

SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA RUANG PENGECATAN BERBASIS ARDUINO MENGGUNAKAN SENSOR DEBU GP2Y

ARVIAN ANDINATA^[1], BAMBANG PURWAHYUDI^[2]
^{[1],[2]}Teknik Elektro, Universitas Bhayangkara Surabaya
Jl. Ahmad Yani No.114 Surabaya
E-mail: ^[1]nataandi04@gmail.com, ^[2]bmp_pur@ubhara.ac.id

ABSTRACT

Painting workspaces are characterized by high levels of airborne pollutants generated from spraying and sanding activities, which release fine particulate matter into the air. Continuous exposure to these particles can pose serious health risks to workers. This study aims to design and implement an air quality monitoring system based on Arduino Uno using the GP2Y1010AU0F optical dust sensor. The system measures particulate concentration in real time and displays the results on a 16x2 LCD for easy observation. The research method includes hardware design, software development using Arduino IDE, and field testing inside and outside the painting room. The measurement results indicate that dust concentration inside the painting area is mostly classified in the warning to hazardous category, while outdoor measurements are predominantly within the safe range. This study confirms that the proposed system is capable of distinguishing air quality conditions effectively and can be utilized as a practical monitoring tool in industrial painting environments.

Keywords: Air quality, GP2Y1010AU0F dust sensor, Arduino Uno, painting room

ABSTRAK

Lingkungan kerja pada ruangan pengecatan memiliki tingkat pencemaran udara yang tinggi akibat aktivitas penyemprotan cat dan proses pengamplasan yang menghasilkan partikel debu halus. Paparan partikel tersebut secara terus-menerus berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan serius bagi pekerja. Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan sistem monitoring kualitas udara berbasis Arduino Uno dengan memanfaatkan sensor debu optik GP2Y1010AU0F. Sistem ini dirancang untuk mengukur konsentrasi partikulat di udara secara real-time dan menampilkan hasilnya pada layar LCD 16x2 sehingga mudah dipantau oleh pengguna. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras, pemrograman perangkat lunak menggunakan Arduino IDE, serta pengujian langsung di dalam dan di luar ruangan pengecatan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar debu di dalam ruangan pengecatan cenderung berada pada kategori waspada hingga bahaya, sedangkan pada area luar ruangan sebagian besar berada pada kategori aman. Penelitian ini membuktikan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mendeteksi perbedaan kondisi kualitas udara secara efektif dan dapat digunakan sebagai alat bantu pengawasan lingkungan kerja.

Kata Kunci: Kualitas udara, sensor debu GP2Y1010AU0F, Arduino Uno, ruang pengecatan

1. PENDAHULUAN

Kesehatan pekerja di industri pengecatan seringkali kurang mendapat perhatian, padahal mereka terpapar bahaya setiap hari. Ketika proses pengecatan berlangsung, banyak partikel halus yang beterbangan di udara. Partikel-partikel ini sangat kecil, terutama yang berukuran PM2.5 dan PM10, sehingga mudah masuk ke dalam paru-paru. Kalau terpapar terus dalam jangka panjang, bisa menyebabkan masalah pernapasan serius, iritasi mata, bahkan penyakit gangguan fungsi paru-paru .

Kesadaran terhadap bahaya pencemaran udara tercermin dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 yang mengatur pengendalian pencemaran lingkungan melalui penetapan baku mutu udara ambien sebagai dasar perlindungan kesehatan manusia. Regulasi ini menegaskan bahwa kualitas udara merupakan aspek penting yang harus dipantau secara sistematis, termasuk di lingkungan kerja berisiko tinggi seperti ruangan pengecatan. Sejalan dengan kebijakan nasional tersebut, *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2021 memperbarui ambang panduan kualitas udara dengan menetapkan batas aman paparan *particulate matter 2.5* (PM_{2.5}) yang jauh lebih rendah dibandingkan standar sebelumnya. Penurunan ambang batas ini menunjukkan meningkatnya risiko kesehatan akibat partikel halus, sehingga memperkuat urgensi penerapan sistem monitoring kualitas udara yang andal dan berkelanjutan, baik di ruang publik maupun ruang kerja tertutup.

