

IMPLEMENTASI MIKROKONTROLER ARDUINO UNO PADA RANCANG BANGUN ALAT PEMBERSIH FILTER KABIN AC MOBIL OTOMATIS

Sulaeman¹, Muhidin²

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Ibn Khaldun Bogor,
Jl. KH. Sholeh Iskandar Km2, Bogor
Email: sulaeman190321@gmail.com

Abstrak

Membersihkan filter AC mobil secara manual dapat mengotori lingkungan sekitar dan berpotensi membahayakan kesehatan karena debu yang bertebaran. Penelitian ini menghasilkan sebuah alat inovatif untuk membersihkan filter kabin AC mobil secara semi otomatis. Rancangan ini menggunakan sensor debu GP2Y1010AU0F untuk mengetahui tingkat kotor filter yang dilengkapi dengan tempat khusus untuk menampung debu hasil pembersihan. Rancangan dilengkapi buzzer dan LED sebagai pemberitahuan proses pembersihan sudah selesai. Dengan menggunakan mikrokontroler arduino menjadikan proses pembersihan lebih efektif karena terdapat sensor debu yang akan mendeteksi kadar debu pada filter kabin AC mobil kotor. Alat pembersih filter kabin AC mobil otomatis terdapat dua bagian, alat pembersih dan kotak kontrol yang jadi satu kesatuan. Program arduino uno dibuat dengan software arduino IDE untuk mengatur sistem pada alat. Terdapat selisih kecepatan angin pada filter kabin AC mobil kotor dan baru berbahan serat sebesar 0.6 m/s. Selisih kecepatan filter dibersihkan dengan filter kotor sebesar 0.4 m/s. Persentasi kebersihan filter kabin berbahan serat menggunakan alat sebesar 67%. Terdapat selisih kecepatan angin pada filter kabin AC mobil kotor dan baru berbahan karbon sebesar 0.4 m/s. Selisih kecepatan filter dibersihkan dengan filter kotor sebesar 0.2 m/s. Persentasi kebersihan filter kabin berbahan karbon menggunakan alat sebesar 50%. Hasil penelitian ini menunjukkan proses pembersihan dari segi tempat lebih efisien. Dengan sistem kontrol, proses pembersihan filter kabin AC mobil juga menjadi lebih efektif. Tingkat kebersihan mampu mencapai 67% menunjukkan bahwa alat ini dapat melakukan pembersihan dengan baik.

Kata kunci: Filter Kabin AC Mobil, Sistem Kontrol, Mikrokontroler Arduino Uno.

Abstract

Cleaning the car's air conditioner filter manually can pollute the surrounding environment and potentially endanger health due to scattered dust. This research has produced an innovative tool to clean the car air conditioning cabin filter semi-automatically. This design uses a GP2Y1010AU0F dust sensor to determine the dirty level of the filter which is equipped with a special place to accommodate the dust from cleaning. The design is equipped with a buzzer and LEDs to notify the cleaning process that it is complete. Using an Arduino microcontroller makes

the cleaning process more effective because there is a dust sensor that will detect the dust level in the car air conditioning cabin filter. The automatic car AC cabin filter cleaner has two parts, a cleaning tool and a control box that are one unit. The arduino uno program is created with the arduino IDE software to set up the system on the device. There is a difference in wind speed in the cabin filter of dirty and new car air conditioners made of fiber is 0.6 m/s. the difference in filter speed is cleaned with a dirty filter of 0.4 m/s. the percentage of cleanliness of the cabin filter made of fiber using a tool is 67%. There is a difference in wind speed in the cabin filter of dirty and new cars made of carbon by 0.4 m/s. The filter speed difference is cleaned with a dirty filter of 0.2 m/s. The cleanliness percentage of the cabin filter made of carbon using a tool is 50%. This research makes the cleaning process in terms of place more efficient. With a control system, the cleaning process of the car's air conditioning cabin filter becomes more effective. The cleanliness level of being able to reach 67% indicates that this appliance can do cleaning well.

Keywords: *Car Air Conditioning Cabin Filter, Control System, Arduino Uno Microcontrol.*

I. LATAR BELAKANG

Teknologi memunculkan beragam inovasi sesuai dengan fungsi dan kebutuhannya, yang menjadikan bagian penting untuk diperhatikan sehingga dengan perkembangan zaman saat ini dapat memenuhi kebutuhan konsumen, dan efisiensi energi [1]. Dalam industri otomotif yang sangat kompetitif, membangun kepercayaan pelanggan menjadi kunci, sehingga kualitas layanan, termasuk jasa servis, memegang peranan penting [2]. Salah satu layanan yang esensial adalah servis air conditioner (AC) mobil. Layanan ini bertujuan untuk mengurangi potensi kerusakan dan menjaga performa sistem AC mobil agar tetap optimal [3].

