

Design and Development of Dust Intensity Monitoring on Electrical Panels Using ESP32

Febrianto*¹, Muslimin², Sukriyah Buwarda³

^{1,2,3}Politeknik ATI Makassar
e-mail: 22osp638@atim.ac.id*

Abstract

This study presents the design and development of a dust intensity monitoring system for electrical panels using the ESP32 microcontroller, driven by the need to monitor environmental conditions inside panels that are often exposed to dust, particularly in industrial settings such as coal processing, where accumulated dust can cause functional disruptions and pose fire hazards. The system employs a GP2Y1010AU0F dust sensor and a DHT11 temperature-humidity sensor to measure environmental parameters, with the ESP32 processing the data and transmitting it to users via the Telegram application. Test results indicate that the system can detect dust concentrations in real time with high sensitivity, achieving average accuracy rates of 98.83% for temperature and 97.80% for humidity, while providing automatic notifications when conditions reach hazardous levels. Equipped with an LCD display and Telegram notification integration, the device improves the efficiency of remote electrical panel maintenance and offers a simple yet effective remote monitoring solution for industrial applications.

Keyword: ESP32, GP2Y1010AU0F, DHT11, Dust, Monitoring

Abstrak

Penelitian ini membahas rancang bangun sistem monitoring intensitas debu pada panel listrik berbasis mikrokontroler ESP32. Latar belakang pengembangan sistem ini adalah kebutuhan pemantauan kondisi lingkungan dalam panel listrik yang sering terpapar debu, terutama pada lingkungan industri seperti pengolahan batu bara, yang jika dibiarkan dapat menimbulkan gangguan fungsional bahkan risiko kebakaran. Sistem ini memanfaatkan sensor debu GP2Y1010AU0F dan sensor suhu-kelembapan DHT11 untuk membaca parameter lingkungan. Mikrokontroler ESP32 digunakan untuk mengolah data sensor dan mengirimkan informasi ke pengguna melalui aplikasi Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi konsentrasi debu secara real-time dengan tingkat sensitivitas yang baik di lihat dari rata-rata % Akurasi (suhu 98,83 %) dan (kelembapan 97,80 %) serta memberikan notifikasi otomatis saat kondisi udara dalam panel mencapai ambang berbahaya. Dengan tampilan data pada LCD dan integrasi notifikasi pada telegram, alat ini mampu meningkatkan efektivitas pemeliharaan panel listrik secara jarak jauh. Penelitian ini menjadi solusi monitoring sederhana dan efisien pada pemantauan jarak jauh pada industri.

Kata kunci: ESP32, GP2Y1010AU0F, DHT11, Debu, Monitoring

1. Pendahuluan

Panel listrik berperan penting sebagai pusat pengendali dan pelindung aliran daya dari sumber utama ke berbagai beban, baik di sektor industri maupun perumahan [1], [2], [3], [4], [5]. Meski umumnya ditempatkan di ruang tertutup, panel tetap berpotensi terpapar debu, yang bila menumpuk dapat mengganggu kinerja komponen seperti MCCB, MCB, terminal blok, dan sistem proteksi lain, serta meningkatkan risiko korsleting atau panas berlebih [6], [7], [8], [9], [10].

Di PT Ekspres Cahaya Bintang, paparan debu signifikan sering terjadi akibat aktivitas pengolahan batu bara, membuat pemantauan manual menjadi tantangan karena memakan waktu, tenaga, dan berisiko terlambat mendeteksi gangguan. Kondisi ini memerlukan sistem monitoring berbasis teknologi yang dapat diakses jarak jauh untuk meningkatkan fleksibilitas pemeliharaan.

