

Rancang Bangun Sistem Penghisap Asap Solder Otomatis Dengan Sensor Kualitas Udara Berbasis ESP32-S3

¹Aditya Bayu Wicaksono, ²Edy Kurniawan, ³Rhesma Intan Vidyastari

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo

Jl. Budi Utomo No 10, Ponorogo 63471, Jawa Timur, Indonesia

¹bayu12aditya@gmail.com, ²edy@umpo.ac.id, ³rhesma@umpo.ac.id

Abstract – Fumes generated during the soldering process contain combustion byproducts—including particles and gases—that can degrade air quality in the workspace. Manual operation of fume extraction equipment is considered inefficient, as it relies on the user to manually activate and deactivate the device during the soldering process. This research aims to design and construct an automated solder fume extraction system based on the ESP32-S3 microcontroller, utilizing air quality sensors to control the extraction fan. The research methodology encompasses field studies, literature reviews, hardware and software design, system assembly, testing, and performance evaluation. The system employs GP2Y1014AU0F and MQ-7 sensors to obtain raw ADC readings, which are processed by the ESP32-S3 microcontroller to automatically trigger the relay and extraction fan. Test results indicate that the GP2Y1014AU0F sensor reading increased from 0 ADC (smoke-free conditions) to 17–45 ADC during soldering, while the MQ-7 sensor showed reading fluctuations corresponding to the level of solder fume exposure. These reading changes serve as the trigger for automatic fan activation once the sensor values exceed the system's preset thresholds. Additionally, sensor readings and the device's operational status are displayed in real-time on an OLED screen. The study demonstrates that the developed system can detect air quality changes based on sensor readings and automatically activate fume extraction, thereby helping to reduce solder fume exposure in the workspace.

Keywords: ESP32-S3, GP2Y1014AU0F, MQ-7, Solder Fume Extractor, Oled LCD, HEPA Filter.

Abstrak - Asap yang dihasilkan selama proses penyolderan mengandung partikel dan gas hasil pembakaran yang dapat menurunkan kualitas udara di area kerja. Pengoperasian alat penghisap asap secara manual dinilai kurang efektif karena bergantung pada pengguna untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan alat selama proses penyolderan berlangsung. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem penghisap asap solder otomatis berbasis ESP32-S3 yang memanfaatkan sensor kualitas udara sebagai dasar pengendalian kipas penghisap. Metode penelitian meliputi studi lapangan, studi literatur, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, perakitan sistem, pengujian, serta evaluasi kinerja alat. Sistem menggunakan sensor GP2Y1014AU0F dan sensor MQ-7 untuk memperoleh nilai pembacaan sensor dalam bentuk ADC (raw value), yang selanjutnya diproses oleh mikrokontroler ESP32-S3 sebagai dasar pengaktifan relay dan kipas penghisap secara otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor GP2Y1014AU0F mengalami peningkatan nilai pembacaan dari 0 ADC pada kondisi tanpa asap menjadi 17–45 ADC saat proses penyolderan, sedangkan sensor MQ-7 menunjukkan perubahan nilai pembacaan sesuai kondisi paparan asap solder. Perubahan nilai pembacaan tersebut digunakan sebagai dasar pengaktifan kipas secara otomatis ketika nilai sensor telah melewati ambang batas yang ditetapkan pada sistem. Selain itu, hasil pembacaan sensor dan status kerja alat berhasil ditampilkan pada layar OLED secara real-time. Berdasarkan hasil penelitian, sistem yang dikembangkan mampu mendeteksi perubahan kualitas udara berdasarkan nilai pembacaan sensor dan mengaktifkan proses penghisapan asap secara otomatis sehingga dapat membantu mengurangi paparan asap solder di area kerja.