Penelitian sebelumnya oleh Syamaidzar Shiddiq Ramadhan telah mengembangkan alat pendeteksi kondisi filter kabin AC mobil berbasis arduino. Sistem ini memanfaatkan sensor kecepatan infrared untuk mengklasifikasikan kondisi filter sebagai bersih, sedang, atau kotor [4]. Metode pembersihan filter AC mobil saat ini umumnya melibatkan penggunaan kompresor angin untuk menyemburkan kotoran ke udara bebas. Proses ini memerlukan operator dan area yang cukup luas agar tidak mengganggu lingkungan sekitar. Oleh karena itu, inovasi diperlukan untuk mengoptimalkan proses pembersihan filter kabin AC mobil.

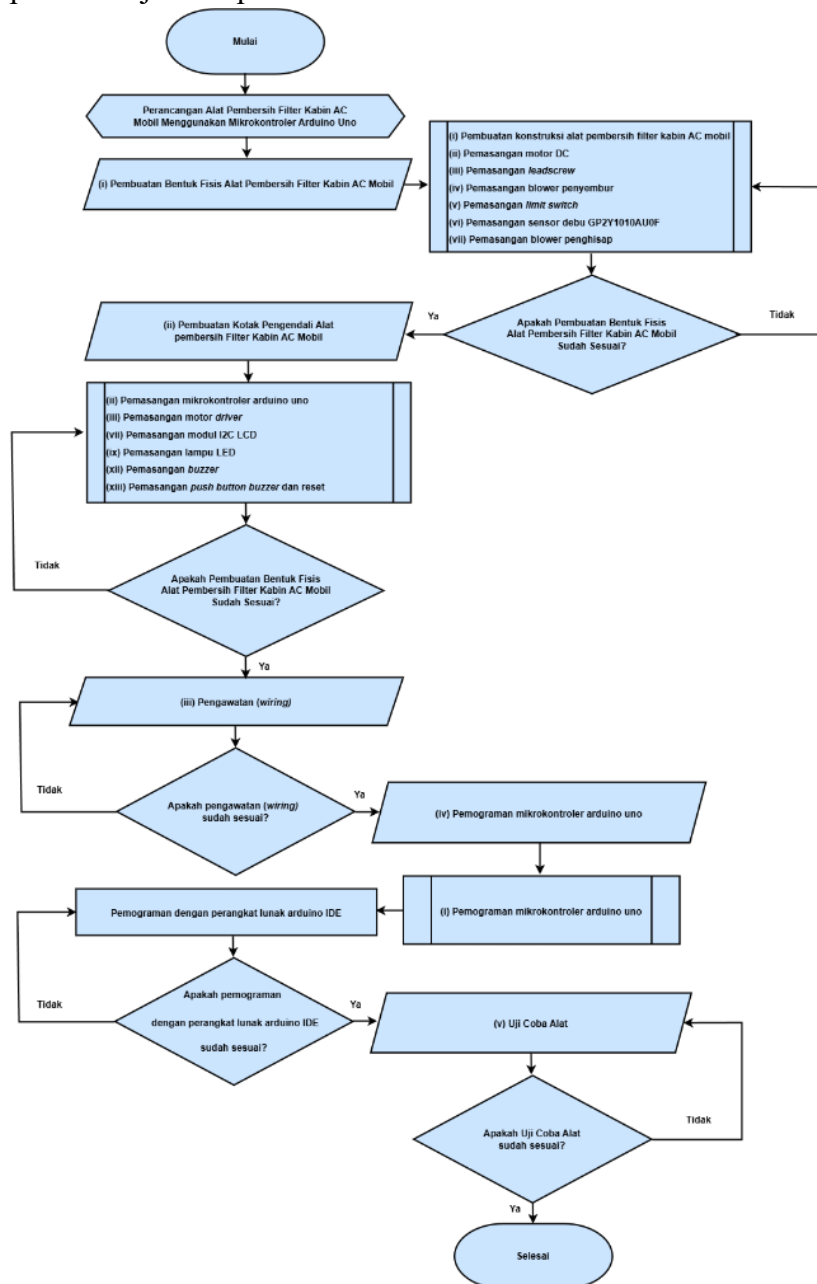
Pembersihan filter kabin AC mobil secara manual memiliki kelemahan, yaitu menghasilkan kotoran yang dapat mengotori lingkungan sekitar dan berpotensi membahayakan kesehatan [5] [6]. Proses ini juga memerlukan alat khusus seperti kompresor angin dan pistol pembersih udara, serta area pembersihan yang sesuai. Untuk mengatasi masalah ini, sistem kontrol menggunakan mikrokontroler arduino uno menjadi solusi yang lebih efektif [7] [8]. Sistem ini memungkinkan pembersihan filter kabin AC mobil tanpa menimbulkan polusi kotoran. Arduino uno berfungsi sebagai otak yang mengontrol berbagai komponen elektronik, memungkinkan sistem untuk memiliki tempat pembersihan yang terintegrasi, mendeteksi tingkat debu maksimal pada filter

kotor, dan melakukan pembersihan secara otomatis [9] [10]. Hal ini akan membuat proses pembersihan filter kabin AC mobil menjadi jauh lebih efisien.