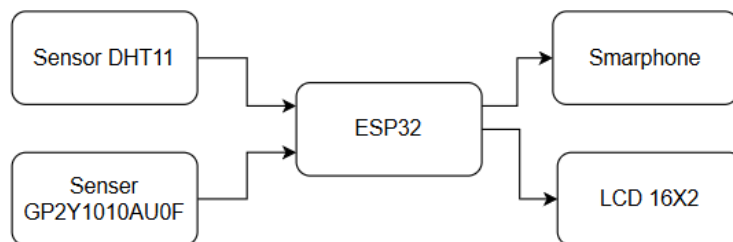
Studi sebelumnya menunjukkan bahwa sensor GP2Y1010AU0F efektif memantau kualitas udara dan dapat dikombinasikan dengan mikrokontroler ESP32 serta modul komunikasi

seperti LoRa untuk pemantauan jarak jauh dan pemberitahuan otomatis saat debu melebihi ambang batas [11]. Integrasi sistem pendeteksi debu juga terbukti membantu menjaga performa, memperpanjang usia pakai panel, dan mengurangi risiko kerusakan maupun kebakaran [12].

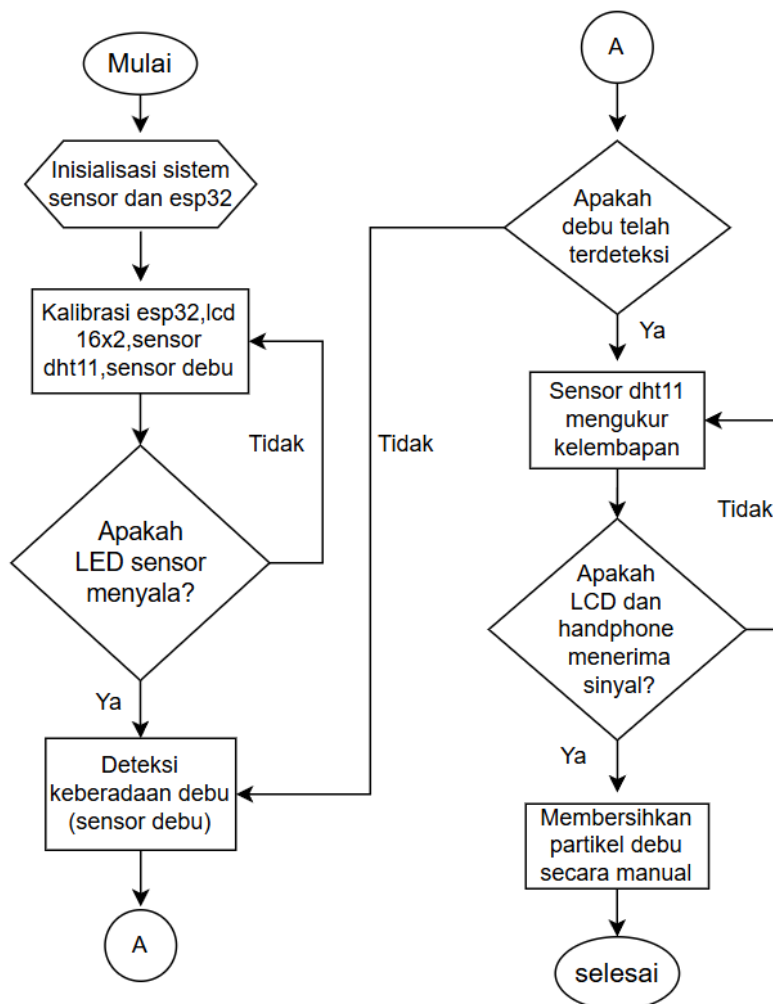
Oleh karena itu, dibutuhkan sistem monitoring intensitas debu berbasis ESP32 yang mampu memberikan pengawasan cepat, akurat, dan berkelanjutan pada panel listrik.

2. Metode Penelitian

Tempat penelitian kampus Politeknik ATI Makassar, berlangsung sejak Juni hingga Juli 2025. Adapun jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian dengan metode penelitian rekayasa. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap yaitu pembuatan alat dan pengujian alat monitoring intensitas debu pada panel listrik berbasis ESP32. Pada rancangan alat monitoring intensitas debu ini dibuat perancangan pengkabelan yang menunjukkan posisi tiap-tiap komponen.

