

NASKAH ORISINAL

Smart Air Monitoring dan HEPA System Menggunakan Metode Fuzzy Logic di Ruangan Publik untuk Kesehatan dan Lingkungan yang Berkelanjutan

Safira Firdaus Mujiyanti* | I Putu Eka Widya Pratama | Sefi Novendra Patrialova | Ahmad Radhy | Dwi Nur Fitriyanah | Akhmad Ibnu Hija | Muhammad Roy Ashiddiqi | Muhammad Zanuar | Abdul Rohid | Tepy Lindia Nanta

¹Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Korespondensi

*Safira Firdaus Mujiyanti, Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, Alamat e-mail: safira.firdaus@its.ac.id

Alamat

Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Abstrak

Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas udara dan kesadaran lingkungan di Desa Roomo, Kabupaten Gresik, melalui pengaplikasian *Smart Air Monitoring and HEPA System* berbasis Panel Surya di Balai Desa Roomo untuk kesehatan dan lingkungan yang berkelanjutan. Desa Roomo, yang terpapar dampak industri besar, menghadapi tantangan serius terkait polusi udara yang mengancam kesehatan warga, terutama anak-anak. Dengan memanfaatkan teknologi, kegiatan ini diharapkan dapat memberikan solusi konkret untuk mengatasi permasalahan tersebut. Masyarakat Desa Roomo menghadapi dampak negatif industri, termasuk emisi gas, pembakaran bahan baku, dan aktivitas kendaraan industri. Anak-anak di dalam ruangan publik Desa Roomo menjadi rentan terhadap polusi udara, menyebabkan risiko kesehatan yang tinggi. Oleh karena itu, perlu adanya sistem *Monitoring* dan filtrasi udara yang inovatif untuk mengukur dan mengontrol polusi debu. Dengan implementasi alat ini, diharapkan dapat memberikan manfaat nyata bagi masyarakat Desa Roomo. Melalui *Smart Air Monitoring and HEPA System*, kualitas udara di sekitar dan di dalam ruangan publik Desa Roomo dapat ditingkatkan, membawa dampak positif terhadap kesehatan anak-anak dan menyadarkan masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan. Kegiatan ini juga sejalan dengan tema prioritas abmas tahun ini, yaitu pemberdayaan masyarakat yang mendukung pilar *SDGs*, khususnya kesehatan dan lingkungan. Harapannya, produk yang telah dirancang dapat mencapai target luaran berupa jurnal ilmiah nasional, berita media massa, *book chapter*, produk teknologi tepat guna dilengkapi paten, dan hak cipta video.

Kata Kunci:

Air Monitoring, HEPA Filter, Kesehatan, Lingkungan, Polusi.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Salah satu tantangan utama yang dihadapi saat ini adalah polusi udara, yang tidak hanya berdampak pada perubahan iklim, tetapi juga menyebabkan risiko kesehatan masyarakat dan individu melalui peningkatan angka penyakit dan kematian^[1]. Oleh karena itu, deteksi dan pemantauan terhadap konsentrasi polutan menjadi kritis untuk mengambil tindakan pencegahan terhadap peningkatan senyawa berbahaya di udara yang mungkin dihirup manusia. Pengukuran dan pemantauan kualitas udara dalam ruangan memainkan peran penting dalam mengidentifikasi potensi dampak kesehatan manusia dan lingkungan^[2]. Adapun permasalahan gangguan pada sistem ventilasi udara, seperti kurangnya sirkulasi udara segar, distribusi udara yang buruk, dan kurangnya perawatan sistem ventilasi, dapat menyebabkan kualitas udara dalam ruangan menjadi buruk^[3]. Desa Roomo, Manyar, Gresik, merupakan daerah yang memiliki tingkat pencemaran udara yang cukup tinggi akibat aktivitas industri di sekitarnya^[4]. Paparan polutan dari lingkungan eksternal dapat berdampak pada kualitas udara dalam ruangan, terutama di fasilitas publik yang memiliki sirkulasi udara terbatas. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang mampu memantau serta menjaga kualitas udara dalam ruangan secara efisien untuk meminimalkan risiko kesehatan bagi masyarakat setempat.

Untuk mengatasi permasalahan kualitas udara dalam ruangan, dikembangkan sistem *Smart Air Monitoring* and *HEPA* yang didukung oleh teknologi *photovoltaic*. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi serta menyaring udara menggunakan filter *HEPA* guna mengurangi kadar polutan berbahaya di dalam ruangan publik. Penggunaan *photovoltaic* sebagai sumber energi memberikan solusi yang ramah lingkungan serta meningkatkan efisiensi sistem dalam mengolah dan memantau kualitas udara. Penerapan metode *fuzzy logic* dalam sistem ini bertujuan untuk mengoptimalkan pengoperasian perangkat dengan menyesuaikan kinerja berdasarkan parameter kualitas udara yang terdeteksi. *Fuzzy logic* memudahkan sistem untuk beradaptasi secara dinamis terhadap perubahan kondisi lingkungan, sehingga penggunaan energi menjadi lebih efisien dan responsivitas sistem meningkat dalam menjaga kualitas udara yang optimal. Dengan implementasi sistem ini, diharapkan kualitas udara dalam ruangan publik dapat terjaga, risiko kesehatan akibat polusi udara dapat diminimalkan, serta pemanfaatan energi terbarukan dapat diperluas untuk mendukung keberlanjutan lingkungan.



Gambar 1 Kawasan Industri di Desa Roomo.