II. METODE PENELITIAN

A. Metode pelaksanaan

Langkah penelitian ini meliputi tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian dengan dibuat diagram alur penelitian. Seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Berdasarkan Gambar 1 dapat dijelaskan, bahwa diagram alur penelitian berisi sasaran penelitian dan penjabaran setiap sasaran penelitian.

1) Pembuatan bentuk fisis alat pembersih filter kabin AC mobil

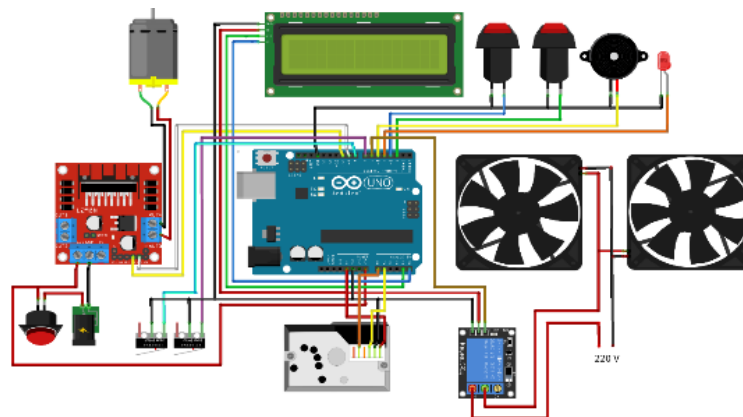
alat pembersih filter AC mobil ini dibuat dari beberapa bagian. Bagian dasarnya menggunakan plat PVC berukuran sedang. Ada juga penyangga dari besi holo yang kuat. Untuk bagian-bagian tertentu, digunakan aluminium tipis dan akrilik tebal yang membentuk wadah khusus untuk filter kabin AC kotor. Di dalam alat ini, ada semacam batang berulir atau *leadscrew* yang digerakkan oleh motor DC. Gerakan batang ini akan menggeser tempat selang penyemprot udara, blower penyemprot, dan blower penghisap. Semua komponen ini diletakkan bersama dalam sebuah kotak sebagai tempatnya. Terakhir, ada kotak kontak listrik untuk menghubungkan blower penyemprot dan penghisap. Jadi, secara keseluruhan, alat ini memiliki bentuk fisik yang dirancang untuk membersihkan filter kabin AC mobil.

2) Pembuatan kotak pengendali alat pembersih filter kabin AC mobil

Kotak pengendali atau panel kontrol alat memiliki tampak depan dengan modul I2C LCD, *buzzer*, *LED*, tombol *buzzer*, tombol reset dan tombol *power*. Pada bagian dalam kotak pengendali atau panel kontrol alat terdapat arduino uno, motor *driver* L298N, *relay*, *power supply switching*.

3) Bentuk pengawatan / *wiring*

Melakukan pengawatan / *wiring* dilakukan agar bentuk fisis alat pembersih filter kabin AC mobil terintegrasi dengan kotak pengendali alat. Bentuk pengawatan / *wiring* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk pengawatan / *wiring*

Berdasarkan Gambar 2 dapat dijelaskan, arduino ini punya banyak kaki atau pin yang terhubung ke berbagai komponen lain. Beberapa kaki digital yaitu D2 sampai D10 Arduino berfungsi untuk menerima perintah dari tombol reset, tombol *buzzer*, dan *limit switch*. Mereka juga mengontrol lampu LED, *buzzer* itu sendiri, *relay*, dan motor *driver*. Sementara itu, beberapa kaki analog A0, A1, A4, A5 arduino bertugas membaca sinyal dari sensor debu. Sinyal analog ini kemudian diubah menjadi angka digital dan ditampilkan di layar LCD. Kaki 5V pada arduino memberikan daya

listrik ke sensor debu. Lalu, kaki Vin dan GND adalah jalur utama untuk memberikan daya listrik ke seluruh sistem arduino dan komponen-komponen yang terhubung dengannya. Selain arduino, ada juga tiga sumber listrik atau *power supply*. Yang pertama memberikan tegangan 5V khusus untuk menggerakkan motor *driver* dan motor DC. Yang kedua memberikan tegangan 12V ke arduino supaya bisa berfungsi. Dan yang terakhir, sumber listrik 220V masuk ke *relay* untuk memberikan daya yang besar ke blower penyembur dan blower penghisap agar bisa bekerja. Jadi, arduino uno adalah pusat kontrol yang mengatur semua komponen alat pembersih ini, dibantu oleh berbagai sumber listrik untuk memberikan daya yang sesuai ke masing-masing bagian.

