

Sistem Monitoring Partikel (PM_{2.5}) Air Purifier untuk Mengetahui Kualitas Udara Berbasis Sensor PMS5003 dan Arduino

Hery Suryantoro¹, Medilla Kusriyanto¹

¹Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km. 14,5, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta, 55584
E-mail: 035204405@uii.ac.id , medilla@uii.ac.id

Submisi: 22 Agustus 2023; Penerimaan: 24 Oktober 2023

ABSTRAK

Udara dalam ruangan yang baik adalah udara yang berkualitas baik dan bebas polutan. Semakin baik kualitasnya, semakin sedikit udara tidak sehat yang dihirup. Sebaliknya, jika kualitas udara buruk, maka udara dapat memberikan dampak negatif terhadap organisme. PM 2.5 adalah partikel polutan udara yang berukuran sangat kecil sekitar 2.5 mikron, partikel ini berbentuk seperti debu, kotoran, jelaga, dan asap. Partikel PM 2.5 dapat menyebabkan berbagai gangguan pernafasan. Untuk mengetahui kualitas udara, pada penelitian ini dikembangkan air purifier yang dapat memantau partikel PM_{2.5} dan membersihkan udara. Prinsip kerjanya adalah udara sekitar diisap oleh kipas kemudian disaring melalui filter hepa, lalu udara bersih dikeluarkan kembali. Pada penelitian ini digunakan arduino uno, sensor PMS5003 sebagai pendeteksi kadar PM_{2.5}, kipas sebagai pengisap udara, hepa filter sebagai filter udara. Metode penelitian yang digunakan adalah kajian pustaka, perancangan alat, pembuatan alat dan pengujian. Pengujian dilakukan dengan menempatkan air purifier di ruangan dengan tingkat polusi tinggi. Air purifier berhasil menurunkan konsentrasi partikel PM_{2.5} pada ruangan berukuran 3 x 3 m dari 506 µg/m³ menjadi 50 µg/m³ dalam waktu 45 menit, dan nilai PM_{2.5} pada ruangan berukuran 5 x 7.5 m turun dari 669 µg/m³ menjadi 49 µg/m³ dalam waktu 60 menit. Air purifier yang telah dirancang sangat efektif dalam mengurangi jumlah polutan PM_{2.5} sebesar 90 %, sehingga kualitas udara menjadi lebih baik.

Kata kunci: Arduino, Air Purifier, Kualitas Udara, PM_{2.5}, Sensor PMS5003

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Udara memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan makhluk hidup dan keberadaan benda lainnya. Oleh karena itu, udara merupakan sumber daya alam yang perlu dilindungi bagi kehidupan, kehidupan manusia dan makhluk lainnya. Artinya penggunaannya harus bijaksana dan memperhatikan kepentingan generasi sekarang dan mendatang. Untuk mendapatkan kualitas udara yang diinginkan, pengendalian pencemaran udara sangatlah penting.

Udara yang kita hirup belum tentu bersih. Jika kita tidak menyadarinya, terkadang kita lebih cenderung menghirup udara yang kotor dan

tercemar sehingga dapat membahayakan kesehatan kita. Udara yang baik tentunya mempunyai kualitas yang baik dan tidak mengandung polutan.

Semakin baik kualitasnya, semakin sedikit udara tidak sehat yang dihirup. Sebaliknya, jika kualitas udara buruk, maka udara dapat memberikan dampak negatif terhadap organisme.

Pengertian kualitas udara dapat dipahami dari arti kata kualitas dan udara. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, mutu adalah derajat baik atau buruknya sesuatu. Udara didefinisikan sebagai campuran berbagai gas yang tidak berwarna dan tidak berbau dan memenuhi seluruh ruang di bumi.

Indeks kualitas udara merupakan ukuran tingkat pencemaran udara di suatu wilayah. Setiap negara memiliki indeks yang berbeda untuk mengetahui polusi udara di wilayahnya. Indonesia merupakan negara yang menggunakan Indeks Kualitas Udara sebagai alat ukur kualitas udara. Indeks Kualitas Udara berfokus pada dampak kesehatan pada jam-jam atau hari-hari setelah polusi udara. Semakin tinggi nilai indeks kualitas udara maka semakin tinggi tingkat pencemaran udara dan semakin tinggi pula risiko kesehatannya.