Kata kunci: ESP32-S3, GP2Y1014AU0F, MQ-7, Penghisap Asap Solder, LCD Oled, Filter HEPA

I. PENDAHULUAN

Timah (Sn) merupakan logam dengan titik lebur relatif rendah sehingga banyak digunakan sebagai bahan solder untuk penyambungan komponen elektronik pada PCB (*Printed Circuit Board*) [1]. Proses penyolderan menghasilkan asap yang dapat mengandung timbal (Pb), yang bersifat toksik dan berpotensi mengganggu sistem saraf, hematologi, serta fungsi ginjal [2]. Selain itu, paparan asap solder secara terus-menerus dapat menyebabkan gangguan pernapasan, seperti iritasi saluran pernapasan, batuk, hingga penurunan fungsi paru [3]. Salah satu kasus

menunjukkan bahwa paparan asap solder tanpa pengendalian dan sistem ekstraksi yang memadai dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada pekerja [4].

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan sistem penghisap asap solder yang dapat bekerja secara otomatis untuk mengurangi paparan polutan di area penyolderan. Penelitian ini mengembangkan Sistem Penghisap Asap Solder Otomatis dengan Sensor Kualitas Udara dan ESP32-S3. Sistem menggunakan sensor GP2Y1014AU0F untuk mendeteksi perubahan partikulat dan MQ-7 untuk memantau perubahan pembacaan yang berkaitan dengan karbon monoksida (CO). Nilai ADC (*raw value*) dari kedua sensor diproses oleh ESP32-S3 sebagai dasar pengendalian kipas, serta ditampilkan melalui OLED dan indikator LED. Kipas akan aktif secara otomatis ketika nilai pembacaan sensor melewati ambang batas yang telah ditentukan.

II. METODE PENELITIAN

A. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan pada salah satu tempat servis elektronik di Kabupaten Ponorogo untuk mengamati aktivitas penyolderan, kondisi sirkulasi udara, dan pengendalian asap solder. Hasil observasi menunjukkan bahwa teknisi melakukan penyolderan sekitar 2–4 jam per hari, dengan asap yang cenderung terkonsentrasi di sekitar meja kerja dan belum dapat dihilangkan secara langsung dari area pernapasan. Pengendalian asap masih mengandalkan ventilasi alami dan kipas biasa, serta belum tersedia sistem penghisap yang dapat bekerja secara otomatis.

Berdasarkan kondisi tersebut, dirancang sistem penghisap asap solder menggunakan sensor GP2Y1014AU0F dan MQ-7 yang terhubung dengan ESP32-S3. Ketika nilai pembacaan sensor melewati ambang batas yang ditentukan, relay mengaktifkan kipas penghisap secara otomatis. Hasil studi lapangan menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan fungsional, pemilihan komponen, dan mekanisme kerja sistem yang dikembangkan.

B. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teori dan referensi dalam pengembangan sistem penghisap asap solder otomatis berbasis ESP32-S3. Kajian mencakup dampak paparan asap penyolderan, karakteristik sensor GP2Y1014AU0F dalam mendeteksi partikulat, sensor MQ-7 untuk mendeteksi karbon monoksida (CO), serta penggunaan ESP32-S3, relay, OLED, dan komponen pendukung dalam sistem pemantauan dan pengendalian otomatis [5].

Kajian juga mencakup penelitian terdahulu mengenai sistem penghisap asap solder dan pemantauan kualitas udara untuk mengidentifikasi metode, komponen, serta keterbatasan penelitian yang telah dilakukan. Salah satu penelitian mengenai alat penghisap asap solder berbasis Internet of Things (IoT) digunakan sebagai acuan dalam perancangan sistem dan pemilihan komponen [2].