4) Pemograman mikrokontroler arduino uno

Melakukan pemograman mikrokontroler arduino uno dilakukan agar komponen alat yang sudah dilakukan pengawatan dapat terkoneksi dengan mikrokontroler arduino uno untuk dapat diperintahkan bekerja. Terdapat beberapa tahapan seperti pengunduhan *software* arduino IDE, penginstalan *software*, pengunduhan *library*, menginstal model papan *board* pada arduino IDE, menginstal menu *board* yang diinginkan dan proses *uploading* program.

5) Pengujian alat

Melakukan uji coba alat untuk dapat mengetahui kinerja komponen dapat bekerja serta berfungsi dengan baik dan sebagai pembuktian terhadap objek yang akan dibersihkan bekerja sesuai yang diinginkan. tahapan uji coba alat yang dilakukan seperti pengujian *driver* motor DC, pengujian densitas sensor debu GP2Y1010AU0F, pengujian kinerja *relay*, pengujian kinerja blower penyembur dan blower penghisap, pengujian tombol dan pengujian daya listrik.

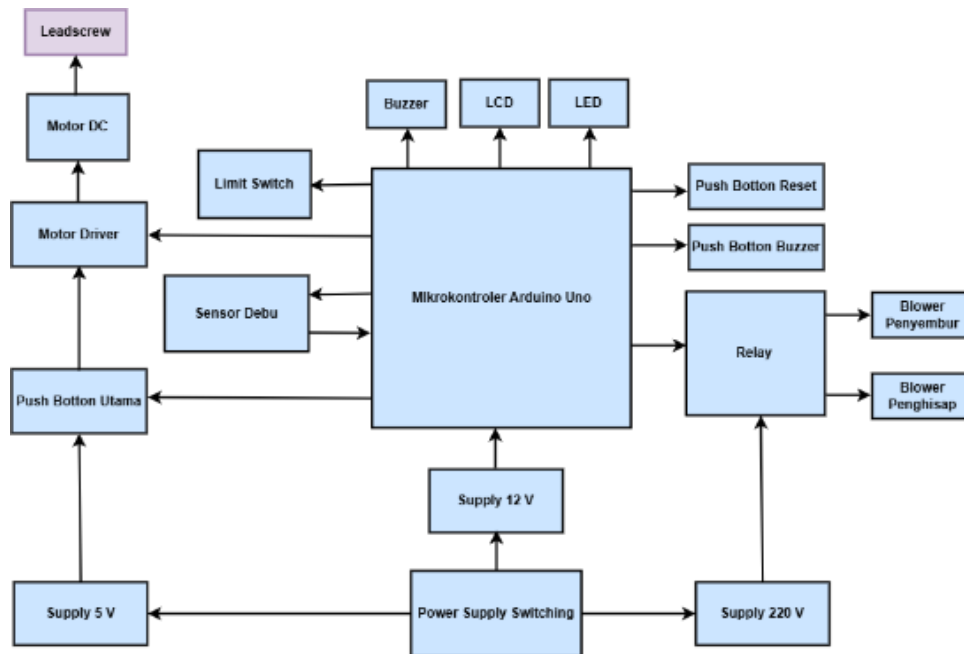
B. Perancangan Kerja Sistem

Perancangan kerja sistem dibuat dengan bentuk blok diagram kerja sistem dan diagram alur kerja sistem, hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam proses perancangan sistem kontrol dan kerja sistem dapat bekerja sesuai fungsinya.

1) Blok diagram kerja sistem

Pada setiap blok rangkaian atau sub sistem mempunyai fungsi masing-masing dan dapat beroperasi sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Berikut ini blok diagram kerja sistem ditunjukkan pada Gambar 3.