Mitra yang terlibat dalam program KKN Abmas berbasis Produk adalah Karang Taruna ERGAMOR di Desa Roomo, Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik, sebuah desa yang terpengaruh secara signifikan oleh dampak industri, khususnya dalam bidang kesehatan dan lingkungan. Analisis situasi mengidentifikasi permasalahan utama, termasuk dampak negatif industri terhadap kesehatan masyarakat dan degradasi lingkungan. Dua permasalahan prioritas yang akan ditangani melibatkan pengaruh dampak industri terhadap kesehatan masyarakat, terutama anak-anak, serta degradasi lingkungan akibat kegiatan industri. Pada kelompok masyarakat umum, fokus ditujukan pada peningkatan pelayanan kesehatan dan pengelolaan lingkungan untuk meningkatkan ketentraman masyarakat. Tujuan program ini adalah mengurangi dampak negatif industri, meningkatkan kesadaran masyarakat, dan memberikan solusi konkret yang sesuai dengan Peta Jalan dan Tema Ungulan Pusat Kajian 2024, dengan harapan memberikan kontribusi positif terhadap kesejahteraan dan keberlanjutan lingkungan di Desa Roomo.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Untuk mengatasi masalah ini, kami mengusulkan implementasi sistem berbasis teknologi yang terdiri dari *photovoltaic* untuk sumber energi, *Smart Air Monitoring*, *HEPA System*, dan metode *fuzzy logic*. Pertama, pemasangan panel surya (*photovoltaic*) sebagai sumber energi alternatif akan mengurangi ketergantungan pada energi konvensional dan menurunkan biaya operasional listrik, mendukung penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Kedua, penggunaan sensor kualitas udara yang mampu mendeteksi dan memonitor kualitas udara secara *real-time* serta dilengkapi dengan kemampuan *IoT* untuk mengirimkan data ke pusat kontrol akan menyediakan informasi akurat dan terkini tentang kondisi udara, memudahkan tindakan cepat jika kualitas udara memburuk, dan meningkatkan kesadaran masyarakat tentang kualitas udara di sekitar mereka. Ketiga, instalasi filter *HEPA* (*High Efficiency Particulate Air*) yang mampu menyaring partikel-partikel mikro termasuk debu, polutan, dan mikroorganisme akan meningkatkan kualitas udara dengan menyaring partikel berbahaya secara efektif, berkontribusi pada kesehatan yang lebih baik bagi penghuni ruangan. Terakhir, implementasi algoritma *fuzzy logic* untuk mengatur dan mengoptimalkan operasi sistem pemurnian udara berdasarkan data yang dikumpulkan oleh sensor akan memudahkan penyesuaian otomatis sistem pemurnian udara sesuai dengan kondisi lingkungan, mengoptimalkan kinerja dan efisiensi energi, serta mengurangi biaya operasional. Dengan mengimplementasikan solusi berbasis teknologi ini, mitra akan mampu menghadapi dan menyelesaikan permasalahan utama terkait kualitas udara dalam ruangan publik, meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan masyarakat, serta mendukung keberlanjutan lingkungan dalam jangka panjang.

1.3 | Target Luaran

Target luaran dari solusi yang ditawarkan diantaranya pertama, jurnal nasional yang dihasilkan akan dipublikasikan pada jurnal nasional pengabdian kepada masyarakat dengan ketentuan terakreditasi minimal Sinta 4. Kedua, *book chapter* akan menjadi topik pada Buku Abmas Pusat Kajian ITS, dimana buku ini diterbitkan oleh ITS Press dan akan ditempatkan di *repository* perpustakaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Ketiga, berita populer media massa akan dipublikasikan melalui portal berita media massa dengan tujuan untuk menyampaikan peran perpustakaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dalam pengabdian kepada masyarakat. Keempat, produk *photovoltaic* pada *Smart Air Monitoring* and *HEPA System* menggunakan metode *fuzzy logic* berupa sistem kontrol dan *Monitoring* pada kondisi udara dalam ruangan publik di Desa Roomo telah dihasilkan sehingga keperluan paten patut didaftarkan untuk mendapatkan kekayaan intelektual. Selain keperluan paten, hak cipta video produk juga dihasilkan dan menjadi luaran dalam program pengabdian masyarakat guna mendukung adanya kekayaan intelektual produk.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | Persyaratan Kualitas Udara

ISPU merupakan angka tanpa satuan, digunakan untuk menggambarkan kondisi mutu udara *ambient* di lokasi tertentu dan didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya^[5]. Ambang batas parameter dan nilai ISPU pada Tabel 1. sebagai berikut:

Tabel 1 ISPU Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

ISPU	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0–50	50	15.5	52	4000	120	80	45
51–100	150	55.4	180	8000	235	200	100
101–200	350	150.4	400	15000	400	1130	215
201–300	420	250.4	800	30000	800	2260	432
>300	500	500	1200	45000	1000	3000	648

Keterangan:

- Data pengukuran selama 24 jam secara terus-menerus.
- Hasil perhitungan ISPU parameter partikulat (PM2.5) disampaikan tiap jam selama 24 jam.
- Hasil perhitungan ISPU parameter partikulat (PM10), Sulfur Dioksida (SO₂), Karbon Monoksida (CO), Ozon (O₃), Nitrogen Dioksida (NO₂) DAN Hidrokarbon (HC), diambil nilai ISPU parameter tertinggi dan paling sedikit disampaikan setiap jam 09.00 dan jam 15.00.

