

Rancang Bangun Pemantauan PM_{2.5} Berbasis *Low Cost Sensor* Menggunakan Klasifikasi *Air Quality Index* pada Industri Kimia

Aryabima Dwian Nugroho¹, Luqman Cahyono^{1*}, Alma Vita Sophia¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: luqmancahyono24@ppns.ac.id

Abstrak

Kegiatan proses produksi di Industri Kimia dapat menghasilkan emisi partikulat, khususnya PM_{2.5}. Kegiatan tersebut seperti proses grinding dan aktivitas transportasi pengangkut barang pada kawasan Industri Kimia. Selain itu, kendala pada proses produksi juga dapat menyebabkan bertambahnya emisi PM_{2.5}, seperti kerusakan *bagfilter* yang dapat melepaskan partikulat halus tanpa melalui pengolahan. Berdasarkan kondisi tersebut, dapat membahayakan makhluk hidup yang menghirup udara di kawasan terkait. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang desain sistem *monitoring* PM_{2.5} berbasis *low cost sensor* pada Industri Kimia yang dapat mengklasifikasikan data yang dihasilkan oleh *sensor* dengan ISPU. Selain itu, terdapat sarana informasi kepada pekerja mengenai konsentrasi partikulat serta kualitas udara yang dihirup dan notifikasi peringatan jika kualitas udara terhitung kategori tidak sehat. Metode yang digunakan dalam pembuatan sistem *monitoring* tersebut yaitu dengan melakukan pemograman menggunakan *software Arduino IDE* dan diuji tingkat akurasi hasil pengukuran dengan membandingkan hasil pengukuran alat terkalibrasi yaitu HVAS. Hasil pengujian tersebut didapatkan data persentase error PM_{2.5} sebesar 10%. Dengan demikian, *prototype* memiliki akurasi pembacaan yang baik dan dapat diimplementasikan pada industri.

1. PENDAHULUAN

Polusi udara bukan hanya berupa gas dari kendaraan bermotor, industri, atau pembakaran sampah rumah tangga, tetapi juga partikel debu yang berukuran sangat kecil (ukuran mikron) yang melayang-layang di udara. Debu yang melayang-layang di udara dapat berasal dari permukaan jalan yang terkena hembusan angin atau berasal pembakaran bahan bakar oleh mesin kendaraan bermotor (Jumingin, 2019). Partikel debu merupakan campuran yang sangat rumit dari berbagai senyawa organik dan anorganik yang tersebar di udara dengan diameter yang sangat kecil, mulai berukuran kurang dari 1 mikron sampai dengan maksimal 500 mikron. Penelitian yang dilakukan di Kanada menemukan bahwa paparan partikulat secara jangka panjang dapat menyebabkan kardiopulmoner, kanker paru-paru hingga kematian (Pope dkk., 2019). Selain berdampak pada kesehatan, partikulat juga menimbulkan dampak pada lingkungan dan perubahan iklim.

Oleh karena itu, diperlukan alat *monitoring* yang mudah digunakan dan dapat mengukur partikulat di udara ambien secara *realtime*, sehingga dilakukan penelitian dengan membuat sistem *monitoring* partikulat berbasis *low cost sensor* yang dapat mengukur secara *realtime*. Selain itu, alat tersebut juga memberikan informasi mengenai kualitas udara menggunakan klasifikasi AQI dari regulasi ISPU. Objek pada penelitian ini yaitu kawasan Industri Kimia yang menghasilkan emisi PM_{2.5}. Alat tersebut diharapkan dapat membantu perusahaan dalam melakukan pemantauan kualitas udara ambien. Selain itu, pekerja pada industri tersebut dapat mengetahui kualitas udara yang dihirup melalui sistem informasi pada alat yang akan dibuat pada penelitian ini.