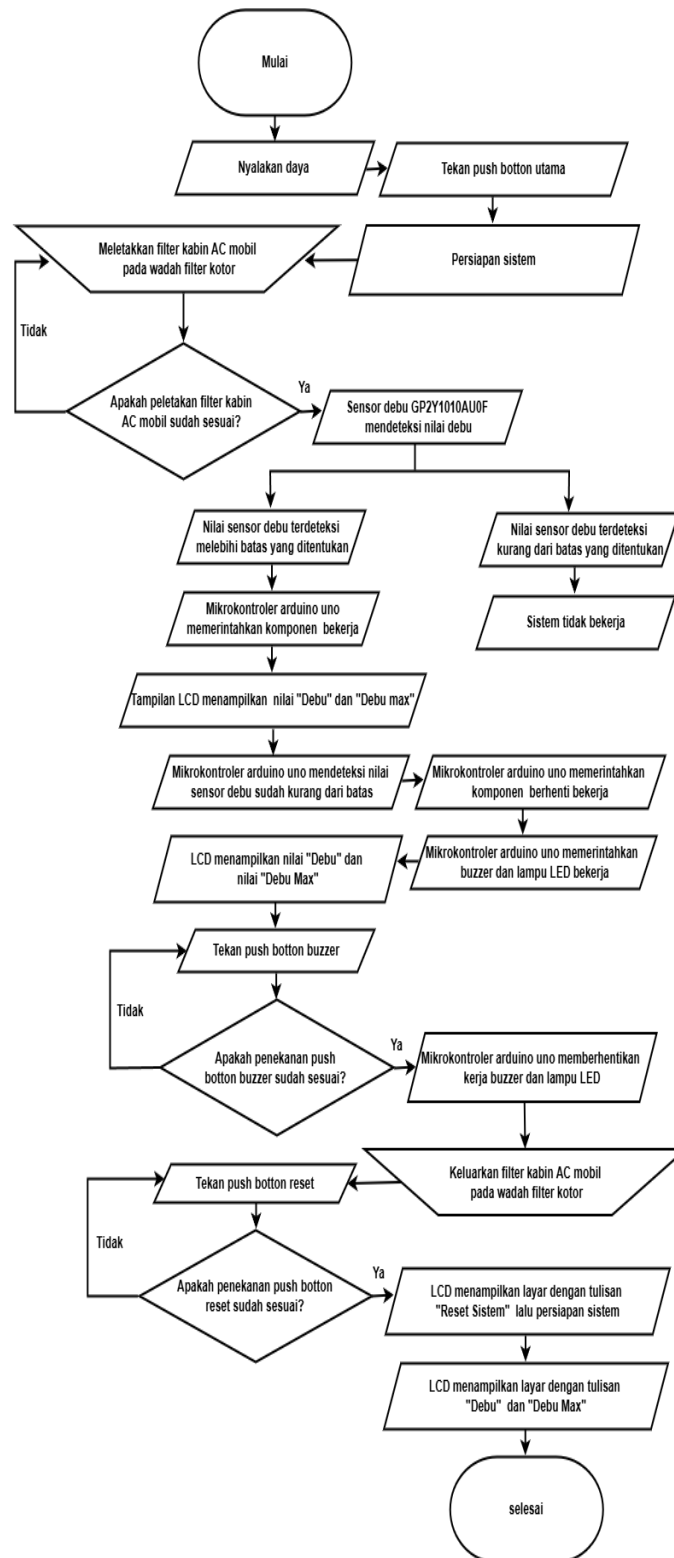
Berdasarkan Gambar 3 dapat dijelaskan, sumber utama listriknya adalah *power supply switching*. *Power supply* 5V memberikan daya ke motor *driver*, sehingga motor DC bisa bergerak. *Power supply* 12V menyalakan mikrokontroler arduino uno. Setelah menyala, arduino akan membaca data dari sensor-sensor. Nilai yang dibaca sensor ini akan diolah oleh arduino dan ditampilkan di layar LCD. Sensor debu juga akan mengirimkan perintah ke arduino sesuai dengan program yang sudah dibuat. Setelah menerima perintah, arduino akan mengaktifkan *relay*. *Relay* ini kemudian menyalakan blower penyembur dan blower penghisap menggunakan daya dari *power supply* 220V. Tombol *buzzer* dan reset yang terhubung ke arduino berfungsi untuk membunyikan *buzzer*, menyalakan LED, dan juga untuk memulai ulang program yang ada di dalam arduino.



Gambar 3. Blok Diagram Kerja Sistem

Jadi, secara keseluruhan, alat ini bekerja dengan menerima daya dari *power supply*, membaca sensor menggunakan arduino, memproses data untuk ditampilkan dan memberikan perintah, lalu mengaktifkan blower untuk membersihkan filter, serta memiliki tombol untuk memberhentikan sinyal suara *buzzer* dan mereset sistem.

2) Diagram alur kerja sistem Diagram alur kerja sistem ditunjukkan pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4 dapat dijelaskan, bahwa alat pembersih berbasis mikrokontroler arduino uno dengan berbantuan sensor debu GP2Y1010AU0F dirancang sebagai sistem pembersih otomatis, terdapat juga *buzzer* dan LED sebagai pemberitahuan alat selesai, serta tombol *buzzer* sebagai pemberhentian suara *buzzer* dan mematikan LED, terdapat juga tombol reset untuk mereset sistem.