2.2 | Partikulat PM2.5

Menurut penelitian^[6], konsentrasi partikulat PM2.5 tidak boleh melebihi ambang batas 65 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ambang batas ini dirancang untuk melindungi kesehatan manusia dan lingkungan dari dampak negatif partikulat PM2.5. Studi oleh^[7] mengungkapkan bahwa eksposur jangka panjang terhadap partikulat PM2.5 dapat menyebabkan peningkatan risiko penyakit pernapasan, penyakit kardiovaskular, dan bahkan kematian dini. Oleh karena itu, pemantauan kualitas udara, terutama dalam hal konsentrasi partikulat PM2.5, menjadi sangat penting untuk memastikan kualitas udara sesuai dengan standar ISPU pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Recommended 2021 AQG Levels

Pollutant	Averaging time	2005 air quality guideline	2021 AQG level
PM2.5, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Annual	10	5
	24-hour ^a	25	15
PM10, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Annual	20	15
	24-hour ^a	50	45
O ₃ , ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Peak season ^b	–	60
	8-hour ^a	100	100
NO ₂ , ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Annual	40	10
	24-hour ^a	–	25
SO ₂ , ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24-hour ^a	20	40
CO, (mg/m^3)	24-hour ^a	–	4

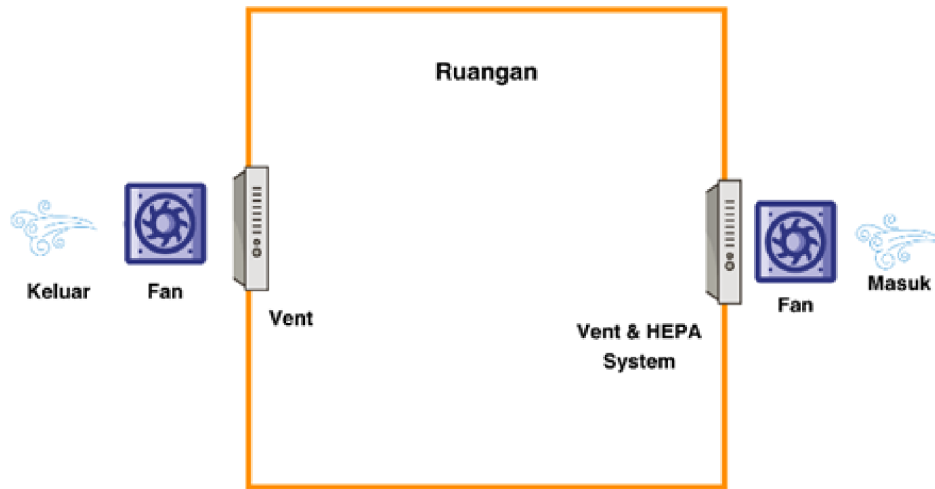
2.3 | Sistem Ventilasi Udara

Ventilasi adalah proses di mana udara bersih dari luar masuk ke dalam ruangan sekaligus mendorong udara kotor di dalam ruangan ke luar sesuai dengan desain ruangan^[8]. Sistem sirkulasi udara yang baik sangat menentukan apakah bangunan yang dirancang akan terasa nyaman atau tidak. Penggunaan ventilasi untuk melemahkan polutan dan zat pencemar adalah suatu upaya untuk meningkatkan kualitas udara di dalam ruangan^[9]. Berbagai jenis ventilasi, seperti mekanikal, hibrida alami, dan tugas-ambient, dapat digunakan. Namun, ventilasi mekanikal memiliki keuntungan dalam biaya operasional dan instalasi yang mudah. Sistem ventilasi udara ada tiga, yaitu *Natural Ventilation* (sistem sirkulasi udara alami), *Mechanical Ventilation*, *Sistem Class-1*, *Combination Ventilation* (Sistem sirkulasi udara *intake air fan* dan *exhaust air natural*), *Sistem Class-2*, dan *Combination Ventilation* Sistem sirkulasi udara *intake air fan* dan *exhaust air natural*), *Sistem Class-3*.

Gambar 2 merupakan sistem *mechanical ventilation* (sistem sirkulasi udara dengan *fan*). *Mechanical Ventilation* adalah sistem sirkulasi udara dengan *fan*. Ventilasi mesin biasanya berupa unit *fan* baik untuk *exhaust* maupun *fresh air*. Mesin-mesin ini bertujuan untuk mempercepat sirkulasi udara dalam ruangan.

3 | METODE KEGIATAN

Dalam pelaksanaan kegiatan Program Pengabdian Masyarakat ini dilakukan beberapa tahapan mulai dari tahap studi literatur sampai dengan tahap pembuatan laporan akhir. Berikut merupakan penjelasan metode kegiatan sebagai berikut.