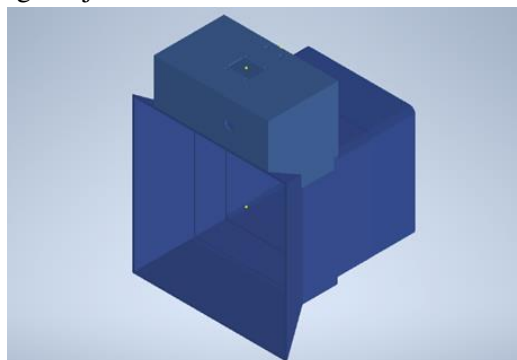
Berdasarkan kajian tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem penghisap asap solder otomatis menggunakan kombinasi sensor GP2Y1014AU0F dan MQ-7 yang dikendalikan ESP32-S3. Data pembacaan sensor digunakan sebagai dasar pengaktifan relay dan kipas ketika nilai melewati ambang batas yang ditentukan. Sistem juga menyediakan pemantauan kondisi alat melalui OLED, sehingga diharapkan dapat meningkatkan otomatisasi pengendalian asap dan mengurangi ketergantungan terhadap pengoperasian secara manual [6].

C. Perencanaan Alat

Perencanaan alat dirancang untuk menentukan struktur fisik, arsitektur sistem, skema pengkabelan, serta logika pemrosesan perangkat lunak pada sistem penghisap asap solder.

1. Perencanaan Desain Alat

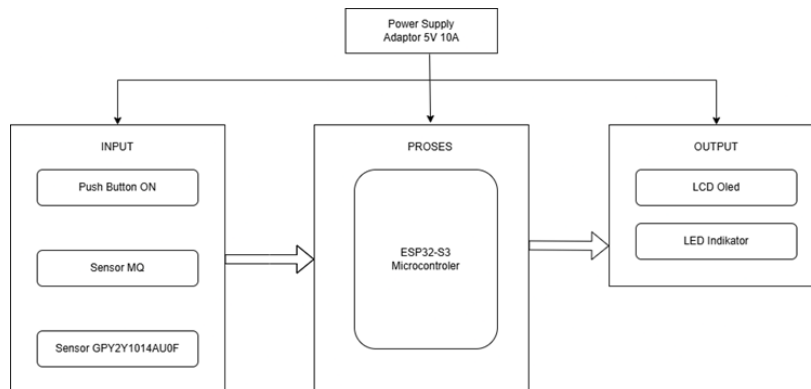
Perencanaan pada tahap perencanaan desain alat merupakan proses perancangan rancangan alat dalam bentuk visual secara efektif dan efisien yang ditujukan untuk memberikan ilustrasi dari rancangan alat yang akan dibuat.



Gambar 1 Perencanaan Desain 3D Alat

2. Diagram Blok Sistem

Diagram blok menggambarkan alur hubungan fungsional antara komponen *input*, *process*, dan *output* dalam sistem penghisap asap solder.



Gambar 2 Diagram Blok Sistem Penghisap Asap Solder

Berdasarkan Gambar 2 diagram blok dijelaskan sebagai berikut:

a. Blok Input

Blok input berisi 4 komponen utama yang berfungsi memberikan data awal ke sistem:

- 1) Push button ON yang berfungsi sebagai saklar untuk mengaktifkan sistem.
- 2) Sensor Gas MQ-7 Sensor ini memiliki elemen pemanas yang akan bereaksi terhadap gas CO.
- 3) *Sensor GP2Y1014AU0F* digunakan untuk mendeteksi partikel debu atau asap di udara.

b. Blok Proses

Blok ini merupakan inti dari sistem yang bertanggung jawab dalam pengolahan data:

- 1) ESP32-S3 merupakan pusat pengendali sistem yang bertugas mengolah seluruh data dan output.

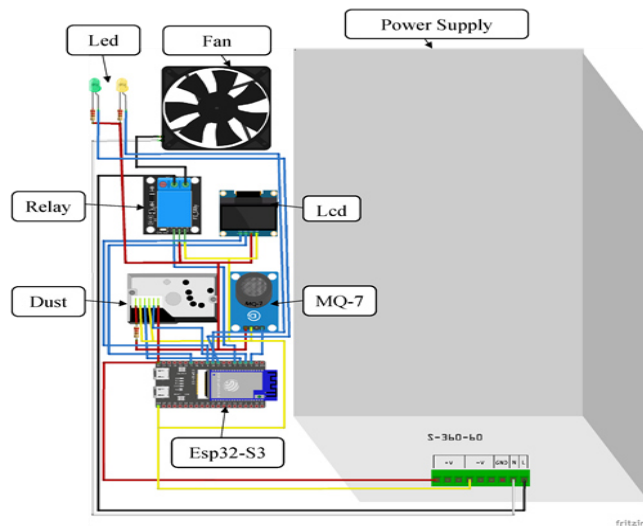
c. Blok Output

Blok output berfungsi sebagai aktuator dari sistem:

- 1) *LCD Oled* Digunakan untuk menampilkan informasi secara visual.
- 2) LED Indikator digunakan sebagai penanda kondisi secara cepat dan mudah dipahami.