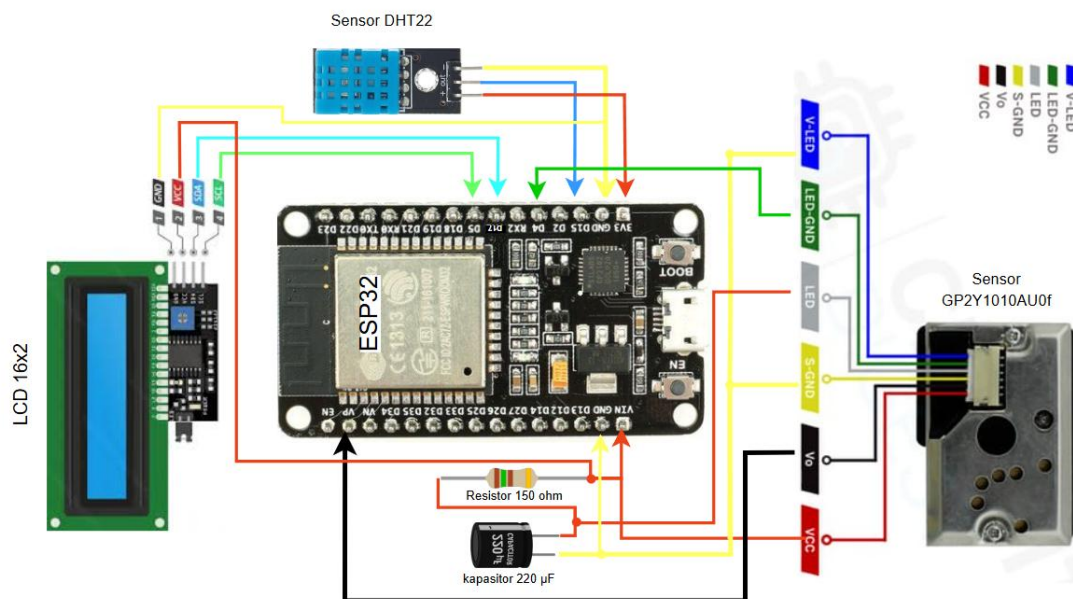


Gambar 1. Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Flowchart Sistem

3. Hasil dan Pembahasan 3.1. Hasil Penelitian



Gambar 3. Wiring diagram sistem

Pada Gambar 3, ESP32 diprogram sebagai pusat kendali untuk mengolah data dari dua jenis sensor, yaitu GP2Y1010AU0F yang mendeteksi konsentrasi partikel debu di dalam panel listrik, dan DHT11 yang mengukur suhu serta kelembapan. Data hasil pembacaan sensor ditampilkan pada LCD 16x2, sementara resistor 150 Ohm digunakan sebagai pembatas arus untuk LED inframerah internal pada sensor, dan kapasitor 220 μ F berfungsi sebagai penyaring noise pada tegangan suplai agar pembacaan sensor lebih stabil.

3.2. Pengujian

Pengujian terhadap alat rancangan untuk memantau intensitas debu pada panel listrik dilakukan menggunakan sensor GP2Y1010AU0F dan sensor DHT11 yang berbasis ESP32. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan alat mampu mendeteksi jumlah debu, suhu, dan kelembapan di dalam panel listrik secara akurat. Pengujian dilaksanakan di lingkungan kampus Politeknik ATI Makassar, dengan metode simulasi melalui penyebaran debu ke dalam panel. Kegiatan ini berlangsung selama satu hari. Pengukuran tegangan serta tingkat debu dilakukan menggunakan sensor GP2Y1010AU0F dan multimeter digital, sedangkan suhu dan kelembapan diukur menggunakan sensor DHT11, lalu hasilnya dibandingkan dengan alat termohigrometer digital HTC-2.