Indeks pencemaran udara standar merupakan suatu angka tanpa satuan yang menggambarkan keadaan kualitas udara pada suatu tempat dan waktu tertentu berdasarkan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat, nilai estetika, dan aspek kehidupan lainnya.

Parameter kualitas udara baik dan buruk dibagi menjadi lima kategori: kategori 0 hingga 50 kualitas baik, yaitu kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia, kategori 51 hingga 100 kualitas sedang yaitu tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia, kategori 101 hingga 199 kualitas tidak sehat, yaitu tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan manusia, kategori 200 hingga 299 kualitas sangat tidak sehat, yaitu tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar, kategori 300 hingga 500 kualitas berbahaya, yaitu tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

Partikel PM 2.5 adalah polutan yang berukuran sangat kecil sekitar 2,5 mikron, merupakan partikel halus yang dapat terhirup. Ambang batas paparan PM2.5 di Indonesia adalah 65 mikrogram/m³.

Kualitas udara dalam ruangan merupakan permasalahan yang patut

mendapat perhatian karena mempengaruhi kesehatan manusia. Permasalahan kualitas udara dalam ruangan seringkali disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu kurangnya ventilasi (52%), sumber polusi dalam ruangan (16%), udara luar (10%), mikroorganisme, bakteri pada bahan bangunan (4%) dan jenis lainnya. (13%).

Apalagi di masa pandemi Covid-19 dan pasca pandemic ini, sebagian orang mungkin khawatir dengan kualitas udara di ruangan. Karena bahaya yang ditimbulkan oleh partikel, diperlukan adanya air purifier. Air purifier merupakan suatu alat yang dapat menyaring atau membersihkan udara dalam suatu ruangan. Perangkat yang menghilangkan partikel pencemar udara seperti debu untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan.

Pada penelitian ini telah dikembangkan air purifier sebagai sistem monitoring konsentrasi partikel yang dapat menentukan kualitas udara dan menampilkan nilai indeks kualitas udara dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$, menggunakan sensor Arduino Uno dan PMS5003. Sensor ini adalah sensor konsentrasi partikel keluaran digital yang dapat digunakan untuk mendeteksi jumlah partikel di udara. Sensor ini dapat digunakan pada perangkat yang dapat mendeteksi konsentrasi partikel, seperti air purifier.

METODE PENELITIAN

Perancangan air purifier meliputi beberapa langkah yaitu studi literatur, perancangan alat dan bentuk, pembuatan alat dan pengujian alat. Studi literatur diperoleh teori dasar yang kuat terkait penelitian yang akan dilakukan, yaitu mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan indeks kualitas udara, parameter kualitas udara baik dan buruk. Perancangan alat meliputi merencanakan bentuk alat dan

penempatan sensor, komponen. Pembuatan alat meliputi merangkai sensor PMS5003 ke arduino. Pengujian alat ini diletakkan pada ruangan tertutup berukuran 3 x 3m dan 5 x 7,5m.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan penelitian yang digunakan yaitu Mikrokontroler Arduino Uno, Sensor PMS5003, HEPA filter, LCD OLED 128x64 bertipe SSD1306, kabel konektor. Pembuatan prototype meliputi pembuatan desain alat, menyiapkan alat dan bahan, merangkai komponen-komponen yang digunakan sebagai monitoring kualitas udara, merangkai indikator yang menampilkan nilai kualitas udara.

Sensor PMS5003

Sensor PMS5003 adalah sensor konsentrasi partikel dengan keluaran digital yang dapat digunakan untuk mendeteksi jumlah partikel di udara. Sensor ini dapat digunakan dalam perangkat yang dapat mendeteksi konsentrasi partikel, seperti air purifier.

