay, with relay status unchanged when ISPU values are within the 90–100 range. Additional testing using real pollutant sources (cigarette smoke and makeup dust) shows a consistent and proportional response from both the sensor and control logic to changes in PM_{2.5} concentration. Integration of automatic and manual modes via Blynk also runs without conflict, with manual control having higher execution priority than automatic logic. Thus, the designed system is able to work responsively, stably, and in accordance with applicable air quality regulations in Indonesia.

Keywords: *smart exhaust, ISPU, PM_{2.5}, hysteresis, ESP32*



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.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
Abstrak.....	vii
Abstrack.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Manfaat.....	4
1.5. Luaran.....	5
BAB II.....	6
2.1. Kualitas Udara Dalam Ruangan.....	6
2.2. Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU).....	7
2.2.1. Pengertian dan Dasar Hukum ISPU.....	7
2.2.2. Parameter ISPU.....	8
2.2.3. Kategori dan Rentang Nilai ISPU.....	8
2.3. Konversi Konsentrasi PM 2.5 menjadi ISPU.....	9
2.3.1. Interpolasi Linear.....	9
2.4. Internet of Things.....	11
2.5. ESP32.....	11
2.6. Sistem Kendali Otomatis.....	12
2.7. Kendali ON/OFF.....	14
2.8. Konsep Threshold (Ambang Batas).....	15
2.9. Mekanisme Hysteresis.....	16
2.10. Ventilasi dan Air Changes per Hour (ACH).....	18
BAB III.....	20
3.1. Rancangan Alat.....	20
3.1.1. Deskripsi Kerja Alat.....	20
3.1.2. Cara Kerja Alat.....	21
3.1.3. Spesifikasi Desain Alat.....	22



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

3.1.4. Diagram blok.....	23
3.2. Realisasi Alat.....	29
3.2.1. Realisasi Pembacaan Data Sensor.....	29
3.2.2. Realisasi Konversi PM2.5 Menjadi ISPU.....	31
3.2.3. Realisasi Kendali Otomatis.....	32
3.2.4. Realisasi Integrasi Mode Otomatis dan Manual.....	34
3.2.5. Realisasi Komunikasi Data.....	36
BAB IV.....	39
4.1. Pengujian Kesesuaian Nilai ISPU terhadap Stasiun Pemantauan KLHK Gelora Bung Karno.....	39
4.1.1. Deskripsi Pengujian.....	39
4.1.2. Prosedur Pengujian.....	39
4.1.3. Data Hasil Pengujian.....	40
4.1.4. Analisis Data / Evaluasi.....	41
4.2. Pengujian Kesesuaian Nilai ISPU terhadap Stasiun Pemantauan KLHK Monumen Pancasila Sakti.....	44
4.2.1. Deskripsi Pengujian.....	44
4.2.2. Prosedur Pengujian.....	44
4.2.3. Data Hasil Pengujian.....	45
4.2.4. Analisis Data / Evaluasi.....	46
4.3. Pengujian Efektivitas Mekanisme Hysteresis.....	48
4.3.1. Deskripsi Pengujian.....	48
4.3.2. Prosedur Pengujian.....	49
4.3.3. Data Hasil Pengujian.....	49
4.3.4. Analisis Data / Evaluasi.....	50
4.4. Pengujian Integrasi Mode Otomatis dan Manual.....	51
4.4.1. Deskripsi Pengujian.....	51
4.4.2. Prosedur Pengujian.....	51
4.4.3. Data Hasil Pengujian.....	51
4.4.4. Analisis Data / Evaluasi.....	53
4.5. Pengujian Respons Sistem terhadap Sumber Polutan Nyata.....	54
4.5.1. Deskripsi Pengujian.....	54
4.5.2. Prosedur Pengujian.....	54
4.5.3. Data Hasil Pengujian.....	55
4.5.4. Analisis Data / Evaluasi.....	56
BAB V.....	60
5.1. Kesimpulan.....	60
5.2. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 ESP32.....	12
Gambar 3.2 Diagram Blok.....	23
Gambar 3.3 Program Pembacaan Sensor PMS5003.....	30
Gambar 3.4 Program Pembacaan Sensor BME680.....	30
Gambar 3.5 Program Konversi nilai PM2.5.....	32
Gambar 3.6 Program Kendali Otomatis.....	33
Gambar 3.7 Program Kendali Manual.....	35
Gambar 3.8 Program Komunikasi Data ke Blynk.....	37