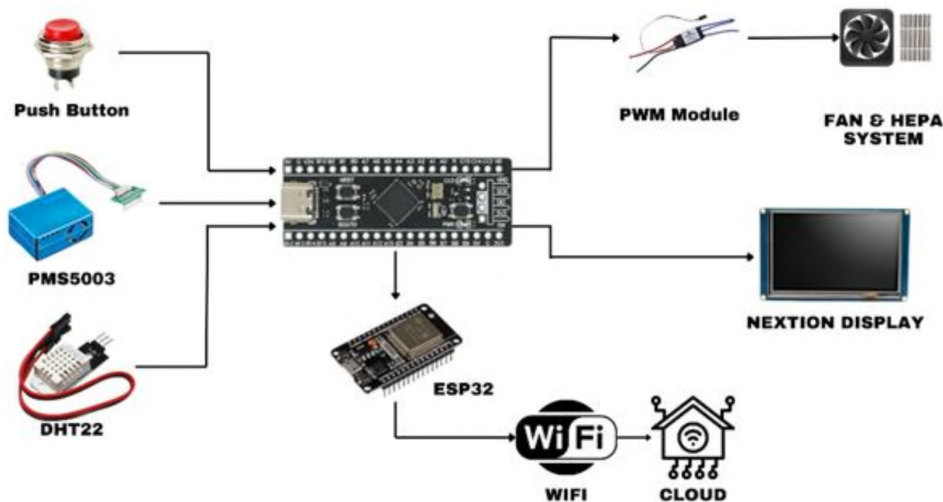
Gambar 2 *Mechanical Ventilation Sistem Class-1.*

3.1 | Studi Literatur

Pada studi literatur dilakukan proses mencari referensi dan mengidentifikasi materi yang berkaitan dengan sistem pengendalian kualitas udara. Sumber materi dapat berasal dari artikel, berita, jurnal, paper, dan lain-lain. Materi yang telah terkumpul dan diidentifikasi dari berbagai sumber dijadikan sebagai referensi dalam pembentukan hipotesis dan perumusan masalah. Dari perumusan masalah tersebut, dapat ditarik menjadi tujuan dari penelitian yang akan dibuat.

3.2 | Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem pengendalian kualitas udara terdapat desain alat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Perancangan Sistem.

Pada Gambar 3 merupakan Perancangan sistem alat yang menggunakan beberapa komponen. Komponen-komponen tersebut di antara lain sensor, mikrokontroler, *nextion display*, *power supply*, ESC, Motor BLDC, dll. Seluruh komponen tersebut dijadikan satu di dalam *3D Printed* yang terbuat menggunakan bahan plastik PLA dan berwarna putih.

3.3 | Integrasi *Hardware* Dengan *Software*

Setelah dilakukan pembuatan program dan sistem kontrol dan *Monitoring* dilakukan integrasi antara program dan sistem kontrol dan *Monitoring*, sehingga alat dapat diketahui hasil pembacaan sensor. Pada tahapan ini menghubungkan antara *hardware* dan *software* supaya kedua hal tersebut dapat menjadi 1 sistem yang saling berhubungan sehingga memudahkan dalam proses pemantauan.

3.4 | Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah perancangan sistem *hardware* sudah sesuai dengan skema dan berfungsi dengan baik. Pengujian sistem akan dilakukan dengan menggunakan *prototype* ruangan buatan yang direpresentasikan sebagai ruangan area industri. Pengujian metode ini juga memudahkan mengetahui performa sensor dan sistem kendali. Perubahan parameter kadar PM2.5 akan lebih mudah dengan sistem injeksi polusi ke dalam ruangan buatan (*chamber*). Variasi perlakuan agar kadar PM2.5 bertambah adalah dengan sistem injeksi pembakaran zat padat seperti kertas yang akan menghasilkan asap ke dalam *chamber*. Data yang didapat ditulis sesuai dengan Tabel 3. berikut:

Tabel 3 Pengujian Sistem

No	PM2.5	Temperatur	Kelembaban	<i>Exhaust Fan</i>	LED	Status
1	0 ppm	29°C	50%	0 rpm	Putih	Baik
2	70 ppm	30°C	55%	1–500 rpm	Hijau	Baik
3	150 ppm	31°C	57%	501–1000 rpm	Kuning	Sedang
4	300 ppm	33°C	63%	101–1500 rpm	Merah	Buruk

3.5 | Pengambilan Data

Pada tahap pengujian dan pengambilan data ini, tujuannya adalah untuk mengevaluasi respons dan kinerja alat yang akan dikembangkan. Sebelum menguji sistem, sensor-sensor yang digunakan harus menjalani proses kalibrasi menggunakan kalibrator standar seperti *Met One Instrument AEROCET 531S* untuk sensor PM2.5^[10]. Hal ini dilakukan agar nilai yang diperoleh akurat, dan pengujian dapat difokuskan pada variabel lain seperti tingkat kecepatan dan sistem peringatan. Proses pengujian dilaksanakan di dalam sebuah ruangan yang berfungsi sebagai ruangan pengujian alat. Alat yang telah terintegrasi sesuai dengan skema rencana implementasi ditempatkan di dalam ruangan tiruan tersebut. Selanjutnya, partikulat hasil pembakaran ditambahkan ke dalam ruangan. Pengujian ini berfokus pada pengukuran kadar partikulat, suhu, kelembaban, kecepatan *exhaust fan*, dan sistem peringatan. Jika nilai kecepatan *exhaust fan* dan sistem peringatan sesuai dengan kadar PM2.5 yang diharapkan, dapat disimpulkan bahwa sistem beroperasi normal. Namun, jika terdapat ketidaknormalan, perbaikan pada sistem dapat dilakukan.

3.6 | Analisis Performa Sistem

Pada tahap analisis performa sistem dilakukan pembahasan kinerja alat dalam keadaan baik dari segi komponen instrumentasi, elektronika maupun mekaniknya. Cara yang digunakan dalam analisis performa berdasarkan data uji dan dibentuk dalam sebuah grafik perbandingan antara nilai kecepatan *exhaust fan* dan kadar partikulat PM2.5. Jika grafik memperlihatkan alat bekerja sesuai dengan setpoint maka alat berjalan dengan baik. Selain itu, alat juga dikatakan bekerja dengan baik jika alarm system berkerja sesuai *setpoint*. Namun, jika alat tidak berjalan dengan baik, maka dilakukan identifikasi penyebab dan dibuat sebuah saran dalam bab penutup. Pada penarikan kesimpulan penelitian dilakukan pencarian konklusi dari pengujian sistem yang telah dilakukan. Serta dibuat saran jika terdapat kekurangan pada alat yang dibuat. Tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan untuk memudahkan pembaca mengenai kelebihan dan kekurangan alat yang dibuat.