Arduino Uno

Arduino adalah mikrokontroler papan tunggal open source yang berasal dari platform pengkabelan, dirancang untuk mendukung penggunaan elektronik di berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor Atmel AVR dan perangkat lunaknya memiliki bahasa pemrograman sendiri.

LCD OLED 128x64

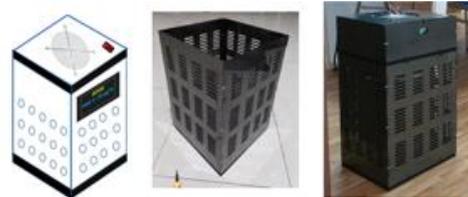
Layar ini merupakan layar OLED dengan resolusi 128 piksel (lebar) dan 64 piksel (tinggi) serta ukuran layar 0,96 inci. Meski terlihat kecil, namun layar OLED ini mampu menampilkan grafik atau teks yang mudah dilihat dan dibaca. Tegangan berkisar antara 1,65 hingga 3,3 volt.

Hepa Filter

HEPA adalah kependekan dari *High-Efective Particulate Absorber* atau Penekan Udara Partikulat Efektif Tinggi, Filter HEPA adalah filter udara yang berbentuk lipatan. Secara teoritis, Filter ini menangkap hingga 99,97% debu, serbuk sari, jamur, bakteri, dan partikel berukuran 0,3 mikron dari udara

Perancangan Alat

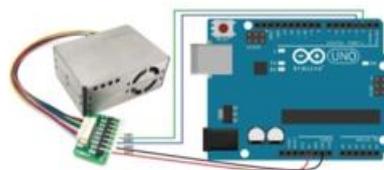
Perancangan alat mempertimbangkan kebutuhan untuk menentukan kinerja sistem dan kinerja yang dihasilkan, merencanakan bentuk alat, merancang penempatan komponen-komponen pendukung yang tepat, dan memilih komponen dan bahan material yang akan digunakan. Gambar 1 menunjukkan desain air purifier.



Gambar 1. Desain air purifier

Desain Rangkaian Sensor PMS5003 ke Arduino

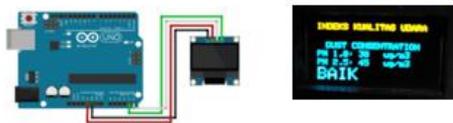
Rangkaian sensor kualitas udara PMS5003 dengan Arduino membutuhkan 4 koneksi, pin 1 Vcc PMS5003 terhubung ke pin 5V Arduino dan pin 2 GND PMS 5003 terhubung ke GND Arduino. Pin UART yaitu pin 4 Rx dan pin 5 Tx dihubungkan ke Arduino pin 3 dan 4. Gambar 2 menunjukkan rangkaian sensor PMS5003 menggunakan Arduino.



Gambar 2. Rangkaian sensor PMS5003 ke arduino

Desain Rangkaian LCD OLED ke Arduino

LCD OLED dengan arduino digunakan untuk menampilkan pembacaan sensor kualitas udara PMS5003 dan juga untuk menunjukkan apakah kualitas udara dalam ruangan baik, sedang atau tidak sehat.



Gambar 3. Rangkaian LCD OLED ke arduino

HEPA Filter



Gambar 4. Hepa Filter Xiaomi Mi

Hepa filter yang digunakan dalam air purifier ini adalah xiami mi. Hepa filter silender 360° lapis tiga untuk filtrasi maksimal. Filter tiga lapis terdiri dari filter utama, *filter true HEPA*, dan filter karbon aktif. Filter ini dapat menghilangkan debu, bau tidak sedap, dan partikel berbahaya lainnya. Filter HEPA ini

dapat menangkap partikel PM2.5. Gambar 4 menunjukkan jenis hepa filter xiami karbo aktif.