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 TABEL

Tabel 2.1 Konversi Indeks Standar Pencemaran Udara.....	10
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat.....	22
Tabel 4.1 Data pengujian Kesesuaian ISPU KLHK GBK.....	40
Tabel 4.2 Data pengujian Kesesuaian ISPU SPKU Lubang Buaya.....	45
Tabel 4.3 Data Pengujian Mekanisme Hysteresis.....	49
Tabel 4.4 Data Pengujian Mode Otomatis Manual.....	51
Tabel 4.5 Data Pengujian Respon Sistem Terhadap Sumber Polutan.....	55



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 dalam ruangan merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kesehatan manusia, terutama pada ruangan dengan sumber polutan seperti dapur atau laboratorium. Partikulat halus PM_{2,5} menjadi parameter utama yang perlu dipantau karena ukurannya yang sangat kecil—kurang dari 2,5 mikrometer, memungkinkan partikel tersebut menembus lebih dalam hingga alveolus paru-paru dan bahkan masuk ke sistem peredaran darah. Paparan jangka panjang terhadap PM_{2,5} terbukti meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular, gangguan pernapasan, dan kematian dini. Tanpa sistem pengendalian yang tepat, akumulasi PM_{2,5} dalam ruangan dapat berlangsung tanpa disadari dan berdampak buruk bagi kesehatan penghuninya. Penelitian menunjukkan bahwa ventilasi yang tidak memadai di ruang tertutup seperti dapur atau laboratorium dapat menyebabkan konsentrasi polutan meningkat secara signifikan dalam waktu singkat, yang berisiko memicu gangguan pernapasan akut hingga penyakit kronis (WHO, 2021) .

Seiring dengan meningkatnya kesadaran terhadap pentingnya kualitas udara, perkembangan ilmu pengetahuan di bidang Internet of Things (IoT) telah memungkinkan terciptanya sistem otomatis yang dapat mengendalikan perangkat berdasarkan data dari sensor secara real-time. Namun, data konsentrasi PM_{2,5} yang diperoleh dari sensor masih berupa nilai mentah dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yang tidak langsung dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan kendali. Di Indonesia, standar yang digunakan untuk mengubah nilai konsentrasi tersebut menjadi informasi kualitas udara yang terukur adalah Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor



© 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

P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020, ISPU didefinisikan sebagai angka tanpa satuan yang menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu, didasarkan pada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika, dan makhluk hidup lainnya. ISPU mengkategorikan udara menjadi lima tingkatan: Baik (0-50), Sedang (51-100), Tidak Sehat (101-200), Sangat Tidak Sehat (201-300), dan Berbahaya (>300). Diperlukan metode konversi yang tepat, yaitu interpolasi linear sesuai Peraturan Menteri LHK No. 14 Tahun 2020, untuk mengubah konsentrasi PM_{2,5} menjadi nilai ISPU yang dapat digunakan sebagai parameter kendali.

Setelah nilai ISPU diperoleh, sistem harus mampu mengambil keputusan kendali secara otomatis. Logika kendali yang sederhana namun efektif adalah on-off control, di mana exhaust fan akan menyala jika ISPU melebihi batas tertentu dan mati jika berada di bawah batas tertentu. Namun, logika sederhana ini dapat menyebabkan chattering (pergantian status terlalu cepat) jika nilai ISPU berfluktuasi di sekitar batas ambang. Oleh karena itu, diperlukan mekanisme hysteresis yang memberikan jeda antara batas nyala dan batas mati untuk menjaga kestabilan sistem.