3. Diagram Wiring

Diagram wiring adalah gambar teknis yang menunjukkan hubungan antar komponen elektronik melalui kabel atau jalur koneksi. Diagram ini digunakan untuk membantu proses perakitan alat elektronik.

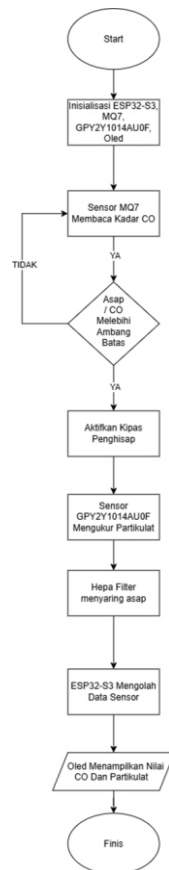


Gambar 3 Diagram Wiring

Pada Gambar 3 penjelasan diagram wiring sebagai berikut:

- a. ESP32 S3
ESP32 S3 bertindak sebagai pemroses utama yang menerima input, mengolah data, dan mengontrol output
 - b. Sensor GP2Y1014AU0F
Sensor GP2Y1014AU0F berfungsi sebagai pendeteksi debu atau *dust* pada asap solder yang dihasilkan dari proses penyolderan.
 - c. Sensor MQ-7
Sensor MQ-7 berfungsi sebagai pendeteksi karbon monoksida dari asap hasil dari penyolderan.
 - d. Relay
Relay berfungsi sebagai saklar otomatis untuk mengaktifkan kipas penghisap saat sensor mendeteksi asap.
 - e. Fan
Fan berfungsi sebagai kipas penghisap asap hasil dari penyolderan.
 - f. Lcd
Lcd berfungsi untuk menampilkan hasil pemrosesan yang telah dilakukan oleh mikrokontroler sehingga dapat menampilkan data secara nyata.
 - g. Led
Led berfungsi sebagai indikator untuk mengetahui kondisi alat sedang bekerja atau tidak.
 - h. Power Supply
Power Supply sebagai suplay daya ke alat yang memiliki output 5V10A
4. Flowchart Sistem Pengisap Asap Solder Otomatis

Perencanaan *software* meliputi perencanaan cara kerja sistem penghisap asap solder otomatis yang dituangkan dalam bentuk flowchart pada gambar 4 dibawah



Gambar 4 Flowchart sistem

Gambar 4 Flowchart sistem penghisap asap solder otomatis diatas menjelaskan alur kerja sistem secara bertahap, mulai dari proses inisialisasi hingga proses penghisapan asap oleh kipas penghisap, dimulai dari perangkat dinyalakan inisialisasi yang meliputi, ESP32 S3, MQ-7, GP2Y1014AU0F, Oled dimulai, lalu sensor MQ-7 membaca kadar CO yang di hasilkan oleh asap solder, ketika melewati ambang batas yang telah di tentukan maka sistem akan mengaktifkan kipas penghisap melalui relay, setelah asap di hisap oleh kipas lalu sensor GP2Y1014AU0F membaca partikel debu yang dihasilkan oleh proses penghisapan tadi, setelah itu asap akan melewati proses filtrasi pada hepa filter, kemudian hasil dari pembacaan tadi diproses oleh ESP32 S3 lalu di pampilkkan melalui LCD Oled *berupa raw value*.