3.7 | Pembagian Kerja Anggota Tim

Peran dan tugas dari masing-masing anggota tim sesuai dengan kompetensinya dan penugasan mahasiswa diperlukan dalam merancang dan merealisasikan produk ini agar dapat diimplementasikan langsung pada mitra Desa Roomo, berikut adalah pembagian kerja dari anggota tim Program Pengabdian Masyarakat:

Tabel 4 Pembagian Kerja

No	Nama	Jabatan	Kepakaran	Tugas
1	Ir. Safira Firdaus Mujiyanti, S.T., M.T.	Ketua Tim Pengabdi	Teknik Instrumentasi	Mengkoordinir, merancang dan menganalisis hasil pengabdian masyarakat, serta membuat laporan dan luaran
2	Ir. Sefi Novendra Patrialova, S.Si., M.T.	Tim Pelaksana	Teknik Instrumentasi	Merancang alat
3	Ir. Dwi Nur Fitriyanah, S.S.T., M.T.	Tim Pelaksana	Teknik Instrumentasi	Menentukan dalam pengerjaan administrasi dan keuangan
4	Akhmad Ibnu Hija S.T., M.T.	Tim Pelaksana	Teknik Instrumentasi	Menentukan komponen material alat
5	Ir. I Putu Eka Widya Pratama, S.Si., M.Sc.RWTH	Tim Pelaksana	Teknik Instrumentasi	Melakukan perhitungan standar seperti validasi sensor
6	Ahmad Radhy, S.Si., M.Si.	Tim Pelaksana	Teknik Instrumentasi	Menentukan dan membuat prosedur perawatan/ <i>maintenance</i> alat
7	Muhammad Roy Ashiddiqi, S.T., M.T.	Tim Pelaksana	Teknik Instrumentasi	Merancang dan membuat <i>Hardware</i>

4 | HASIL DAN DISKUSI

4.1 | Pengujian Sensor PMS5003

Hasil pengujian sensor PMS5003 sebagai pengukuran Konsentrasi Partikulat PM1, PM2.5, dan PM10 di ruangan. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan sensor PMS5003 dengan alat ukur yang terstandar yaitu Met One Instrument AEROCET 531S seperti pada Gambar 7 dibawah. Pengambilan data dilakukan dengan interval waktu setiap 1 menit dalam waktu setengah jam dengan 3 parameter yaitu PM1, PM2.5, dan PM10. Pengambilan data dilakukan dalam 3 variasi waktu yang berbeda di dalam ruangan.

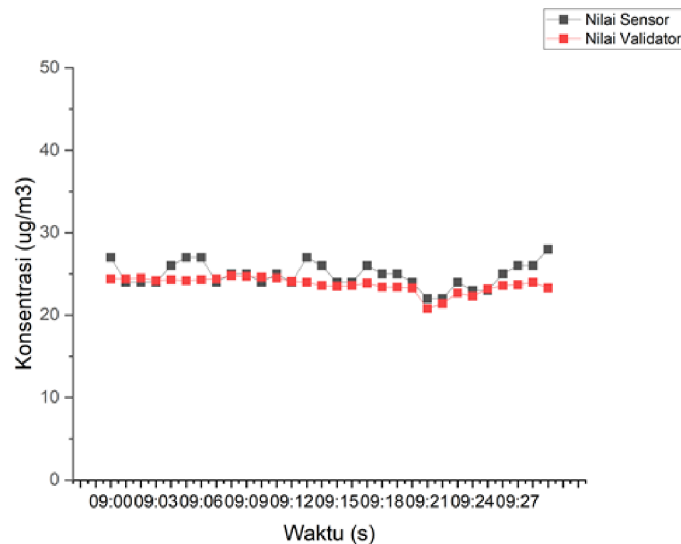


Gambar 4 Skema Pengujian Sensor PMS5003.

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sensor PMS5003 dalam memberikan hasil yang akurat dan konsisten dalam pengukuran konsentrasi partikulat udara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor PMS5003 mampu memberikan hasil pengukuran yang serupa dengan alat ukur standar, dengan tingkat ketelitian yang memadai. Dengan demikian, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sensor PMS5003 dapat diandalkan untuk digunakan dalam sistem kualitas udara yang dirancang, sehingga dapat memberikan informasi yang akurat tentang kualitas udara di dalam ruangan. Pengujian Sensor dilakukan seperti yang ditampilkan pada Gambar 5 berikut.