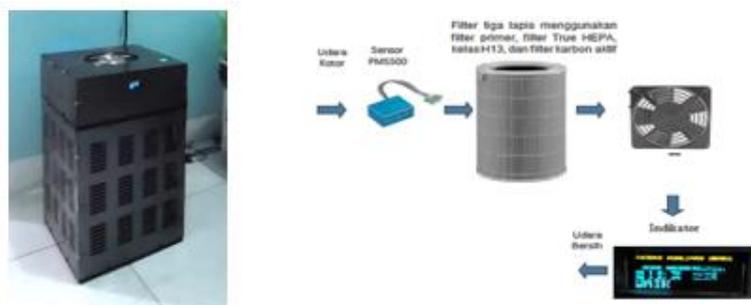
Prinsip Kerja Air Purifier

Air purifier yang dikembangkan merupakan penjernih udara dalam ruangan yang fitur utamanya adalah mengontrol kualitas udara dengan sensor PMS5003. Prinsip kerja pemantauan kualitas udara ditunjukkan pada Gambar 5.

Prinsip pengoperasian alat ini adalah menyedot udara keluar ruangan menggunakan kipas angin, dibersihkan dengan filter HEPA. Udara yang tersaring akan terdorong keluar kembali berkat gaya dorong dari kipas. Udara yang dikeluarkan dari kipas akan lebih bersih dibandingkan dengan udara yang dihisap oleh kipas angin. Kipas angin yang digunakan adalah AC220V. Indikator kualitas udara dan partikel (PM2..5) ditampilkan di layar LCD. Pemurnian udara menggunakan filter HEPA yang mampu menyaring partikel polutan udara hingga berukuran relatif kecil, yakni 2,5 µm.

Pengujian Alat

Air purifier diuji di kamar tidur berukuran 3 x 3m dan dilaboratorium kendali berukuran 5 x 7,5 m, Gambar 6 menunjukkan ruangan berukuran 3 x 3 m berukuran 5 x 7.5 m.



Gambar 5. Prinsip kerja air purifier



Gambar 6. Ruang berukuran 3 x 3m dan ruang berukuran 5 x 7.5m.

Tabel 1. Kalibrasi Sensor PMS5003 dengan Air Quality Index

PM2.5 Sensor PMS5003 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 Alat ukur Air Quality Index ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Error ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
27	27	0
25	26	1
20	21	1
18	19	1
15	16	1
14	13	1
11	10	1
Rata-rata error		0,87

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi Sensor PMS5003

Hasil prose kalibrasi sensor PMS5003 nilai PM2.5 ditunjukkan pada Tabel 1. Kalibrasi sensor PMS5003 dilakukan dengan membandingkan nilai PM2.5 sensor dengan alat ukur monitor indeks kualitas udara yang telah dikalibrasi. Kalibrasi dilakukan dilaboratorium kendali dalam kondisi udara normal dan diruangan tertutup. Kalibrasi sensor PMS5003 memiliki nilai pembacaan kesalahan PM2.5 sebesar

0,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ terhadap alat ukur Air Quality Index Monitor. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kesalahan pembacaan sensor cukup rendah.

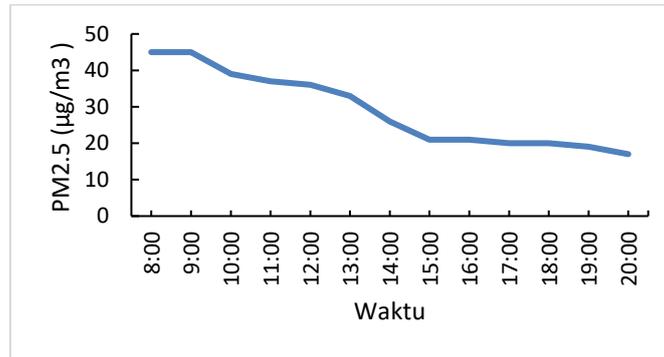
Pengujian Air Purifier Diruangan Ukuran 3m x 3m

Pengujian Kondisi Ruang Normal

Pengujian ini dilakukan di ruangan tertutup kamar tidur, berukuran 3 x 3m, kondisi udara normal tanpa adanya polusi. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 7.