Penelitian oleh Setia, Suprianto, Endryansyah & Kholis (2025) di Universitas Negeri Surabaya merancang sistem kendali exhaust fan berbasis IoT yang mampu menghemat energi listrik hingga 24,6% dibandingkan sistem manual. Penelitian oleh Anas (2025) di UIN Sunan Ampel Surabaya mengembangkan smart exhaust fan berbasis IoT dengan kecepatan aktivasi aktuator sebesar 3 ms setelah sensor melewati ambang batas. Penelitian oleh Pramono et al. (2025) mengimplementasikan exhaust fan berbasis IoT untuk ventilasi kamar mandi yang aktif secara otomatis berdasarkan ambang batas sensor. Penelitian oleh Sholeh, Herwandi & Sungkono (2024) di Politeknik Negeri Malang mengembangkan sistem pengaturan kecepatan exhaust fan menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali.



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

Namun, penelitian-penelitian tersebut belum mengintegrasikan standar Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) Indonesia sebagai dasar pengambilan keputusan kendali, sehingga sistem yang dihasilkan belum sepenuhnya sesuai dengan regulasi yang berlaku di Indonesia. Selain itu, proses pengolahan data sensor PM_{2,5} menjadi nilai ISPU dan penerapan logika kendali otomatis berbasis hysteresis masih belum menjadi satu kesatuan sistem yang terintegrasi. Hal ini menjadi celah penelitian yang mendasari dilakukannya penelitian ini.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan sistem pengolahan data dan logika kendali smart exhaust berbasis ISPU. Sistem yang dirancang akan mengolah data PM_{2,5} hasil pembacaan sensor menjadi nilai ISPU menggunakan metode interpolasi linear, kemudian menerapkan logika kendali otomatis on-off dengan mekanisme hysteresis (batas nyala >100, batas mati <90) pada mikrokontroler ESP32. Dengan sistem ini, diharapkan exhaust fan dapat bekerja secara responsif, stabil, dan efisien berdasarkan standar kualitas udara yang berlaku di Indonesia.

1.2. Perumusan Masalah

- 1) Bagaimana mengolah data konsentrasi PM_{2,5} yang terbaca oleh sensor menjadi nilai Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) menggunakan metode interpolasi linear sesuai dengan Peraturan Menteri LHK No. 14 Tahun 2020?
- 2) Bagaimana menerapkan logika kendali otomatis pada ESP32 sehingga exhaust fan dapat menyala dan mati secara otomatis berdasarkan nilai ISPU dengan mekanisme *hysteresis* (batas nyala >100 dan batas mati <90) untuk mencegah terjadinya *chattering*?
- 3) Bagaimana mengintegrasikan logika kendali otomatis berbasis ISPU dengan kontrol manual pada ESP32 sehingga keduanya dapat berjalan secara bersamaan tanpa konflik?



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

1.3. Tujuan

- 1) Mengolah data konsentrasi PM_{2,5} yang terbaca oleh sensor menjadi nilai Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) menggunakan metode interpolasi linear sesuai dengan Peraturan Menteri LHK No. 14 Tahun 2020.
- 2) Menerapkan logika kendali otomatis pada ESP32 sehingga exhaust fan dapat menyala dan mati secara otomatis berdasarkan nilai ISPU dengan mekanisme *hysteresis* (batas nyala >100 dan batas mati <90) untuk mencegah terjadinya *chattering*..
- 3) Mengintegrasikan logika kendali otomatis berbasis ISPU dengan kontrol manual pada ESP32 sehingga keduanya dapat berjalan secara bersamaan tanpa konflik.