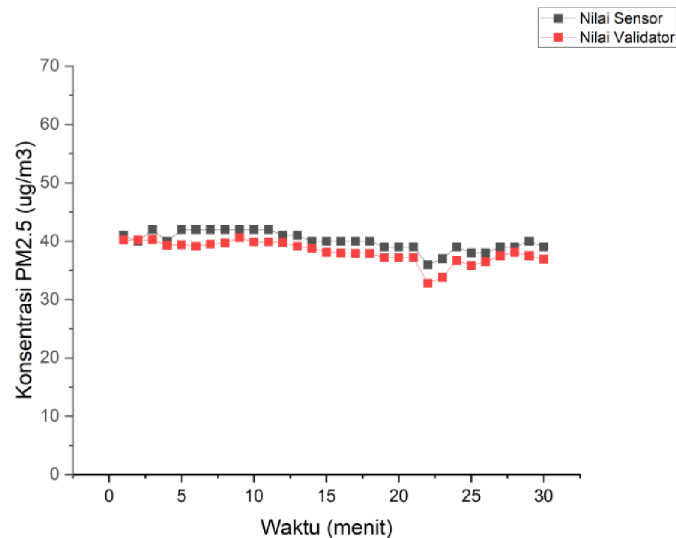
Gambar 5 Pengujian Sensor PMS5003.



Gambar 6 Grafik Pengujian PM1.

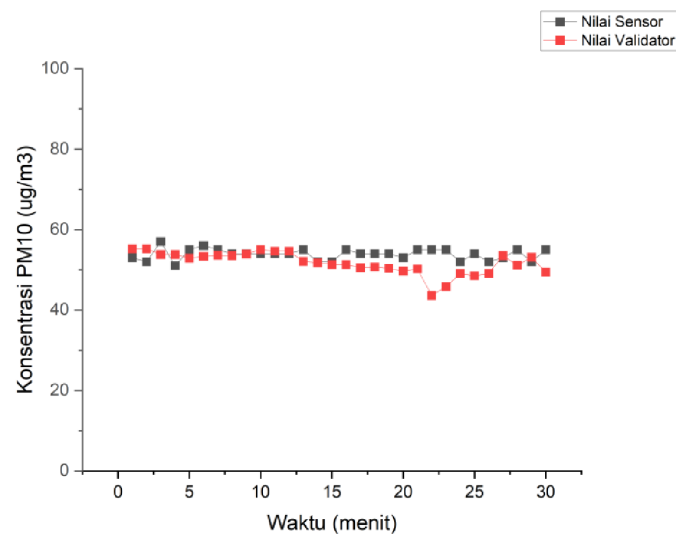
Grafik yang disajikan pada Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian konsentrasi PM1 menggunakan sensor PMS5003. Pada sumbu gram (y) ditampilkan konsentrasi PM1 dalam satuan gram per meter kubik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), sementara sumbu horizontal (x)

menunjukkan waktu dalam satuan detik (s). Grafik ini membandingkan dua set data: Nilai Sensor (ditandai dengan kotak hitam) dan Nilai Validator (ditandai dengan kotak merah). Dari grafik pengujian PM1 dengan sensor PMS5003, dapat disimpulkan bahwa sensor ini mampu memberikan hasil pengukuran yang konsisten dan mendekati nilai referensi yang valid. Meskipun terdapat sedikit deviasi antara nilai sensor dan nilai validator, perbedaan ini masih berada dalam rentang yang dapat diterima.



Gambar 7 Grafik Pengujian PM2.5.

Grafik pengujian konsentrasi PM2.5 menggunakan sensor PMS5003 menampilkan dua set data utama: pembacaan dari sensor PMS5003 (Nilai Sensor) dan pembacaan dari alat validator (Nilai Validator). Sumbu vertikal (y) menunjukkan konsentrasi PM2.5 dalam satuan mikrogram per meter kubik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), sedangkan sumbu horizontal (x) menunjukkan waktu dalam satuan detik (s).



Gambar 8 Grafik Pengujian PM10.

Grafik pengujian konsentrasi PM10 menggunakan sensor PMS5003 menampilkan dua set data utama: pembacaan dari sensor PMS5003 (Nilai Sensor) dan pembacaan dari alat validator (Nilai Validator). Sumbu vertikal (y) menunjukkan konsentrasi

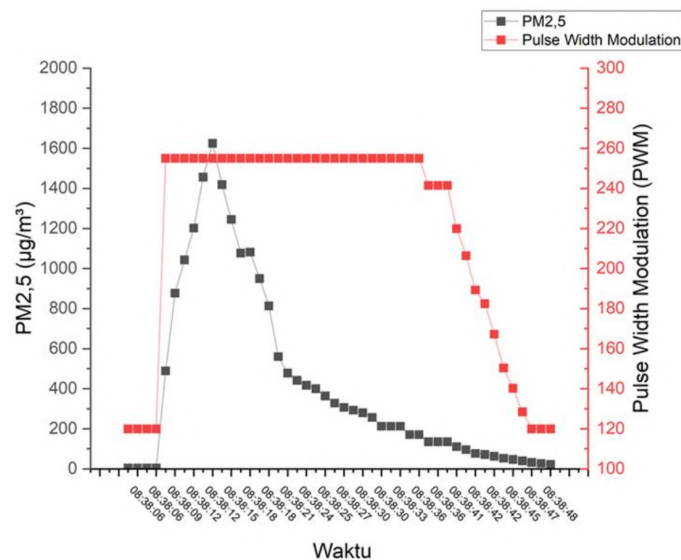
PM2.5 dalam satuan mikrogram per meter kubik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), sedangkan sumbu horizontal (x) menunjukkan waktu dalam satuan detik (s).

4.2 | Pengujian Sistem

Pengujian sistem pertama dengan tanpa melakukan *inject* polutan debu pada alat. Data didapatkan seperti hasil pada Tabel 5 berikut.