2. METODE

2.1. Analisa Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem memiliki tujuan untuk mengetahui kebutuhan apa saja dalam menentukan spesifikasi yang dibutuhkan oleh sistem, mulai dari sistem tersebut dibangun hingga mampu diimplementasikan atau digunakan. Spesifikasi tersebut meliputi komponen atau elemen yang dapat menunjang perancangan sistem. Kebutuhan sistem *prototype* yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu :

A. Hardware

Kebutuhan *hardware* pada *prototype* meliputi sensor PMS7003, Mikrokontroler ESP32, *Liquid Crystal Display* (LCD) 20x4, Kabel *Jumper*, dan laptop

B. Software

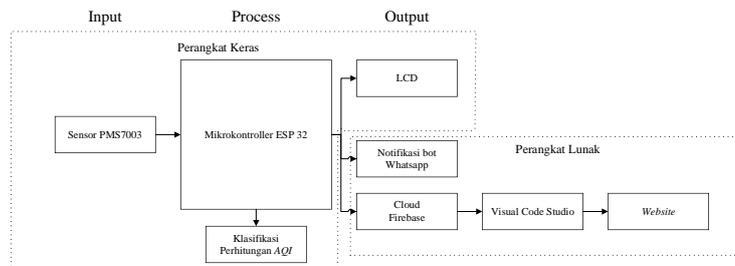
Internet, *Arduino IDE*, *Firebase*, dan *WhatsApp*.

2.2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap merancang suatu sistem yang baik dengan berisikan langkah-langkah operasi dalam proses pengolahan data dan prosedur untuk mendukung operasi sistem. Pada tahap ini dibagi menjadi 2 tahap yaitu perancangan sistem awal dan perancangan flowchart kerja sistem. Perancangan sistem awal dikerjakan terlebih dahulu untuk memahami konsep sistem yang akan dibuat. Setelah itu, melakukan perancangan flowchart kerja sistem untuk memberi gambaran jalannya sebuah sistem dari satu proses ke proses lainnya.

A. Perancangan Sistem Awal

Perancangan sistem awal dilakukan dengan membuat diagram blok sistem untuk menjelaskan proses kerja dari suatu alat yang dibuat. Berikut merupakan diagram blok sistem pada penelitian ini :

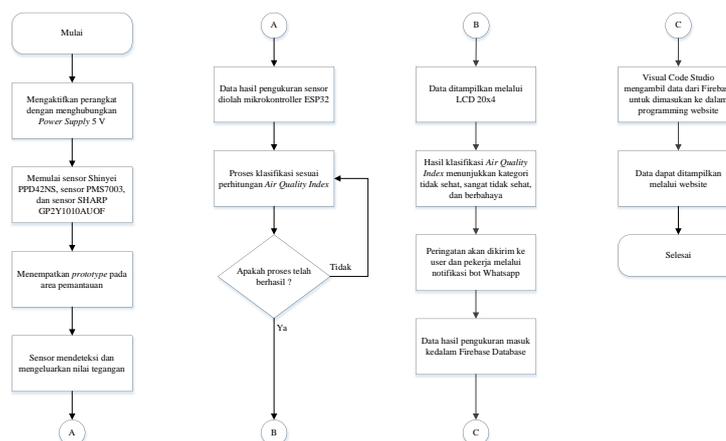


Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada gambar diatas merupakan blok diagram sistem sebagai penjelasan konsep awal dalam pembuatan sistem monitoring partikulat. Sensor yang digunakan merupakan *input* dari perancangan ini. Kemudian, hasil *input* yang terbaca oleh sensor diproses dengan mikrokontroler yang didalamnya terdapat perhitungan klasifikasi *Air Quality Index*. Standar *Air Quality Index* yang digunakan pada *prototype* yaitu ISPU dari negara Indonesia. Selanjutnya, hasil dari proses tersebut di tampilkan melalui LCD. Setelah itu, jika hasil klasifikasi *Air Quality Index* dari proses tersebut tergolong tidak sehat, sangat tidak sehat, dan berbahaya, maka notifikasi bot *Whatsapp* kepada *user* akan aktif. Setelah itu, hasil data dari proses mikrokontroler akan dikirim ke *cloud* sebagai *database* dari sistem ini, sehingga pembuatan *website* dari *Visual Code Studio* akan mengambil data yang telah tersimpan oleh *database*.