1.4. Manfaat

1. Manfaat Teoritis

- a. Menambah referensi keilmuan mengenai penerapan metode interpolasi linear dalam mengkonversi data konsentrasi PM_{2,5} menjadi nilai Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) sesuai dengan Peraturan Menteri LHK No. 14 Tahun 2020.
- b. Memberikan kontribusi pengetahuan mengenai penerapan mekanisme hysteresis pada sistem kendali ON/OFF berbasis mikrokontroler untuk mencegah terjadinya *chattering* pada relay.
- c. Menjadi bahan referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan integrasi sistem kendali otomatis dan manual berbasis Internet of Things (IoT), khususnya pada aplikasi pengendalian kualitas udara dalam ruangan.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Pengguna

Sistem yang dirancang dapat membantu menjaga kualitas udara dalam ruangan seperti dapur atau laboratorium secara otomatis, responsif, dan sesuai dengan standar ISPU yang berlaku di Indonesia, sehingga risiko



© 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

paparan PM_{2,5} terhadap kesehatan penghuni ruangan dapat diminimalkan.

b. Bagi Institusi Pendidikan

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pembelajaran dan referensi tambahan di lingkungan Program Studi Elektronika Industri, Politeknik Negeri Jakarta, khususnya dalam pengembangan sistem kendali berbasis mikrokontroler dan IoT.

c. Bagi Perkembangan Teknologi

Penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan lebih lanjut untuk sistem smart exhaust yang lebih kompleks, misalnya dengan penambahan parameter pencemar lain atau integrasi dengan sistem smart home, sehingga dapat mendukung terciptanya lingkungan yang lebih sehat dan efisien secara energi.

1.5. Luaran

Adapun luaran dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Prototype *Smart Exhaust* Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) Berbasis *Internet of Things*
2. Laporan Tugas Akhir
3. Draft Artikel Ilmiah

**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

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, dan pengujian sistem pengolahan data dan logika kendali smart exhaust berbasis Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. **Konversi PM2.5 menjadi ISPU** — Sistem mampu mengolah data konsentrasi PM2.5 yang terbaca oleh sensor PMS5003 menjadi nilai ISPU menggunakan metode interpolasi linear sesuai Permen LHK No. 14 Tahun 2020. Verifikasi perhitungan manual pada seluruh titik yang diuji menunjukkan bahwa metode interpolasi telah diterapkan secara matematis tepat. Dari total 30 titik pengamatan pada dua lokasi (Stasiun KLHK GBK dan SPKU Lubang Buaya), sistem menghasilkan kategori ISPU yang sesuai dengan referensi pada 28 titik (93,3%). Ketidaksesuaian pada 2 titik di GBK disebabkan oleh selisih kecil konsentrasi PM2.5 yang kebetulan berada tepat di sekitar batas breakpoint kategori Sedang–Tidak Sehat, akibat waktu pemanasan sensor dan resolusi temporal data referensi KLHK, bukan oleh kesalahan logika konversi.
2. **Logika kendali otomatis dengan hysteresis** — Sistem berhasil menerapkan logika kendali ON/OFF pada ESP32 dengan mekanisme hysteresis (batas nyala >100 , batas mati <90) untuk mengendalikan exhaust fan. Dari tujuh skenario pengujian, status relay tidak mengalami perubahan kondisi selama nilai ISPU berada pada rentang 90–100, baik saat dicapai dari arah naik maupun turun, membuktikan lebar zona hysteresis 10 poin efektif mencegah chattering tanpa mengorbankan responsivitas.
3. **Integrasi mode otomatis dan manual** — Sistem berhasil mengintegrasikan logika kendali otomatis berbasis ISPU dengan



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

kontrol manual melalui Blynk. Kedua mode dapat berjalan bersamaan tanpa konflik, dengan kontrol manual memiliki prioritas eksekusi lebih tinggi selama sistem berada pada mode manual, dan peralihan ke mode otomatis memicu evaluasi ulang logika hysteresis pada siklus pembacaan berikutnya.