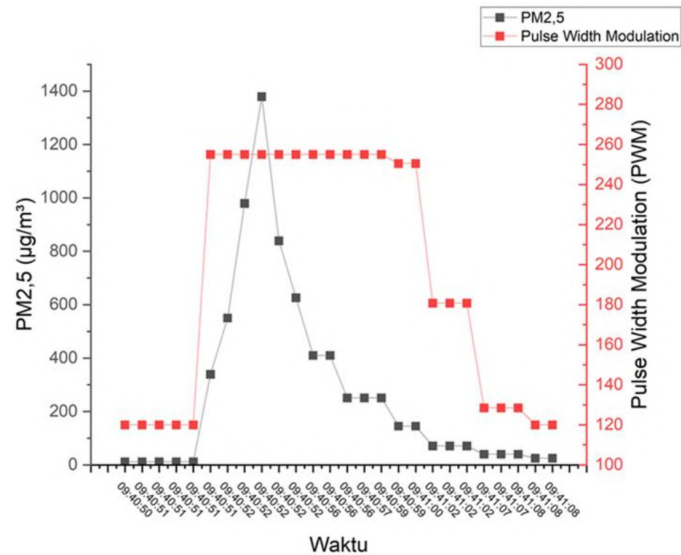
Tabel 5 Hasil Pengujian Sensor dan *Delay*

Data Ke-	PM1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Temperatur Sensor ($^{\circ}\text{C}$)	Kelembaban Sensor (%)	Speed (PWM)	Kondisi Udara	Waktu Nextion (s)	Waktu Aplikasi (s)	<i>Delay</i> (s)
1	27	41	53	32.6	70.0	30	Baik	0.4	0.4	0
2	24	40	52	32.4	69.7	27	Baik	0.4	0.4	0
3	24	42	57	32.4	69.9	27	Baik	0.3	0.3	0
4	24	40	51	32.4	69.7	27	Baik	0.4	0.4	0
5	26	42	55	32.5	69.5	29	Baik	0.4	0.4	0
6	27	42	56	32.4	69.2	30	Baik	0.4	0.4	0
7	27	42	55	32.2	69.8	30	Baik	0.3	0.3	0
8	24	42	54	32.6	69.0	27	Baik	0.4	0.4	0
9	25	42	54	32.4	69.0	28	Baik	0.4	0.4	0
10	25	42	54	32.4	71.2	28	Baik	0.4	0.4	0
Rata-rata										0



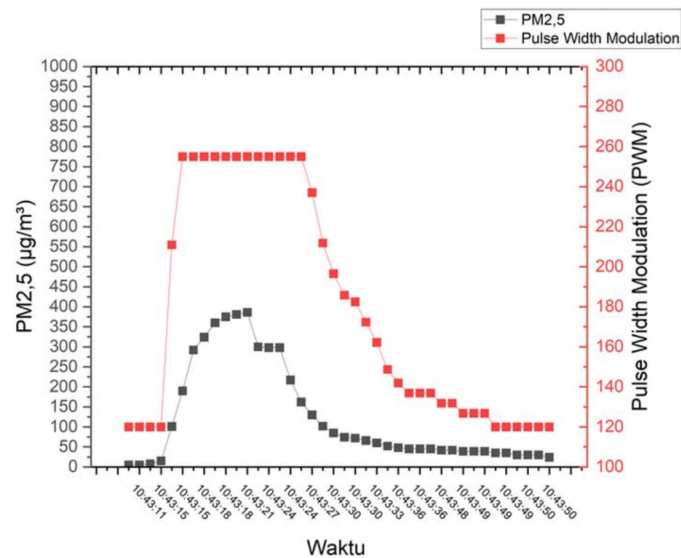
Gambar 9 Grafik Pengujian Sistem dengan Asap Rokok.

Grafik pada Gambar 9 yang dilampirkan menunjukkan hubungan antara konsentrasi PM2.5 dan *Pulse Width Modulation* (PWM) kipas alat terhadap waktu selama pengujian. Terlihat bahwa PWM meningkat cepat saat konsentrasi PM2.5 meningkat dan tetap pada nilai maksimal hingga polusi mulai berkurang secara bertahap. Alat mampu memfilter udara kotor dari waktu 00.38.06 hingga kembali baik pada waktu 00.38.48 WIB, yang berarti alat dapat memfilter udara kotor dan kembali udara menjadi bersih selama 42 Detik.



Gambar 10 Grafik Pengujian Sistem dengan Asap Vapoor.

Grafik pada Gambar 10 yang dilampirkan menunjukkan hubungan antara konsentrasi PM2.5 dan *Pulse Width Modulation* (PWM) kipas alat terhadap waktu selama pengujian. Terlihat bahwa PWM meningkat cepat saat konsentrasi PM2.5 meningkat dan tetap pada nilai maksimal hingga polusi mulai berkurang secara bertahap. Alat mampu memfilter udara kotor dari waktu 00.40.51 hingga kembali baik pada waktu 00.41.08 WIB, yang berarti alat dapat memfilter udara kotor dan kembali udara menjadi bersih selama 77 Detik.



Gambar 11 Grafik Pengujian Sistem dengan Asap Pembakaran Kertas.