Ruang pengecatan industri atau bengkel merupakan sumber emisi lokal yang menghasilkan partikel debu, aerosol cat, dan senyawa volatil (*volatile organic compounds* atau VOC), sehingga konsentrasi polutan di dalam ruangan sering kali melebihi ambang aman dan berpotensi menimbulkan dampak kesehatan akut maupun kronis bagi pekerja. Menurut (Santiasih, 2016) pemantauan menunjukkan bahwa selama aktivitas pengecatan terjadi peningkatan signifikan kadar *particulate matter* (PM) dan total *volatile organic compounds* (TVOC), yang menegaskan pentingnya pengendalian dan pemantauan kualitas udara secara berkelanjutan untuk mencegah paparan berlebih. Permasalahan ini semakin kompleks karena partikel-partikel tersebut tidak dapat dideteksi oleh pancaindra manusia, sehingga pekerja kerap tidak menyadari risiko lingkungan kerja yang dihadapi. Di sisi lain, alat ukur kualitas udara yang tersedia secara komersial umumnya memiliki harga relatif mahal dan pengoperasian yang cukup kompleks, sehingga sulit dijangkau oleh bengkel atau industri kecil. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak akan sistem monitoring kualitas udara yang terjangkau, mudah digunakan, dan mampu bekerja secara *real-time* di lingkungan pengecatan.

Seiring dengan perkembangan teknologi, perangkat elektronik berbiaya rendah seperti sensor debu optik Sharp GP2Y1010AU0F yang dikombinasikan dengan platform mikrokontroler Arduino memberikan peluang besar untuk pengembangan sistem monitoring kualitas udara yang lebih ekonomis dan aplikatif (Sari, 2022). Di sisi lain, ruang pengecatan industri maupun bengkel merupakan lingkungan kerja dengan tingkat risiko pencemaran udara yang tinggi akibat aktivitas pengecatan yang menghasilkan partikel debu halus, aerosol cat, serta senyawa volatil (VOC). Penelitian menunjukkan bahwa selama proses pengecatan, konsentrasi *particulate matter* (PM) dan gas berbahaya di dalam ruangan cenderung meningkat secara signifikan dan berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan serius apabila terpapar secara terus-menerus (Cahyono, 2024). Permasalahan ini diperparah oleh fakta bahwa sebagian besar partikel tersebut tidak dapat dideteksi oleh pancaindra manusia, sehingga pekerja sering kali tidak menyadari kondisi lingkungan kerja yang tidak aman.

Upaya pemantauan kualitas udara sebenarnya telah banyak dilakukan melalui pengembangan sistem monitoring berbasis mikrokontroler dan *Internet of Things* (IoT). Sejumlah penelitian berhasil merancang sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan dengan berbagai sensor gas dan debu yang terintegrasi dengan platform Arduino atau ESP32 serta menampilkan data secara *real-time*. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih bersifat umum dan berfokus pada lingkungan dalam ruangan secara global, seperti perkantoran atau area produksi umum, tanpa mempertimbangkan karakteristik khusus ruang pengecatan yang memiliki pola emisi partikel dan aerosol yang lebih kompleks.

Melihat kondisi tersebut, tujuan utama penelitian ini untuk membuat sistem pemantauan kualitas udara yang lebih sederhana namun tetap bisa diandalkan. Kami menggunakan sensor GP2Y1010AU0F yang harganya cukup terjangkau, dikombinasikan dengan Arduino Uno yang mudah dipelajari dan digunakan. Hasilnya ditampilkan pada layar LCD supaya mudah terbaca oleh siapa saja. Dengan cara ini, pekerja dan pengawas bisa segera mengetahui kondisi udara di sekitar mereka dan mengambil langkah-langkah pencegahan yang diperlukan.