Tabel 2. Hasil Pengujian Ruang Normal

Jam	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kualitas Udara
08:00	45	Baik
09:00	45	Baik
10:00	39	Baik
11:00	37	Baik
12:00	36	Baik
13:00	33	Baik
14:00	26	Baik
15:00	21	Baik
16:00	21	Baik
17:00	20	Baik
18:00	20	Baik
19:00	19	Baik
20:00	17	Baik



Gambar 7. Hasil Pengujian Ruangan Normal selama 13 jam

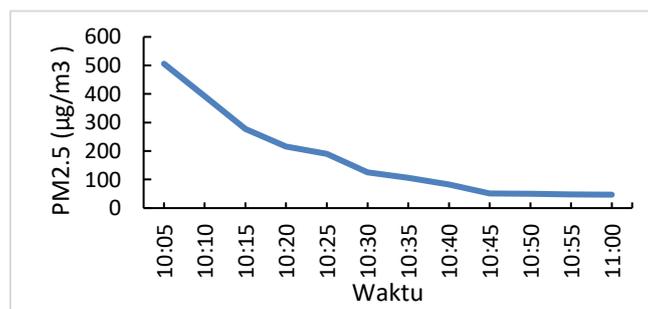
Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan selama 13 jam dalam kondisi udara normal, tanpa polusi dan ruangan tertutup, didapatkan nilai PM2,5 sebesar 45 µg/m³, kualitas udara baik pada pukul 08:00, diukur setiap jam, nilai PM2,5 turun menjadi 17 µg/m³ kualitas udara baik pada pukul 8 malam. Nilai rata-rata PM2.5 sebesar 29,15 µg/m³. Hal ini menunjukkan indeks kualitas udara ruangan baik selama 13 jam.

Pengujian Kondisi Ruangan Berpolusi

Pengujian ini dilakukan pada ruangan berukuran 3 x 3 m yang ditambahkan bahan pencemar berupa asap obat nyamuk bakar sehingga menimbulkan udara kotor. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 8.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kondisi Ruangan Berpolusi

Jam	PM2.5 (µg/m ³)	Kualitas Udara
10:05	506	Berbahaya
10:10	392	Berbahaya
10:15	277	Sangat tidak sehat
10:20	216	Sangat tidak sehat
10:25	190	Tidak sehat
10:30	125	Tidak sehat
10:35	106	Tidak sehat
10:40	83	Sedang
10:45	51	Sedang
10:50	50	Baik
10:55	48	Baik
11:00	47	Baik



Gambar 8. Hasil Pengujian Ruangan Berpolusi selama 45 menit.

Berdasarkan hasil pengujian dengan penambahan zat polutan berupa asap obat nyamuk yang dibakar selama 5 menit. Hasil pengukuran kadar PM2.5 sebesar $506 \mu\text{g}/\text{m}^3$ menunjukkan bahwa indeks kualitas udara berbahaya pada pukul 10:05. Pengukuran yang dilakukan setiap 5 menit menunjukkan penurunan kadar PM2.5. Kadar PM2.5 antara $216 - 277 \mu\text{g}/\text{m}^3$ menunjukkan kualitas udara sangat tidak sehat pada pukul 10:20. Kadar PM2.5 antara $106 - 190 \mu\text{g}/\text{m}^3$ menunjukkan kualitas udara tidak sehat pada pukul 10:35. Kadar PM2.5 antara $51 - 83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ menunjukkan kualitas udara sedang pada pukul 10:50. Kadar

PM2.5 antara $47 - 48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ menunjukkan kualitas udara yang baik pada pukul 11:00. Hal ini air purifier sangat efektif mengurangi konsentrasi polutan untuk mencapai kadar PM2.5 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kualitas baik dalam waktu 45 menit.