B. Perancangan Flowchart Kerja Sistem

Flowchart kerja sistem penelitian ini akan dijelaskan pada Gambar 3 dibawah ini :



Gambar 2. Flowchart Kerja Sistem

Pada Gambar 3 terlampir Flowchart kerja sistem pada penelitian ini. Berikut merupakan uraian proses kerja sistem *prototype* :

1. Mengaktifkan *prototype* dengan menghubungkan *prototype* dengan daya listrik menggunakan *Power Outlet 5V*.
2. Sensor PMS7003 aktif.
3. *Prototype* siap ditempatkan pada area pemantauan.
4. Sensor akan mendeteksi dan mengeluarkan nilai tegangan.
5. Data akan diolah dan dianalisis dengan mikrokontroler ESP32 beserta perhitungan ISPU.

6. Data hasil pengukuran yang telah diolah dari mikrokontroler ditampilkan oleh LCD.
7. Jika hasil perhitungan *Air Quality Index* terhitung kategori tidak sehat, sangat tidak sehat, dan berbahaya, maka notifikasi bot *Whatsapp* kepada *user* akan aktif. Akan tetapi, jika terhitung kategori sehat dan sedang, maka akan lanjut ke proses pengiriman data ke *database*.
8. *Website* akan mengambil data dari *database* melalui pemrograman *code*.
9. Data hasil pengukuran dapat ditampilkan melalui *website*
10. Selesai.

2.3. Klasifikasi Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Setelah mikrokontroler ESP32 menerima data hasil pemantauan dari sensor, selanjutnya data nilai konsentrasi tersebut diubah menjadi nilai ISPU. Berdasarkan PERMENLHK Nomor P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara menyebutkan bahwa untuk mengubah nilai konsentrasi menjadi nilai ISPU yaitu dengan menggunakan tabel batas konsentrasi kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan rumus. Berikut merupakan batas konsentrasi pada standar negara Indonesia yaitu ISPU :

Tabel 1. Batasan Konsentrasi Partikulat Untuk ISPU

PM _{2.5} (µg/m ³) 24 jam	AQI	Kategori
15,5	0 – 50	Baik
55,4	51 – 100	Sedang
150,4	101 – 200	Tidak Sehat
250,4	201 – 300	Sangat Tidak Sehat
500	>300	Berbahaya

Sumber : Berdasarkan PERMENLHK Nomor P.14/MENLHK/SETJEN/KUM. 1/7/2020 Tentang ISPU

Setelah itu, dilakukan perhitungan menggunakan persamaan berikut ini :

$$I = \frac{(I_a - I_b)}{(X_a - X_b)} (X_x - X_b) + I_b$$

Persamaan 1. Rumus konversi nilai ISPU

- I = ISPU terhitung.
- I_a = ISPU batas atas.
- I_b = ISPU batas bawah
- X_a = Konsentrasi ambien batas atas (µg/ m³).
- X_b = Konsentrasi ambien batas bawah (µg/ m³).
- X_x = Konsentrasi ambien nyata hasil pengukuran (µg/m³).

Perhitungan klasifikasi tersebut, akan dimasukkan dalam program *code prototype* menggunakan *Arduino Ide*.

2.4. Validasi Prototype

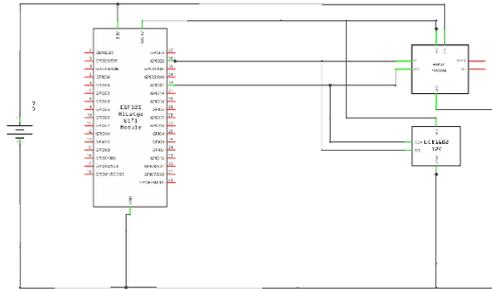
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fatkhurrahman (2019), menyebutkan bahwa pengembangan metode pengukuran total partikulat berbasis sensor dan kuantifikasi nilai dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan alat dan dikorelasikan dengan alat lain yang telah terkalibrasi. Alat terkalibrasi yang sesuai SNI yaitu menggunakan High Volume Air Sampler (HVAS). Oleh karena itu, validasi prototype ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran oleh prototype dengan HVAS pada titik lokasi pengambilan yang sama. Lokasi yang digunakan yaitu pada area kawasan Industri dengan titik lokasi berada pada depan kantor Industri. menempatkan prototype bersebelahan dan sejajar dengan HVAS. Pengambilan data pada prototype dilakukan tiap satu jam selama 24 jam. Data yang diambil pada prototype telah terkonversi ke satuan µg/m³ dan dapat terlihat pada LCD dari prototype tersebut. Kemudian akan dicari rata-rata dari data hasil pengukuran prototype selama 24 jam. Sedangkan pengambilan data pada HVAS didapatkan dengan metode uji gravimetri