2. TEORI

2.1 PARTIKEL DEBU DAN DAMPAKNYA TERHADAP KESEHATAN

Partikel debu di udara dikategorikan berdasarkan ukurannya. Ada PM10 yang diameternya kurang dari 10 mikro meter, dan PM2.5 yang lebih kecil lagi, kurang dari 2.5 mikro meter. Ukuran ini sangat penting karena semakin kecil partikelnya, semakin dalam dia bisa masuk ke dalam saluran pernapasan kita. Menurut penelitian WHO, paparan jangka panjang terhadap PM2.5 dapat meningkatkan risiko penyakit jantung, stroke, dan kanker paru-paru.

Di lingkungan pengecatan, partikel debu bisa berasal dari berbagai sumber: cat semprot, pengampelasan, pelarut yang menguap, dan material yang sedang dikerjakan. Konsentrasinya bisa sangat tinggi, apalagi kalau proses pengecatan sedang berlangsung dengan intensitas tinggi. Kalau ventilasinya kurang baik, partikel-partikel ini akan terus mengambang di udara dan terhirup oleh pekerja yang ada di ruangan tersebut.

2.2 STANDAR KUALITAS UDARA

Di Indonesia, standar kualitas udara sudah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan dan juga mengikuti standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Untuk partikel PM2.5, batas yang dianggap aman adalah $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk paparan selama 24 jam. Kalau konsentrasinya sudah di atas $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kondisi udara dianggap tidak sehat dan perlu dilakukan tindakan segera (Adelia, 2019).

Dalam penelitian ini, kadar debu yang terdeteksi dibagi menjadi tiga kategori untuk memudahkan pemahaman kualitas udara, antara lain "Aman" (konsentrasi dibawah $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$), "Waspada" (antara 300 sampai $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$), dan "Bahaya" (diatas $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Kategori ini disesuaikan dengan kondisi ruangan industri yang memang toleransinya berbeda dengan ruangan biasa.

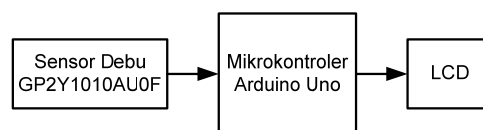
2.3 ARDUINO IDE

Arduino IDE adalah aplikasi pemrograman berbasis *open-source* yang berfungsi untuk menulis, memproses, serta mengirimkan kode program ke papan Arduino dengan cara yang mudah, sehingga membantu mempercepat pengembangan berbagai sistem mikrokontroler dan aplikasi IoT (Hakiki, 2020).

3. METODE

1. PERANCANGAN *HARDWARE*

Perancangan *hardware* dalam penelitian ini dirancang sesuai dengan blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 1. Komponen-komponen dalam blok diagram perancangan tersebut mempunyai peran dan fungsi masing-masing yang secara garis besar dapat dibedakan yaitu sebagai *input*, *controller*, dan *output*. Setiap komponen juga mempunyai spesifikasi dan cara kerja yang berbeda.



Gambar.1. Blok Diagram

A. SENSOR DEBU GP2Y1010AU0F

Debu merupakan partikel yang memiliki ukuran diameter kurang dari $10 \mu\text{m}$ atau yang sering disebut *particulate matter* (PM10). Sensor yang dapat digunakan untuk mengukur debu adalah sensor GP2Y. Sensor GP2Y adalah sensor yang memanfaatkan hamburan cahaya atau disebut dengan sistem penginderaan *optic*. Sensor ini dilengkapi dengan LED dan fotodiode yang diatur secara diagonal. Sensor ini sangat efektif dalam mendeteksi partikel yang sangat halus seperti debu atau asap rokok, dan umumnya digunakan dalam sistem pembersih udara. Dalam Sensor ini bekerja dengan prinsip *optical scattering* menggunakan LED inframerah dan fotodiode internal untuk mendeteksi partikel debu di udara. maka dibutuhkan komponen tambahan wajib seperti resistor 150Ω dan kapasitor $220 \mu\text{F}$. Gambar 2 menunjukkan sensor debu GP2Y1010AU0F (Sari, 2022).