4. **Respons terhadap sumber polutan nyata** — Pengujian menggunakan asap rokok dan debu makeup menunjukkan bahwa sensor PMS5003 dan logika konversi ISPU memberikan respons yang konsisten, proporsional, dan sesuai perhitungan matematis terhadap perubahan konsentrasi PM2.5 nyata, dengan seluruh aksi relay sesuai mekanisme hysteresis yang dirancang. Pengujian ini menjadi validasi fungsional tambahan di luar perbandingan terhadap stasiun pemantauan tetap, mengingat keterbatasan akses terhadap alat ukur reference-grade.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut guna meningkatkan kinerja dan fungsionalitas sistem:

1. **Mekanisme konsistensi perintah manual** — Saat sistem dialihkan dari otomatis ke manual tanpa perintah baru, status relay masih mengikuti kondisi terakhir mode otomatis. Disarankan menambahkan penyimpanan riwayat perintah manual agar status relay konsisten dengan perintah manual terakhir setiap kali kembali ke mode manual.
2. **Kalibrasi menggunakan alat reference-grade** — Pengujian pada penelitian ini menggunakan perbandingan terhadap stasiun KLHK dan pengujian kualitatif-fungsional dengan sumber polutan nyata karena keterbatasan akses terhadap alat ukur reference-grade (mis. beta attenuation monitor). Pengembangan selanjutnya disarankan

melakukan kalibrasi langsung menggunakan alat tersebut untuk memperoleh nilai akurasi kuantitatif sensor PMS5003.

3. **Penambahan parameter ISPU** — Sistem saat ini hanya menggunakan PM2.5. Integrasi parameter lain seperti PM10, CO, atau NO₂ sesuai Permen LHK No. 14 Tahun 2020 dapat memberikan gambaran kualitas udara yang lebih komprehensif.
4. **Pengujian jangka panjang** — Disarankan pengujian operasional dalam rentang waktu lebih panjang (mis. satu minggu–satu bulan) pada berbagai kondisi lingkungan dan aktivitas ruangan.
5. **Kontrol kecepatan bertingkat** — Pengembangan lanjutan dapat menerapkan kendali PID atau kecepatan bertingkat via VFD agar exhaust fan bekerja proporsional terhadap tingkat pencemaran, mengoptimalkan konsumsi energi.
6. **Integrasi smart home** — Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut untuk terintegrasi dengan perangkat rumah pintar lain (AC, jendela otomatis) demi pengendalian kualitas udara yang lebih holistik.

**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 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

DAFTAR PUSTAKA

- World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara. Jakarta: KLHK.
- Setia, N. D., Suprianto, B., Endryansyah, E., & Kholis, N. (2025). Perancangan sistem kendali exhaust fan berbasis IoT dengan sensor MQ-2 dan DHT22 untuk optimalisasi konsumsi energi. *Jurnal Teknik Elektro*, 14(3), 250-256.
- Anas, M. L. H. (2025). Analisis dan perancangan sistem hybrid power supply untuk smart exhaust fan sebagai pendeteksi suhu dan asap diruangan menggunakan metode waterfall [Skripsi]. UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Pramono, A., Wiratama, H., Michelle, J., Putra, A. A., Kusuma, R. X., & Mappaturi, A. B. (2025). IoT-based exhaust fan implementation into bathroom ventilation: A villa Kusuma hills housing case study. *AIP Conference Proceedings*, 3179(1), 060020.
- Sholeh, M. I., Herwandi, & Sungkono. (2024). Perancangan variable frequency drive untuk mengatur kecepatan exhaust fan. *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, 4(3).
- Pratiwi, R., & Nugroho, S. (2021). Analisis kualitas udara dalam ruangan berdasarkan konsentrasi PM_{2.5}. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 13(2), 85–94.
- Winanti, R., Munawar, E., & Ihsan, T. (2022). Evaluasi Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) sebagai Informasi Mutu Udara Ambien di Indonesia. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(2), 2928–2935.