selama 24 jam pengukuran. Setelah itu, hasil pengukuran dari kedua alat tersebut dibandingkan dengan cara mencari data persentase error dari prototype.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Desain Sistem Monitoring

Rancang bangun pemantau kualitas udara ini memanfaatkan *low cost sensor air quality*, yaitu sensor PMS7003. Sensor tersebut digunakan untuk mendeteksi kadar partikulat yang ada di sekitar Industri. Sensor tersebut dihubungkan dengan mikrokontroller ESP32. Pengolahan data yang dilakukan oleh mikrokontroller ESP32 diprogram dengan *software Arduino IDE*. Setelah itu, hasil data akan ditampilkan melalui LCD yang telah dihubungkan melalui pemrograman pada *Arduino IDE*. Berikut merupakan desain *schematic* sistem pada rancang bangun penelitian ini :



Gambar 3. Desain *Schematic*

3.2. Validasi Prototype

Dilakukan pengujian validasi terhadap prototype dengan membandingkan hasil pengukuran pada prototype dan alat terkalibrasi yaitu HVAS, sehingga dapat mengetahui tingkat akurasi pengukuran prototype dari perbandingan data hasil pengukuran. Pengujian validasi tersebut dilakukan pada halaman depan Industri Kimia dengan dimulai pada jam 8 pagi. Prototype diletakan bersebelahan dengan HVAS dan dengan tinggi yang sejajar menggunakan bantuan tripod. Pengujian dilakukan selama 24 jam dengan dilakukan pencatatan setiap satu jam sekali pada hasil pengukuran prototype. Sedangkan pada HVAS, dilakukan pengukuran selama 24 jam dengan hasil pengukuran setelah dilakukan uji gravimetri oleh pihak lab eksternal. Kemudian, data yang dihasilkan oleh kedua alat tersebut akan dibandingkan, sehingga dapat diketahui koreksi atau persentase error dari hasil pengukuran prototype. Dari hasil persentase error tersebut, akan diketahui seberapa baik tingkat akurasi dari pembacaan sensor. Berikut merupakan data dari hasil pengukuran oleh prototype dan data HVAS dari laboratorium eksternal yang akan ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Tabel Hasil Pengukuran oleh *Prototype* dengan HVAS.

No	Waktu Pengukuran	<i>Prototype</i> ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HVAS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	08.00 WIB	15	20
2	09.00 WIB	14	
3	10.00 WIB	33	
4	11.00 WIB	35	
5	12.00 WIB	35	
6	13.00 WIB	35	
7	14.00 WIB	34	
8	15.00 WIB	34	
9	16.00 WIB	33	
10	17.00 WIB	33	
11	18.00 WIB	18	
12	19.00 WIB	19	
13	20.00 WIB	18	20
14	21.00 WIB	18	
15	22.00 WIB	19	
16	23.00 WIB	18	
17	00.00 WIB	19	
18	01.00 WIB	16	
19	02.00 WIB	14	
20	03.00 WIB	13	
21	04.00 WIB	15	
22	05.00 WIB	14	
23	06.00 WIB	14	
24	07.00 WIB	12	
Rata-rata :		22	20