D. Perancangan Perangkat Keras Alat

Perancangan casing alat merupakan tahap awal dalam pengembangan Sistem Penghisap Asap Solder Otomatis dengan Sensor Kualitas Udara dan ESP32-S3. Casing berfungsi sebagai pelindung seluruh komponen elektronik



sekaligus sebagai media penempatan setiap komponen agar tersusun dengan rapi, aman, dan mudah dalam proses perakitan maupun perawatan. Selain sebagai pelindung, desain casing juga dirancang untuk mendukung aliran udara sehingga proses penghisapan asap solder dapat berlangsung secara optimal. Casing alat dibuat menggunakan teknologi 3D Printing dengan material filamen PLA+ 2.0. Material ini dipilih karena memiliki bobot yang ringan, mudah dicetak, memiliki tingkat presisi yang baik, serta mampu menghasilkan bentuk yang sesuai dengan desain yang telah dirancang. Selain itu, penggunaan teknologi 3D Printing memudahkan proses pembuatan prototipe serta memungkinkan adanya modifikasi desain apabila diperlukan pada tahap pengembangan. Dimensi casing dirancang dengan ukuran sekitar 180 mm × 180 mm dengan ketebalan dinding sekitar 2 mm, sehingga cukup untuk menampung seluruh komponen sistem tanpa mengurangi kemudahan dalam pengoperasian alat. Secara konstruksi, casing terdiri atas tiga bagian utama, yaitu bagian atas, bagian depan, dan belakang.

Gambar 5 Perancangan perangkat keras alat

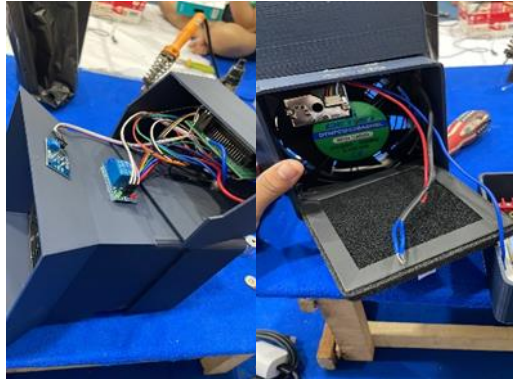
E. Perancangan Sistem Elektronik Alat

Setelah proses perancangan perangkat keras selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah proses perakitan sistem rangkaian elektronik. Tahap ini bertujuan untuk mengintegrasikan seluruh komponen elektronik menjadi satu kesatuan sistem yang mampu bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Proses perakitan dilakukan dengan mengacu pada diagram wiring yang telah dibuat sehingga setiap komponen dapat saling terhubung dan berkomunikasi dengan baik. ESP32-S3 Dev Module digunakan sebagai pusat pengendali seluruh sistem. Mikrokontroler ini berfungsi menerima data dari sensor kualitas udara, mengolah hasil pembacaan sensor, kemudian memberikan perintah kepada komponen keluaran sesuai dengan kondisi kualitas udara yang terdeteksi. Selain itu, Sumber daya sistem berasal dari power supply 5 V 10 A yang digunakan untuk menyuplai tegangan pada seluruh komponen DC, seperti ESP32-S3, sensor GP2Y1014AU0F, sensor MQ-7, modul relay, OLED, dan LED indikator.

Sementara itu, kipas penghisap menggunakan sumber tegangan AC 220 V yang dikendalikan melalui modul relay 1 channel. Dengan konfigurasi tersebut, rangkaian kontrol bertegangan rendah dipisahkan dari rangkaian beban bertegangan tinggi sehingga sistem menjadi lebih aman dan stabil dalam pengoperasiannya. Sensor GP2Y1014AU0F digunakan untuk mendeteksi konsentrasi partikulat atau debu yang berasal dari asap hasil proses penyolderan. Sensor ini dihubungkan ke ESP32-S3 melalui jalur catu daya 5 V serta pin masukan yang digunakan untuk mengirimkan data hasil pengukuran. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan satu buah sensor MQ-7 yang berfungsi mendeteksi konsentrasi gas karbon monoksida (CO). Data dari kedua sensor diproses oleh ESP32-S3 untuk menentukan kondisi kualitas udara pada area penyolderan. Sebagai media keluaran, sistem menggunakan layar OLED 0,96 inci yang berfungsi menampilkan informasi hasil pembacaan sensor secara real-time. Informasi yang ditampilkan meliputi nilai tegangan dari sensor *raw value* dan status kerja sistem sehingga pengguna dapat memantau kondisi lingkungan penyolderan secara langsung.