© 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

Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' thing. *RFID Journal*, 22(7), 97–114.

Rahman, A., & Saputra, M. (2021). Sistem monitoring kondisi udara berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 5(4), 678–685.

Espressif Systems. (2024). *ESP32 Series Datasheet Version 4.8*. Shanghai: Espressif Systems.

Ogata, K. (2020). *Modern Control Engineering* (6th ed.). Pearson.

Maier, A., Sharp, A., & Vagapov, Y. (2017). Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the Internet of Things. In *Proceedings of the Internet Technologies and Applications (ITA)* (pp. 143-148). Wrexham, UK.

Lestari, P., & Wahyudi, A. (2021). Implementasi kontrol ON–OFF pada sistem ventilasi ruangan. *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 15(2), 101–108.

Plantower Technology. (2025). *PMS5003—Laser PM2.5 sensor: Product specification and parameters*. Diakses dari <https://www.plantower.com>

**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

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup Penulis



Lulus dari SDN Pulo Gebang 10 Petang Cakung tahun 2016, SMPN 172 Jakarta tahun 2019, dan SMKN 4 Jakarta pada tahun 2022

Lampiran 2. Design Alat



Lampiran 3. Ruang Uji





© 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

c. Pengujian Efektivitas Mekanisme Hysteresis

=====

=====

PM2.5 : 47
PM10 : 58
ISPU : 89
FAN : OFF

=====

=====

PM2.5 : 50
PM10 : 61
ISPU : 93
FAN : OFF

=====

=====

=====

=====

PM2.5 : 60
PM10 : 71
ISPU : 105
FAN : ON

=====

=====

=====

PM2.5 : 54
PM10 : 68
ISPU : 98
FAN : ON

=====



© 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

```
=====
PM2.5 : 51
PM10  : 62
ISPU   : 94
FAN    : ON
=====
```

```
=====
PM2.5 : 68
PM10  : 75
ISPU   : 114
FAN    : ON
=====
```

```
=====
PM2.5 : 43
PM10  : 52
ISPU   : 84
FAN    : OFF
=====
```