Gambar 2. Sensor Debu GP2Y1010AU0F

B. ARDUINO UNO

Arduino Uno adalah sebuah papan mikrokontroler yang mendukung pemrograman dalam bahasa pemrograman yang mudah dipahami. Arduino Uno merupakan papan mikrokontroler yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Mikrokontroler tersebut memiliki kecepatan operasi 16 MHz, memiliki 14 pin input/output digital, 6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM (Pulse Width Modulation), 6 pin input analog, serta sebuah koneksi USB, sebuah power jack, dan tombol reset. Gambar 3 menunjukkan Arduino Uno ATmega328 dan spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 1 (Budianto, 2024).



Gambar 3. Arduino Uno

Tabel 1. Spesifikasi Arduino Uno

Tegangan Masukan	5V
Tegangan Input	7-12V
Pin I/O Digital	14
PWM Output	6
Pin Input Analog	6
Arus I/O Pin	40mA
Arus 3.3V Pin	50mA
Flash Memory	32KB
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Clock Speed	16MHz

C. LCD 16x2

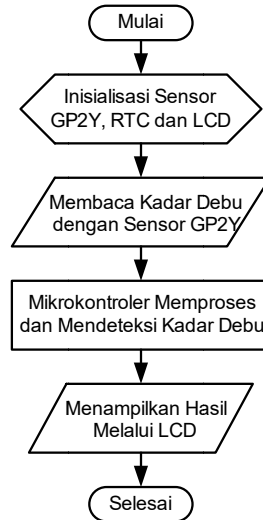
LCD 16x2 adalah jenis layar kristal cair (Liquid Crystal Display, LCD) yang memiliki ukuran 16 kolom dan 2 baris, yang memungkinkan untuk menampilkan informasi atau teks hingga 16 karakter per baris dan 2 baris secara bersamaan. Layar ini sering digunakan dalam berbagai perangkat elektronik, seperti mikrokontroler, mesin otomatis, dan peralatan lainnya untuk menampilkan data atau informasi secara jelas. Gambar 4 menunjukkan tampilan LCD (Putra, 2021).



Gambar 4. LCD 16x2

2. PERANCANGAN SOFTWARE

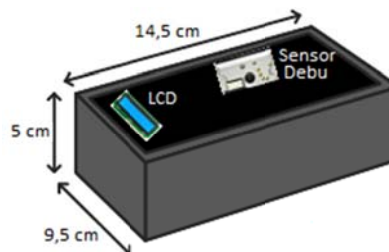
Perancangan *software* digunakan untuk mengambil data input dari sensor debu GP2Y untuk melihat seberapa besar kadar debu pada ruang pengecatan. Gambar 5 menyajikan *flowchart* rancangan *software monitoring* kualitas udara akibat adanya debu.



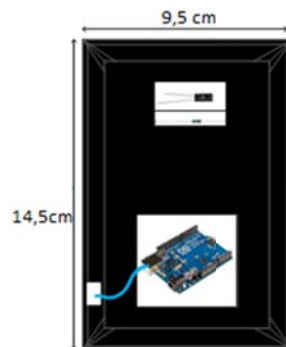
Gambar 5. Flowchart Software

3. DESAIN MEKANIK

Perancangan mekanik digunakan untuk menggambarkan bentuk alat *monitoring* debu tersebut yang ditampilkan pada Gambar 6 dan Gambar 7. Gambar 6 menunjukkan disain alat tampak luar, sedangkan Gambar 7 menunjukkan disain alat bagian dalam.