Tabel 1. Hasil pengukuran intensitas debu

No.	Kategori	Nilai Terbaca		Tegangan (V)	ISPU
		Telegram ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Display LCD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
1	Baik	0	0	0,32	1–50
2	Sedang	37,8	37,8	0,30	1–50
3	Tidak Sehat	75,6	75,6	0,27	51–100
4	Tidak Sehat	145,8	145,8	0,25	101–200
5	Berbahaya	286	286	0,23	201–300
6	Berbahaya	5400	5400	0,22	≥ 301

Berdasarkan data pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa semakin banyak partikel debu yang masuk ke dalam ruang sensor, maka tegangan yang dihasilkan akan mengalami penurunan.

Tabel 2. Data pengukuran suhu sensor DHT11 dan Termohigrometer

No.	Termohigrometer (°C)	DHT 11 (°C)	Selisih (°C)	Error (%)	Akurasi (%)
1	31,6	31,5	0,1	0,31	99,69
2	32,8	32,3	0,5	1,52	98,48
3	33,5	33,1	0,4	1,19	98,81
4	34,7	34,2	0,5	1,44	98,56
5	36,1	35,6	0,5	1,38	98,62
	Jumlah		2	5,84	494,16
	Rata-rata		0,4	1,16	98,83

Analisis data dari sensor DHT11, yang bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran suhu menggunakan termometer dengan data yang diperoleh dari sensor, serta menghitung besarnya tingkat kesalahan (error) yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3 Data pengukuran kelembapan sensor DHT11 dan Termohigrometer

No.	Termohigrometer (%)	DHT11 (%)	Selisih (%)	Error (%)	Akurasi (%)
1	62,0	64,0	2	3,22	96,78
2	64,0	65,0	1	1,56	98,44
3	64,0	65,0	1	1,56	98,44
4	64,0	66,0	2	3,12	96,88
5	65,0	66,0	1	1,53	98,47
	Jumlah		7	10,99	489,01
	Rata – rata		1,4	2,19	97,80

Keterangan:

Termohigrometer = Nilai sebenarnya
 Sensor DHT11 = Nilai terbaca

- Hasil Selisih

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= \text{Hasil Nilai Sebenarnya} - \text{Hasil Nilai terbaca} \\ &= 31,6 \text{ (}^\circ\text{C)} - 31,5 \text{ (}^\circ\text{C)} \\ &= 0,1 \text{ (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

- Persentase Error

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \frac{\text{Nilai sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \times 100 \% \\ &= \frac{31,6 - 31,5}{31,6} \times 100 \% \\ &= 0,31 \% \end{aligned}$$

- Rata - rata selisih

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata selisih} &= \frac{\text{Total Error}}{\text{Jumlah pengukuran}} \\ &= \frac{2}{5} = 0,4^\circ\text{C} \end{aligned}$$

- Rata – rata persentase error

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata \% Error} &= \frac{\text{Total \% Error}}{\text{Jumlah pengukuran}} \\ &= \frac{5,84}{5} = 1,16\% \end{aligned}$$

- Rata – rata Akurasi

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Akurasi} &= \frac{\text{Jumlah semua akurasi}}{\text{Jumlah pengukuran}} \\ &= \frac{494,16}{5} = 98,83\% \end{aligned}$$

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan pengembangan sistem alat monitoring intensitas debu pada panel listrik berbasis ESP32 telah berhasil dibuat dan diuji untuk memantau partikel debu di panel listrik secara real-time. Sensor GP2Y1010AU0F sensitif dalam mendeteksi konsentrasi debu, dengan tegangan output yang menurun saat jumlah debu meningkat. Sensor DHT11 juga memberikan hasil akurat untuk suhu dan kelembapan dilihat dari rata-rata % akurasi suhu 98,83% dan kelembapan 97,80% meski hanya digunakan secara terbatas. Data dari sensor ditampilkan lewat LCD dan dikirim ke Telegram, namun hanya sebatas notifikasi tanpa kontrol jarak jauh. Sesuai batasan, sistem ini tidak mencakup fitur pembersih otomatis atau sensor debu lain seperti PM2.5. Uji coba menunjukkan sistem mampu mengklasifikasikan kondisi udara dari bersih hingga berbahaya sesuai standar ISPU.