Selain OLED, sistem juga dilengkapi dengan LED hijau dan LED kuning sebagai indikator visual kondisi sistem. LED hijau menunjukkan bahwa kipas penghisap belum menyala, sedangkan LED kuning menyala ketika data tegangan pada sensor MQ-7 melewati ambang batas (*threshold*) yaitu 150 ADC dan sistem melakukan proses penghisapan asap. Modul relay 1 channel berfungsi sebagai sakelar elektronik yang menghubungkan ESP32-S3 dengan kipas penghisap bertegangan AC 220 V. Apabila hasil pembacaan sensor menunjukkan bahwa konsentrasi

partikulat maupun gas karbon monoksida telah melebihi nilai ambang batas yang telah ditentukan, ESP32-S3 akan mengaktifkan relay sehingga kipas penghisap bekerja secara otomatis. Asap solder kemudian dihisap menuju ruang penyaringan yang dilengkapi dengan HEPA Filter sehingga udara yang keluar menjadi lebih bersih. Melalui proses perakitan tersebut, seluruh komponen elektronik berhasil diintegrasikan menjadi satu sistem yang mampu melakukan proses deteksi udara, pengolahan data, pengendalian kipas penghisap, serta menampilkan informasi hasil pemantauan secara real-time. Hasil perakitan ini menjadi dasar dalam pelaksanaan pengujian perangkat keras dan pengujian keseluruhan sistem pada tahap penelitian berikutnya



Gambar 6 Perancangan sistem elektronik alat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Sistem

Proses perakitan akhir merupakan tahapan yang dilakukan setelah seluruh komponen mekanik dan rangkaian elektronik selesai dirancang dan dirakit. Pada tahap ini dilakukan penyatuan seluruh komponen ke dalam casing yang telah dirancang sehingga membentuk sebuah sistem Sistem Penghisap Asap Solder Otomatis dengan Sensor Kualitas Udara dan ESP32-S3 yang dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang telah ditentukan. Proses perakitan dilakukan dengan memperhatikan posisi setiap komponen, kerapian instalasi kabel, kemudahan proses perawatan, serta keamanan sistem selama alat beroperasi. Tahap perakitan diawali dengan pemasangan komponen elektronik pada casing bagian atas yang meliputi ESP32-S3 Dev Module, modul relay, layar OLED, LED indikator, serta jalur pengkabelan antar komponen. Selanjutnya dilakukan pemasangan kipas penghisap dan sensor MQ-7 pada bagian depan casing yang berfungsi sebagai area utama penghisapan asap solder. Pada bagian belakang dipasang power supply 5 V 10 A, sensor GP2Y1014AU0F, serta HEPA Filter sebagai media penyaringan udara sebelum udara dikeluarkan kembali ke lingkungan.

Setelah seluruh komponen terpasang, dilakukan proses pengkabelan sesuai dengan diagram wiring yang telah dirancang. Seluruh sambungan diperiksa kembali untuk memastikan tidak terjadi kesalahan pemasangan, hubungan pendek (short circuit), maupun kabel yang longgar. Selain itu, dilakukan penataan kabel agar tidak mengganggu aliran udara di dalam casing serta memudahkan proses pemeliharaan apabila diperlukan penggantian komponen di kemudian hari. Tahap selanjutnya adalah pemeriksaan keseluruhan sistem untuk memastikan seluruh komponen telah terintegrasi dengan baik. Pemeriksaan meliputi kestabilan catu daya, komunikasi antara ESP32-S3 dengan sensor, fungsi relay dalam mengendalikan kipas, tampilan data pada layar OLED, serta kondisi LED indikator. Setelah seluruh komponen dinyatakan bekerja dengan baik, alat siap memasuki tahap pengujian untuk mengetahui kesesuaian kinerja sistem dengan rancangan yang telah dibuat. Melalui proses perakitan akhir ini dihasilkan sebuah prototype sistem penghisap asap solder otomatis yang telah terintegrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak sehingga mampu melakukan pendeteksian kualitas udara, mengendalikan proses penghisapan asap secara otomatis, serta menampilkan hasil pemantauan secara real-time pada layar OLED..