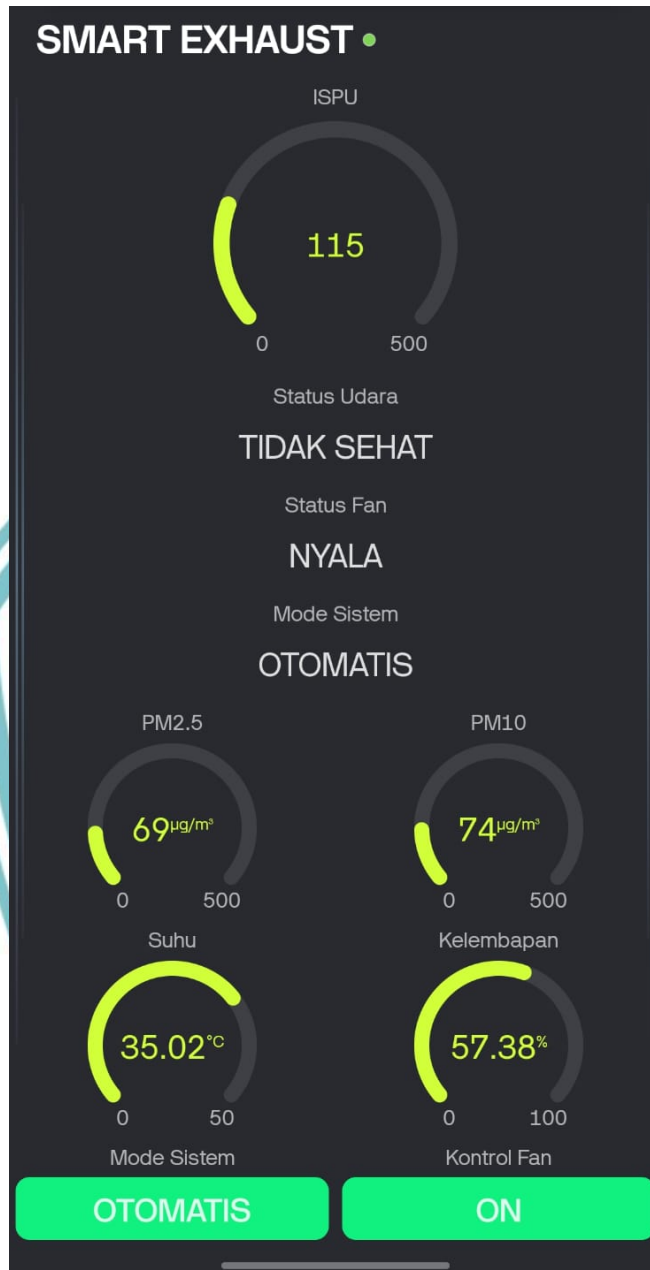


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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

d. Pengujian Integrasi Mode Otomatis dan Manual

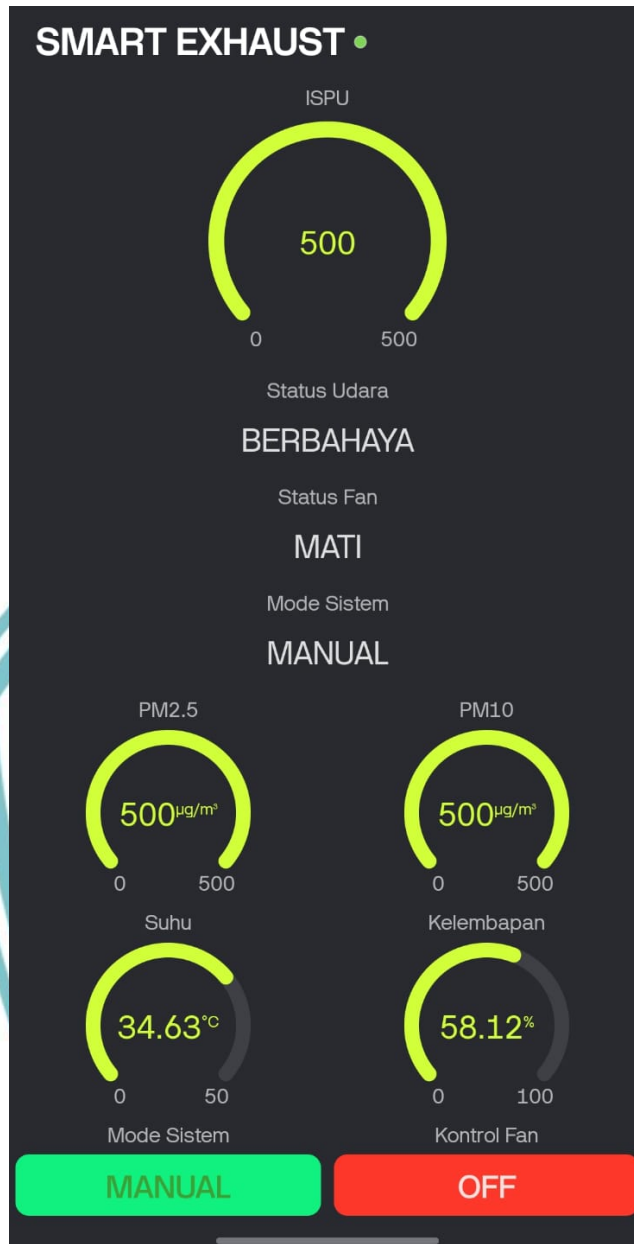




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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





© 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





© 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

e. Pengujian Respons Sistem terhadap Sumber Polutan Nyata