Gambar 6. Disain Alat Tampak Luar



Gambar 7. Desain Alat Tampak Dalam

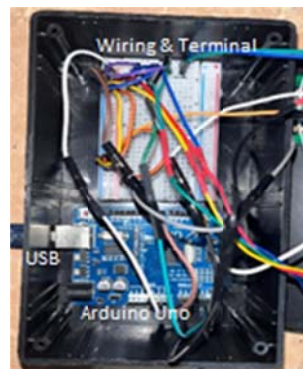
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. PERANCANGAN DAN PENERAPAN

Dalam penelitian ini merancang sebuah alat bertujuan untuk monitoring debu pada ruang pengecatan secara *real time*. Gambar 8 menyajikan tampak depan alat monitoring debu, Gambar 9 menggambarkan komponen dan wiring alat monitoring debu, dan Gambar 10 menunjukkan tampak samping alat monitoring debu.



Gambar 8. Alat Monitoring Debu Tampak Depan



Gambar 9. Komponen dan Wairing



Gambar.10. Alat Monitoring Debu Tampak Samping

2. PENERAPAN MENGGUNAKAN ARDUINO IDE

Dalam penelitian ini mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno dan metode yang digunakan untuk pengukuran menggunakan software Arduino IDE, dan terdapat beberapa coding untuk menampilkan hasil pengukuran kadar debu melalui tampilan LCD.

3. PENGAMBILAN DATA PADA RUANG PENGECATAN

Penelitian ini diaplikasikan langsung selama beberapa menit pada ruang pengecatan dengan bertujuan untuk mendeteksi kadar debu atau partikel yang ada dalam ruangan pengecatan tersebut dan terdapat beberapa data yang diambil melalui *software* arduino ide melalui serial monitor. Gambar 11 mengilustrasikan pengambilan data di ruang pengecatan. Sedangkan data hasil pengukuran dan status

kategori kadar debu ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa kualitas daya sebagian besar pada kategori “Waspada” (antara 300-1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) tidak sampai kategori “Bahaya” (diatas 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dan kategori “Aman” (dibawah 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sangat kecil.



Gambar 11. Pengambilan Data di Ruang Pengecatan

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Kadar Debu di Ruang Pengecatan

Kadar Debu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Status	Kadar Debu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Status
383,6	Waspada	324,9	Waspada
432,5	Waspada	422,7	Waspada
305,4	Waspada	393,4	Waspada
510,7	Waspada	510,7	Waspada
373,8	Waspada	383,6	Waspada
383,6	Waspada	403,1	Waspada
422,7	Waspada	442,2	Waspada
461,8	Waspada	324,9	Waspada
442,2	Waspada	373,8	Waspada
285,8	Aman	481,3	Waspada
315,2	Waspada	383,6	Waspada
344,5	Waspada	461,8	Waspada
452,0	Waspada	324,9	Waspada
422,7	Waspada	298,1	Aman
520,4	Waspada	383,6	Waspada
295,6	Aman	373,8	Waspada
285,8	Aman	364,1	Waspada
442,2	Waspada	256,5	Aman
412,9	Waspada	353,4	Waspada
305,4	Waspada	471,6	Waspada

4. PENGAMBILAN DATA PADA LUAR RUANGAN PENGECATAN

Penelitian ini juga diaplikasikan diluar ruang pengecatan yang bertujuan untuk mendeteksi kadar debu atau partikel yang ada pada luar ruang pengecatan tersebut. Gambar 12 menggambarkan pengambilan data di luar ruang pengecatan. Sedangkan data hasil pengukuran dan status kategori kadar debu ditunjukkan pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan bahwa kualitas daya sebagian besar pada kategori “Aman” (dibawah 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), sebagian kecil menyatakan kategori “Waspada” (antara 300-1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), dan tidak sampai kategori “Bahaya” (diatas 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Gambar 12. Pengambilan Data di Luar Ruang Pengecatan

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Kadar Debu di Luar Ruang Pengecatan