Pada Gambar 11 menunjukkan hubungan antara konsentrasi PM2.5 dan PWM kipas alat terhadap waktu selama pengujian. Dari data yang disajikan, terlihat bahwa ketika konsentrasi PM2.5 meningkat, sistem secara otomatis menaikkan nilai PWM kipas untuk meningkatkan daya filtrasi. PWM kipas mencapai nilai maksimum dan tetap berada pada level tersebut hingga konsentrasi polutan mulai menurun secara bertahap. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu menurunkan konsentrasi PM2.5 dari kondisi udara kotor hingga kembali bersih dalam rentang waktu 35 detik, yakni dari pukul 00:43:15 hingga 00:43:50 WIB. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki respon yang cepat dalam mendeteksi dan menanggapi peningkatan polusi

udara dengan menyesuaikan kecepatan kipas secara optimal. Efektivitas alat dalam menyaring udara kotor dapat dikaitkan dengan penggunaan filter HEPA yang bekerja secara efisien dalam menangkap partikel halus, serta algoritma *fuzzy logic* yang memudahkan sistem beradaptasi terhadap perubahan kondisi lingkungan. Berdasarkan analisis ini, dapat disimpulkan bahwa alat *Smart Air Monitoring* and HEPA yang dikembangkan memiliki kemampuan yang baik dalam merespon fluktuasi polusi udara secara *real-time* dan mampu membersihkan udara dalam waktu yang relatif singkat. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat digunakan secara efektif di lingkungan dengan potensi paparan polusi tinggi, khususnya di ruangan publik yang membutuhkan udara bersih secara berkelanjutan.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 | Kesimpulan

Abmas berbasis produk menghasilkan temuan yang penting bagi kesehatan dan lingkungan masyarakat. Dengan mengintegrasikan teknologi *photovoltaic* ke dalam sistem pemantauan udara pintar (*Smart Air Monitoring*) dan sistem filtrasi HEPA, telah berhasil menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan lebih berkelanjutan di ruang publik. Kegiatan ini menunjukkan bahwa menggunakan metode *Fuzzy Logic* dalam mengatur operasi sistem memudahkan untuk pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam menanggapi kondisi udara tertentu. Selain itu, penerapan teknologi *photovoltaic* membantu mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional, menghasilkan lingkungan yang lebih ramah lingkungan.

5.2 | Saran

Saran untuk meningkatkan dan mengembangkan kegiatan ini lebih lanjut, yaitu perlu dilakukan pengembangan infrastruktur yang lebih luas untuk mengintegrasikan sistem *Smart Air Monitoring* dan HEPA pada skala yang lebih besar, termasuk penerapan di berbagai jenis ruang publik seperti sekolah, kantor, dan transportasi umum serta diperlukan kerjasama antara pemerintah, industri, dan masyarakat sipil untuk mendukung dan memperluas implementasi teknologi ini. Kemitraan dengan sektor swasta dan akademisi juga dapat membantu dalam pengembangan dan penerapan solusi yang lebih inovatif.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian masyarakat ini didukung oleh Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Referensi

1. Widyakusuma A. Inovasi Arsitektur Dalam Bentuk Fasad Cerdas Bangunan Untuk Mengatasi Polusi Udara Jakarta. *TRAVE* 2024;28(1):1–14.
2. Lubis FM. Arsitektur dan Kualitas Udara Luar: Meminimalkan Polusi dalam Ruang Kota. *WriteBox* 2024;1(3).
3. Sujarmanto IS, Waluyo P, Rahayu T, Randesalu S. Kualitas Udara Di Laboratorium Komputer Fakultas Dan Laboratorium Komputer Perpustakaan Universitas Atma Jaya Yogyakarta. *Jurnal UNIKA* 2016;.
4. Jatmikko TW, Wijaya INS, Sari KE. Gangguan Pencemaran Udara & Preferensi Bermukim Masyarakat Kecamatan Manyar di Sekitar Kawasan Industri. *Planning for Urban Region and Environment Journal (PURE)* 2019;8(4):115–124.
5. Kurniawan A. Pengukuran parameter kualitas udara (CO, NO₂, SO₂, O₃ dan PM₁₀) di Bukit Kototabang berbasis ISPU. *Jurnal Teknosains* 2018;7(1):1–13.
6. Suryantoro H, Kusriyanto M. Sistem Monitoring Partikel (PM_{2.5}) Air Purifier untuk Mengetahui Kualitas Udara Berbasis Sensor PMS5003 Dan Arduino. *Indonesian Journal of Laboratory* 2023;(3):88–96.
7. Xing YF, Xu YH, Shi MH, Lian YX. The impact of PM_{2.5} on the human respiratory system. *Journal of thoracic disease* 2016;8(1):E69.

8. Henila H, Ekawati D, Harokan A. Analisis Kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Pada Anak Balita. *Jurnal'Aisyiyah Medika* 2024;9(2).
9. Kurniawan Y. Studi Kinerja Ventilasi Mekanik Insuflasi untuk Kualitas Udara dalam Bangunan. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi* 2017;13(2):95–106.
10. Moumouni Y, Desmal A, Gdeisat M, Arbi A, Hindash A, Khodary A. Performance Assessment of a Conventional Building in Comparison to LEED Green Buildings Standards: A Comprehensive Study on Air Quality Monitoring. In: *2024 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET) IEEE*; 2024. p. 01–08.

Cara mengutip artikel ini: Mujiyanti, S. F., Pratama, I. P. E. W., Patrialova, S. N., Radhy, A., Fitriyanah, D. N., Hija, A. I., Ashiddiqi, M. R., Zanuar, M., Rohid, A., Nanta, T. L., (2025), *Smart Air Monitoring dan HEPA System Menggunakan Metode Fuzzy Logic di Ruang Publik untuk Kesehatan dan Lingkungan yang Berkelanjutan, Sewagati*, 9(3):632–644, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v9i3.2396>.