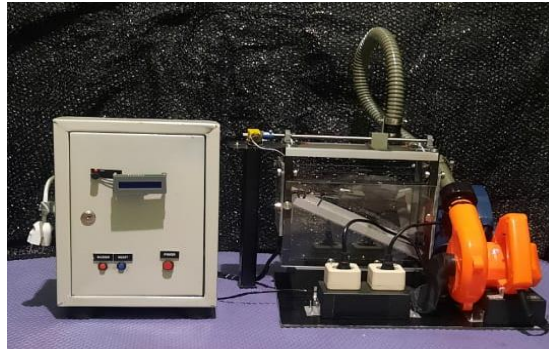


Gambar 4. Diagram Alur Kerja Sistem

III. HASIL DAN BAHASAN

A. Alat pembersih filter kabin AC mobil menggunakan mikrokontroler arduino

Alat pembersih filter kabin AC mobil menggunakan mikrokontroler arduino uno memiliki dua bagian, yaitu alat pembersih filter kabin AC mobil dan kotak pengendali atau panel kontrol alat yang menjadi bentuk keseluruhan alat pembersih filter kabin AC mobil menggunakan mikrokontroler arduino uno. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

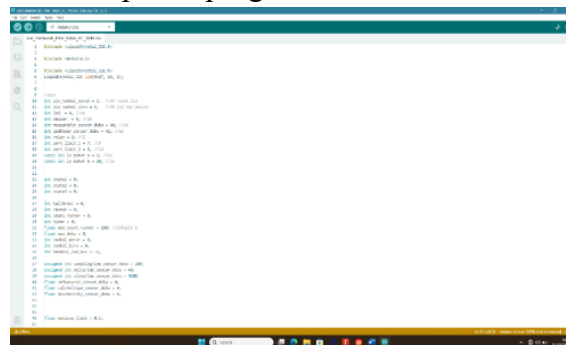


Gambar 5. Alat pembersih filter kabin AC mobil menggunakan mikrokontroler arduino uno

Alat pembersih filter kabin AC mobil bekerja atas perintah mikrokontroler arduino uno yang sudah diprogram, motor *driver* sebagai pengendali gerak motor DC, *power supply switching* sebagai sumber daya dan *push botton*, komponen tersebut terdapat pada sistem pengendali atau panel kontrol.

B. Hasil Pemograman Mikrokontroler Arduino Uno

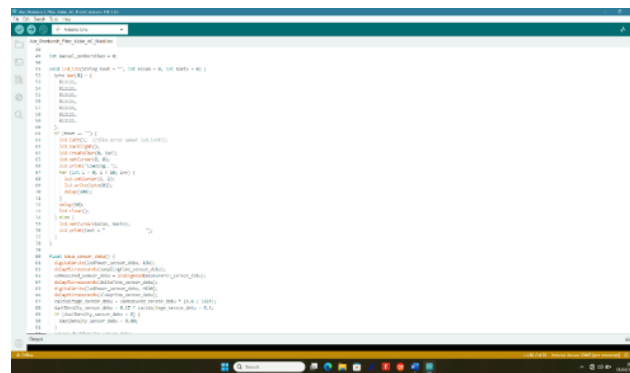
Mikrokontroler arduino uno digunakan untuk mengontrol keseluruhan sistem pada proyek alat ini. Pemograman ini dilakukan menggunakan *software* arduino IDE, program yang di-*coding* pada mikrokontroler arduino uno ini merupakan program sistem kontrol.



Gambar 6. *Library* Pin Komponen Dan Penyesuain Kinerja Sensor Debu

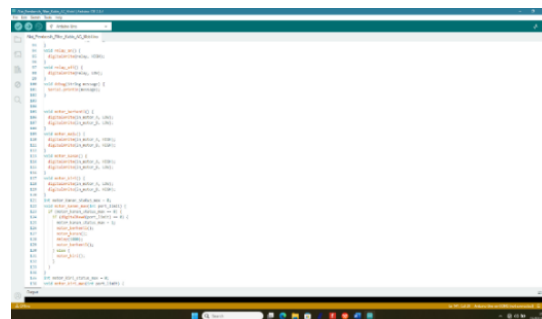
Gambar 6 dapat dilihat pemrograman ini mengatur arduino uno dan layar LCD I2C. Lalu, ditetapkan pin-pin untuk tombol reset dan *buzzer*, LED, sensor debu, *limit switch*, *relay*, dan *driver* motor. Kinerja sensor debu diatur agar sistem bekerja saat sensor mendeteksi nilai debu $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ atau saat *limit switch* tersentuh.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTSTIKA-BOGOR