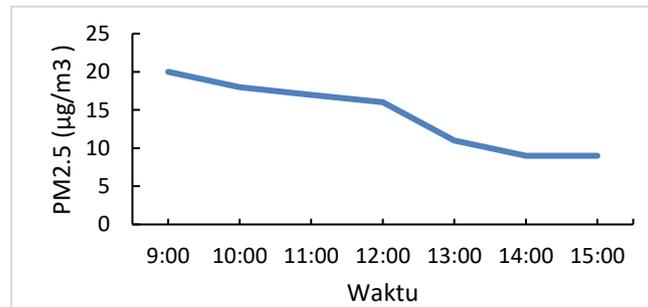
Pengujian Air Purifier Diruangan Ukuran 5 x 7.5m

Pengujian Kondisi Ruangan Normal

Pengujian ini dilakukan di ruangan tertutup laboratorium kendali berukuran $5 \times 7.5 \text{ m}$, kondisi udara normal tanpa adanya polusi. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 9.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kondisi Ruangan Normal

Jam	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kualitas Udara
09:00	20	Baik
10:00	18	Baik
11:00	17	Baik
12:00	16	Baik
13:00	11	Baik
14:00	9	Baik
15:00	9	Baik



Gambar 9. Hasil Pengujian Ruangan selama 6 jam

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan selama 6 jam, kondisi udara normal, tanpa polusi dan ruangan tertutup, didapatkan nilai PM2,5 sebesar $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kualitas udara baik pada pukul 09:00, diukur setiap satu jam, nilai PM2,5 turun menjadi $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kualitas udara baik pada pukul 15:00. Nilai rata-rata PM2.5 sebesar $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini menunjukkan indeks kualitas udara ruangan baik selama 6 jam.

Pengujian Kondisi Ruangan Berpolusi

Pengujian ini dilakukan di ruangan berukuran $5 \times 7.5 \text{ m}$ yang telah ditambahkan bahan pencemar berupa asap obat nyamuk bakar sehingga menimbulkan udara kotor. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 10.

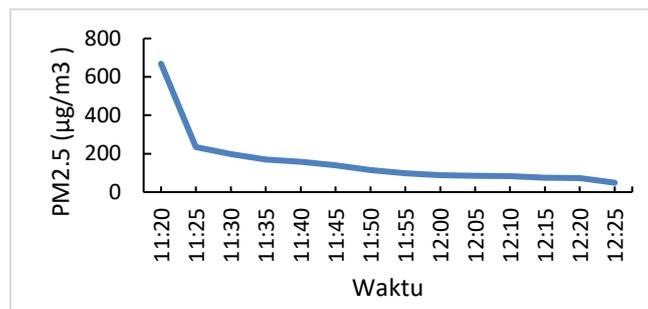
Berdasarkan hasil pengujian dengan penambahan zat polutan berupa asap obat nyamuk yang dibakar selama

5 menit. Hasil pengukuran kadar PM2.5 sebesar 669 µg/m³ menunjukkan bahwa indeks kualitas udara berbahaya pada pukul 11:20. Pengukuran yang dilakukan setiap 5 menit menunjukkan penurunan kadar PM2.5. Kadar PM2.5 235 µg/m³ menunjukkan kualitas udara sangat tidak sehat pada pukul 11:25. Kadar PM2.5 antara 115 – 198 µg/m³ menunjukkan kualitas udara tidak sehat pada pukul

11:50. Kadar PM2.5 antara 74 – 98 µg/m³ menunjukkan kualitas udara sedang pada pukul 12:20. Kadar PM2.5 49 µg/m³ menunjukkan kualitas udara yang baik pada pukul 12:25. Hal ini air purifier sangat efektif mengurangi konsentrasi polutan di ruangan berukuran 5 x 7.5m untuk mencapai kadar PM2.5 49 µg/m³ kualitas baik dalam waktu 60 menit.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kondisi Ruangan Berpolusi

Jam	PM2.5 (µg/m ³)	Kualitas Udara
11:20	669	Berbahaya
11:25	235	Sangat tidak sehat
11:30	198	Tidak sehat
11:35	170	Tidak sehat
11:40	158	Tidak sehat
11:45	139	Tidak sehat
11:50	115	Tidak sehat
11:55	98	Sedang
12:00	89	Sedang
12:05	85	Sedang
12:10	84	Sedang
12:15	75	Sedang
12:20	74	Sedang
12:25	49	Baik



Gambar 10. Hasil Pengujian Ruangan Berpolusi selama 60 menit

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Air purifier telah berhasil membersihkan polutan dan menurunkan kadar polusi PM2.5 pada ruang tertutup, dibuktikan dengan sistem monitoring yang

menunjukkan kualitas udara pada ruangan.