Data hasil pengukuran dari prototype dengan HVAS menunjukkan bahwa prototype dapat membaca nilai konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ dengan baik. Dikarenakan, hasil rata-rata pengukuran prototype selama 24 jam menghasilkan nilai yang mendekati dari hasil pengukuran oleh HVAS. Sedangkan, koreksi atau presentase

error yang dihasilkan yaitu :

$$\begin{aligned} \% \text{ Kesalahan} &= \frac{\text{Abs} (\text{Hasil rata-rata prototype} - \text{Hasil rata-rata HVAS})}{\text{Hasil rata-rata HVAS}} \times 100 \% \\ &= \frac{\text{Abs} (22 - 20)}{20} \times 100 \% \\ &= 10 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Septiani (2020) menyebutkan bahwa hasil pengukuran konsentrasi PM_{2.5} memiliki rata-rata error pengukuran sebesar 13,75%. Sistem monitoring konsentrasi partikulat dianggap berjalan baik dengan kebenaran relatif pengukuran konsentrasi PM_{2.5} sebesar 86,25%. Berdasarkan penelitian tersebut, maka pengujian prototype ini dapat dikatakan baik dikarenakan menghasilkan persentase error sebesar 10%.

3.3. Penampil Data pada Website

Tampilan *interface website* dibuat dengan *software* Visual Code Studio dengan bahasa pemrograman PHP dan memiliki responsibilitas yang baik untuk digunakan melalui PC dan *smartphone*. Selain itu, desain *website* pada penelitian ini dibuat per *layout* dengan tujuan untuk mudah dipahami dan dibaca. *Website* yang digunakan dalam pengujian dapat diakses secara publik melalui link prototypeindustrikimia.site. Berikut merupakan tampilan website:



Gambar 4. Tampilan Website

4. KESIMPULAN

Telah dibuat *prototype sistem monitoring* PM_{2.5} pada kawasan Industri Kimia dengan menggunakan *low cost sensor*. Seluruh perancangan sistem *prototype* diprogram menggunakan *software Arduino IDE*. *Prototype* telah dilakukan validasi dengan alat terkalibrasi yaitu HVAS dan menghasilkan data persentase error PM_{2.5} sebesar 10%. Data hasil pengukuran oleh sensor dapat ditampilkan melalui *website* dengan cara mengambil data pada *Firebase* yang telah dilakukan pengkodean melalui *Visual Code Studio*. Selain itu, notifikasi bot *WhatsApp* akan aktif ketika hasil perhitungan AQI tergolong kategori tidak sehat. Selain itu, data hasil pengukuran PM_{2.5} oleh *prototype* dapat diklasifikasikan AQI dengan menginput rumus AQI dan batas konsentrasi pada pemrograman di *Arduino IDE*, sehingga data hasil pengukuran akan secara otomatis melakukan perhitungan AQI dan akan menghasilkan nilai berupa kategori ISPU.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan Terimakasih oleh penulis disampaikan kepada Allah SWT, serta pihak-pihak terkait yang selalu memberikan dukungan dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Fatkhurrahman, J. A., Sari, I. R. J., dan Pratiwi, N. I. 2019. Verifikasi Sensor Partikulat Sebagai Instrumetasi Pemantauan PM_{2.5} dan PM₁₀ Berbasis Low Cost Sensor. *Prosiding SNST Ke-10*, Vol. 82 No. 5. 25-30.
- Jumingin, J., dan Septyanto, R. 2019. Analisa Kadar Debu Terbang PM10 di Setiap Titik Pengukuran (Studi Kasus: Jalan Demang Lebar Daun). *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (JUPITER)*, Vol. 1 No. 1. 1-15.
- Peraturan Pemerintah RI. 2020. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No 14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara. 1–16.
- Pope, C. A., Lefler, J. S., Ezzati, M., Higbee, J. D., Marshall, J. D., Kim, S. Y., Bechle, M., Gilliat, K. S., Robinson, A. L., dan Burnett, R. T. 2019. *Erratum: Mortality risk and fine particulate air pollution in a large, representative cohort of U.S. adults (Environ Health Perspect. Vol.127 No. 7. 115-140.*

Septiani, Lawi. 2020. Sistem Monitoring Konsentrasi Partikulat. 1-167.