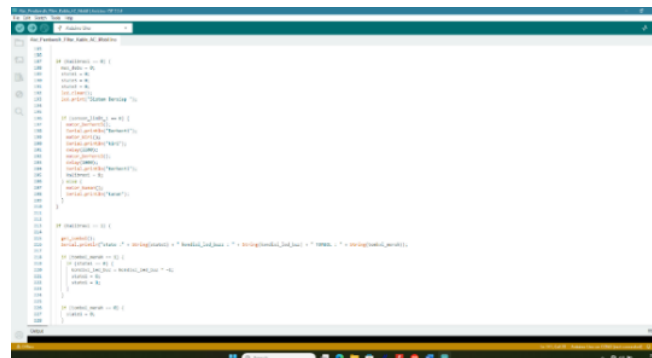
Gambar 7. Penyusunan tampilan LCD I2C

Gambar 7 pemrograman kemudian mengatur tampilan pada layar LCD I2C. Ini termasuk menampilkan tulisan-tulisan tertentu di baris dan kolom yang diinginkan, menggunakan *byte bar*. Tampilan teks juga diatur saat sistem pertama kali dinyalakan dan saat LCD I2C membaca data dari sensor debu.



Gambar 8. Membuat perintah *relay*

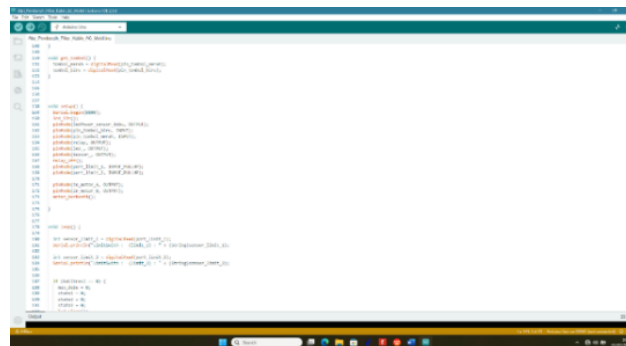
Gambar 8 dibuat perintah untuk *relay*, yaitu *on* dengan memberikan sinyal *high* dan *off* dengan sinyal *low*. Lalu, dibuat juga perintah untuk *driver* motor. Motor bisa diatur untuk berhenti dengan sinyal *low* dan bergerak maju dengan sinyal *high*. Pengaturan motor kanan dan kiri ini juga dikendalikan menggunakan *limit switch*.



Gambar 9. Menghubungkan tombol *push button*

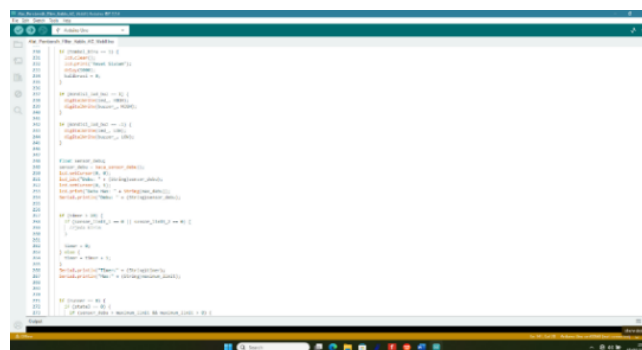
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTSUIKA-BOGOR

Gambar 9 menghubungkan tombol *push button* pada komponen sistem LCD I2C, *relay*, *buzzer* dan *LED*, *limit switch* dan motor *driver*.



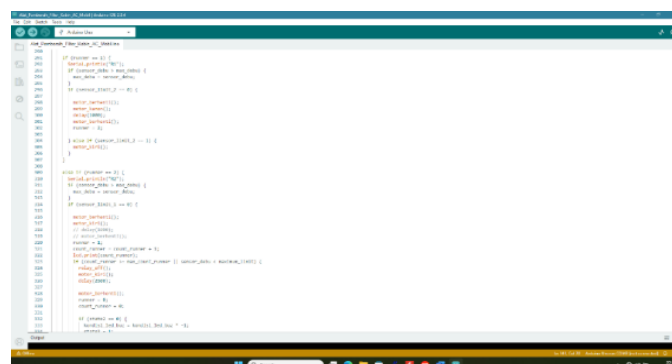
Gambar 10. Menghubungkan LCD I2c dan *push button buzzer*

Gambar 10 menghubungkan LCD I2C pada perintah tombol *push button buzzer* dengan cara menyesuaikan perintah kerja sensor debu, *limit switch* dan motor *driver*.



Gambar 11. Menghubungkan tombol *push button* reset

Gambar 11 menghubungkan tombol *push button* reset dengan cara mengembalikan nilai sensor debu dan tampilan LCD I2C.



Gambar 12. Mengembalikan kinerja sensor debu

Gambar 12 Mengembalikan kinerja sensor debu dilakukan agar sistem dapat melakukan pendeteksian nilai sensor debu sehingga dapat melakukan pembersihan kembali.