Referensi

- [1] J. Lu, J. Li, W. Li, Y. Li, and Y. Xue, "A new approach to identifying faulty lines in distribution systems based on traveling wave refraction and coupling," *Electric Power Systems Research*, vol. 78, no. 3, pp. 353–360, Mar. 2008, doi: 10.1016/j.epsr.2007.03.006.
- [2] K. Islam, D. Kim, and A. Abu-Siada, "A review on adaptive power system protection schemes for future smart and micro grids, challenges and opportunities," *Electric Power Systems Research*, vol. 230, p. 110241, May 2024, doi: 10.1016/j.epsr.2024.110241.
- [3] M. Anis, M. M. Shuhaimi, and M. S. Kamarudin, "Smart Power Distribution Box with Power and Fault Monitoring using IoT," 2024, doi: 10.30880/eeee.2024.05.02.041.
- [4] M. Shaban and M. Alsharekh, "Design of a Smart Distribution Panelboard Using IoT Connectivity and Machine Learning Techniques," *Energies (Basel)*, vol. 15, no. 10, p. 3658, May 2022, doi: 10.3390/en15103658.
- [5] A. Patchong, *Implementing Standardized Work*. Productivity Press, 2014. doi: 10.1201/b16717.
- [6] D. P. Nanggala and A. Ahfas, "Sub Distribution Panel's Design Rancangan SubDistribution Panel," *Procedia of Engineering and Life Science*, vol. 7, pp. 355–361, Mar. 2024, doi: 10.21070/pels.v7i0.1484.
- [7] S. Szultka, S. Czapp, A. Tomaszewski, and H. Ullah, "Evaluation of Fire Hazard in Electrical Installations Due to Unfavorable Ambient Thermal Conditions," *Fire*, vol. 6, no. 2, p. 41, Jan. 2023, doi: 10.3390/fire6020041.
- [8] F. Sihombing, T. Pangaribuan, and R. S. S. Situmeang, "Study Of Potential Disruptions In UHN Electrical Installations Risk Identification And Preventive Measures," *ARRUS Journal of Engineering and Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 220–232, Dec. 2024, doi: 10.35877/jetech3712.
- [9] X. Wang *et al.*, "Research on temperature rise of high current switchgear in distribution system," *The Journal of Engineering*, vol. 2019, no. 16, pp. 2931–2934, Mar. 2019, doi: 10.1049/joe.2018.8769.
- [10] A. Khumaidi *et al.*, "Implementation of integrated temperature, humidity, and dust monitoring system on building electrical panel," *Journal of Soft Computing Exploration*, vol. 5, no. 4, pp. 342–352, Dec. 2024, doi: 10.52465/josce.v5i4.483.
- [11] Aidatu Yumna Khansa, Ratnasari Nur Rohmah, and Hari Purwoto, "Sistem Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Dua Koneksi Nirkabel," *Jurnal Teknik AMATA*, vol. 5, no. 1, pp. 55–64, Jun. 2024, doi: 10.55334/jtam.v5i1.263.
- [12] M. Meilany, Dika Satria, R. Pusparina A, A. Dhia Saputro, B. Fasial Tanjung, and R. Hidayat, "Analisis Output Daya pada Sistem Pembersih Debu berbasis ESP32 terhadap Panel Surya," *Jurnal Komputer dan Elektro Sains*, vol. 2, no. 2, pp. 16–21, Jan. 2024, doi: 10.58291/komets.v2i2.169.