Gambar 7 Hasil perancangan sistem

B. Hasil Pengujian Alat

Tabel 1 Hasil Pengujian Pembacaan Alat

No	Kondisi Pengujian	Jarak Sumber (CM)	Nilai Dust (ADC)	Nilai MQ7 (ADC)	Status Kipas
1	Tanpa Asap	0	0	110	Mati
2	Asap Tipis	20	25	215	Menyala
3	Asap Sedang	20	33	250	Menyala
4	Asap Pekat	20	45	380	Menyala

Tabel 2 Hasil Pengujian Respon Alat Terhadap Waktu

No	Waktu(Detik)	Dust(ADC)	MQ(ADC)	Status Kipas
1	0	0	110	Mati
2	5	32	180	Menyala
3	10	38	240	Menyala
4	20	36	345	Menyala

Tabel 3 Hasil Pengujian Sebelum Dan Sesudah Asap

No	No Pengujian	Dust Sebelum (ADC)	Dust Sesudah (ADC)	MQ Sebelum (ADC)	MQ Sesudah (ADC)
1	Pengujian 1	0	25	110	215
2	Pengujian 2	0	17	102	324
3	Pengujian 3	0	32	95	286
4	Pengujian 4	0	42	97	352

IV. KESIMPULAN

Dari setiap proses pengujian dan diambil dari hasil pengujian dapat kita ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem penghisap asap solder otomatis berbasis ESP32-S3 berhasil dirancang dan dikembangkan untuk melakukan pengendalian kipas penghisap secara otomatis.
2. Tampilan monitoring menggunakan OLED dapat menampilkan informasi hasil pembacaan sensor sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi lingkungan saat proses penyolderan berlangsung.
3. Sistem mampu memberikan respons otomatis terhadap perubahan kondisi udara dengan mengaktifkan kipas penghisap sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.
4. Masih terdapat keterbatasan pada sistem, terutama dalam proses kalibrasi sensor dan kestabilan pembacaan yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar.

Dengan adanya sistem ini, alat penghisap asap solder otomatis diharapkan dapat membantu mengurangi paparan asap solder pada area kerja serta meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna selama melakukan aktivitas penyolderan.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] RONALDO IRZON, "PENAMBANGAN TIMAH DI INDONESIA: SEJARAH, MASA KINI, DAN PROSPEKSI Tin Mining in Indonesia: History, Current Status, and Future Prospect," *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, Volume 17, Nomor 3, September 2021 : 179 – 189
- [2] Dian Ariyanto, "Prototype Alat Penghisap Asap Solder Menggunakan Sensor Kualitas Udara dan Filter Udara Berbasis IoT", [Online]. Available,
- [3] Boman, B., & Rosen, H. (1982). Respiratory disease in workers exposed to solder flux fumes containing colophony (pine resin). *British Journal of Industrial Medicine*, 39(4), 402–406.
- [4] Health and safety Executive Solderer develops asthma at large manufacturers in Gloucester,
- [5] Miranto, A., & Adnan, F. T. (2023). *Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP32 dan Sensor MQ-7 serta GP2Y1014AU0F*. *Jurnal ELEMENTER*, 9(2).
- [6] Cahyono, F. A. D., & Irawan, D. (2024). *Rancang Bangun Sistem Pemantauan dan Kontrol Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis IoT*. *ELKOM: Jurnal Elektronika dan Komputer*, 17(2),