2. Air purifier dapat membersihkan polusi diruangan berukuran 3 x 3m dengan hasil pengujian dapat menurunkan konsentrasi PM2.5 dari 507 µg/m³ pada kualitas udara berbahaya menjadi 47 µg/m³ pada kualitas udara yang baik dalam waktu 45 menit

3. Air purifier dapat membersihkan polusi diruangan berukuran 5 x 7.5m dengan hasil pengujian dapat menurunkan konsentrasi PM2.5 dari 669 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada kualitas udara berbahaya menjadi 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada kualitas udara yang baik dalam waktu 60 menit
4. Hasil kalibrasi sensor PMS5003 dibandingkan dengan alat ukur yang dikalibrasi menunjukkan nilai error yang cukup rendah yaitu 0,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini menunjukkan bahwa sensor PMS5003 memantau kualitas udara dengan cukup akurat

SARAN

Mengingat alat yang dirancang masih memiliki banyak kekurangan, berikut beberapa saran yang dapat membantu mengembangkan penelitian:

1. Tutup di sisi kotak air purifier diperlukan untuk mengganti filter hepa
2. Dengan menggunakan sensor dengan kemampuan membaca yang lebih baik

DAFTAR PUSTAKA

- Alqausar, Duha. 2019 Indeks Kualitas Udara atau Air Quality Indeks (AQI), dalam <https://environment-indonesia.com/air-quality-indeks-aqi-atau-indeks-kualitas-udara/> pada 31 Oktober 2019
- Environmental Protection Agency. Particulate Matter (PM) Basic. dalam <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
- Karunia Mulia Putri, Vanya. 2021. Kualitas Udara: Pengertian, Parameter, dan Cara Menjaganya. <https://www.kompas.com/skola/read/2021/07/09/110000769/kualitas-udara--pengertian-parameter-dan-cara-menjaganya>. 09 Juli 2021
- N.L. Rizky, Rahayu, Yusnita. 2016. Membangun Sistem Pemantau Kualitas Udara Dalam Ruangan Dengan Mengaplikasikan Sensor CO, O₃, PM10 Berbasis LabVIEW. Jurnal Online Mahasiswa FTeknik, Universitas Riau. Vol 3, No. Oktober 2016
- Na'imah, Shylma. 2021. 6 Kegunaan Air Purifier Untuk Kesehatan Tubuh. dalam <https://hellosehat.com/hidup-sehat/kebersihan-diri/manfaat-air-purifier-untuk-kesehatan/>. 19 April 2021
- N. Cholianawati, "Partikulat Halus (PM_{2.5}) dan Dampaknya Terhadap Kesehatan Manusia (Fine Particulate (PM_{2.5}) and It's Impact on Human Health)," Ber. Dirgant., vol. 20, no. 1, Art. no. 1, Sep. 2019.
- Pemerintah Indonesia. 2002. Undang Undang Nomor 1407 Tahun 2002 Pedoman Pengendalian Dampak Pencemaran Udara. Keputusan Menteri Kesehatan RI. Jakarta
- Plantower-pms5003-manual_v2-3.pdf, https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3686/plantower-pms5003-manual_v2-3.pdf, Feb 15, 2009
- V.V. Tran, D. Park, and Y.-C. Lee, "Indoor Air Pollution, Related Human Diseases, and Recent Trends in the Control and Improvement of Indoor Air Quality," Int. J. Environ. Res. Public. Health, vol. 17, no. 8, p. E2927, Apr. 2020
- Z. Fahmi and M. Dwiky, "LOCA : Low Cost Air Purifier," DSpace UII Arch. - Libr. Univ.
- Islam Indones., Jul. 2021, Diakses: Feb. 21, 2022. [Online]. Tersedia di: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/33724>