Kadar Debu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Status	Kadar Debu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Status
266,3	Aman	246,7	Aman
207,6	Aman	248,8	Aman
217,4	Aman	315,2	Waspada
188,1	Aman	217,3	Aman
324,6	Waspada	227,2	Aman
178,3	Aman	207,6	Aman
158,7	Aman	256,5	Aman
295,6	Aman	364,0	Waspada
246,7	Aman	246,7	Aman
254,3	Aman	295,6	Aman
276,1	Aman	168,9	Aman
266,3	Aman	285,8	Aman
344,5	Waspada	173,4	Aman
266,3	Aman	207,6	Aman
256,5	Aman	227,3	Aman
295,6	Aman	285,8	Aman
237,0	Aman	393,4	Waspada
334,7	Waspada	276,1	Aman
178,3	Aman	266,3	Aman
207,6	Aman	237,0	Aman

5. PENUTUP

5.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa alat monitoring kualitas udara berbasis Arduino Uno dan sensor GP2Y1010AU0F berhasil direalisasikan dengan baik dan mampu menampilkan data kadar debu secara *real-time* melalui LCD. Pengujian menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kualitas udara di dalam dan di luar ruangan pengecatan, di mana konsentrasi debu di dalam ruangan berada pada tingkat yang lebih tinggi dan cenderung masuk kategori waspada hingga bahaya. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas pengecatan memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan partikel debu di udara. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan layak digunakan sebagai perangkat pemantauan awal untuk meningkatkan kesadaran terhadap kondisi lingkungan kerja dan mendukung upaya pencegahan risiko kesehatan.

5.2 SARAN

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan modul komunikasi berbasis *Internet of Things* (IoT) agar kualitas udara dapat dipantau jarak jauh melalui

aplikasi *web* atau *smartphone*. Pengujian alat dalam jangka waktu lama dan berbagai kondisi operasional sangat diperlukan untuk memperoleh data yang lebih representatif terhadap kondisi sebenarnya di ruang pengecatan.

REFERENSI

- Adelia, N., & Mulyasari, T. M. (2019). Kadar Debu Udara pada Bagian Produksi UD. Mandiri di Desa Teluk Kecamatan Purwokerto Selatan Kabupaten Banyumas Tahun 2018. *Buletin Keslingmas*, vol. 38, no. 2, pp. 190–198. doi: <https://doi.org/10.31983/keslingmas.v38i2.4877>
- Budianto, H., & Sumanto, B. (2024). Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan Berbasis Internet of Things. *Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan*, vol. 5, no. 1, pp. 9-17. doi: <https://doi.org/10.22146/juliet.v5i1.87423>.
- Cahyono, F. A. D., & Irawan, D. (2024). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Dan Kontrol Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Iot,” *Elkom Jurnal Elektronika dan Komputer*, vol. 17, no. 2, pp. 468–476. doi: <https://doi.org/10.51903/elkom.v17i2.2208>.
- Hakiki, M. I., Darusalam, U., & Nathasia, N. D. (2020). Konfigurasi Arduino IDE Untuk Monitoring Pendeteksi Suhu dan Kelembapan Pada Ruang Data Center Menggunakan Sensor DHT11. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 4, no. 1, pp. 150-156. doi: <https://doi.org/10.30865/mib.v4i1.1876>.
- Putra, I. U., Saefulloh, S., Bakri, M., & Darwis, D. (2021). Pengukur Tinggi Badan Digital Ultrasonik Berbasis Arduino Dengan LCD Dan Output Suara. *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer*, vol. 2, no. 2, pp. 1–14. doi: <https://doi.org/10.33365/jtikom.v2i2.69>.
- Santiasih, I. (2016). Review: Partikulat Sekunder Dari Aktifitas Pengecatan. *Jurnal Purifikasi*, vol. 16, no. 1, pp. 55-66. doi: <https://doi.org/10.12962/j25983806.v16.i1.37>.
- Sari, W. S. U., Priyandoko, P., & Effendy, D. U. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Pada Ruang Isolasi Covid-19 Berbasis Android Menggunakan Sensor Sharp GP2Y1010AU0F. *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, vol. 3, no. 02, pp. 1–11. doi: <https://doi.org/10.31328/jasee.v3i02.204>.