C. Pengujian alat pada filter kabin AC mobil

Pengujian ini bertujuan untuk melihat bagaimana alat pembersih filter AC mobil yang dikendalikan arduino uno bekerja saat membersihkan filter AC mobil yang kotor. Digunakan anemometer sebagai instrumen alat ukur kecepatan angin agar mengetahui kecepatan pada filter kabin AC mobil. Ada dua jenis filter kotor yang diuji yaitu filter berbahan serat dan filter berbahan karbon.

1) Pengujian filter kabin AC mobil berbahan serat

Kecepatan angin dari ventilasi AC diukur menggunakan anemometer digital. Untuk filter kabin AC mobil kotor berbahan serat, kecepatan anginnya adalah 0.8 m/s. Untuk mengetahui kecepatan angin maksimal pada filter berbahan serat, pengukuran juga dilakukan pada filter kabin AC mobil yang baru berbahan serat kecepatan anginnya adalah 1.4 m/s. perbandingan kecepatan angin pada filter kabin AC mobil kotor dan filter kabin AC mobil baru berbahan serat memiliki selisih 0.6 m/s. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Selisih kecepatan angin pada filter kabin AC mobil kotor dan baru berbahan serat

| Kondisi Filter | Kecepatan Ventilasi AC (m/s) | Selisih Kecepatan (m/s) |
|----------------|------------------------------|-------------------------|
| Kotor | 0.8 | 0.6 |
| Dibersihkan | 1.4 | |

Setelah filter kabin AC mobil kotor berbahan serat dibersihkan menggunakan alat pembersih filter kabin AC mobil menggunakan mikrokontroler arduino uno, kecepatan angin pada ventilasi AC kembali diukur. Hasilnya menunjukkan kecepatan angin menjadi 1.2 m/s. selisih kecepatan filter dibersihkan dengan filter kotor sebesar 0.4 m/s. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Selisih kecepatan angin filter kabin AC mobil kotor dan dibersihkan berbahan serat

| Kondisi Filter | Kecepatan Ventilasi AC (m/s) | Selisih Kecepatan (m/s) |
|----------------|------------------------------|-------------------------|
| Kotor | 0.8 | 0.4 |
| Dibersihkan | 1.2 | |

Percobaan ini, filter kabin AC mobil berbahan serat dengan pembersihan menggunakan alat pembersih filter kabin AC mobil menggunakan mikrokontroler arduino uno terdapat persentase kebersihan filter sebesar 67%. Menandakan alat bisa bekerja sesuai dengan baik.

2) Pengujian filter kabin AC mobil berbahan karbon

Kecepatan angin dari ventilasi AC diukur menggunakan anemometer digital. Untuk filter kabin AC mobil kotor berbahan karbon, kecepatan anginnya adalah 1.4 m/s. Untuk mengetahui kecepatan angin maksimal pada filter berbahan serat, pengukuran juga dilakukan pada filter

kabin AC mobil yang baru berbahan serat kecepatan anginnya adalah 1.8 m/s . perbandingan kecepatan angin pada filter kabin AC mobil kotor dan filter kabin AC mobil baru berbahan karbon memiliki selisih 0.4 m/s. seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Selisih kecepatan angin pada filter kabin AC mobil kotor dan baru berbahan karbon

| Kondisi Filter | Kecepatan Ventilasi AC (m/s) | Selisih Kecepatan (m/s) |
|----------------|------------------------------|-------------------------|
| Kotor | 1.4 | 0.4 |
| Dibersihkan | 1.8 | |

Setelah filter kabin AC mobil kotor berbahan karbon dibersihkan menggunakan alat pembersih filter kabin AC mobil menggunakan mikrokontroler arduino uno, kecepatan angin pada ventilasi AC kembali diukur. Hasilnya menunjukkan kecepatan angin menjadi 1.6 m/s. selisih kecepatan filter dibersihkan dengan filter kotor sebesar 0.2 m/s. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Selisih kecepatan angin filter kabin AC mobil kotor dan dibersihkan berbahan karbon

| Kondisi Filter | Kecepatan Ventilasi AC (m/s) | Selisih Kecepatan (m/s) |
|----------------|------------------------------|-------------------------|
| Kotor | 1.4 | 0.2 |
| Dibersihkan | 1.6 | |

Percobaan ini, filter kabin AC berbahan karbon dengan pembersihan menggunakan alat pembersih filter kabin AC mobil menggunakan mikrokontroler arduino uno terdapat persentase kebersihan filter sebesar 50%.

Tabel.5. Hasil percobaan pembersihan filter kabin AC mobil berbahan serat dan berbahan karbon

| Hasil | Bahan Serat | Bahan Karbon |
|--|-------------|--------------|
| Selisih Filter Kotor Dan Dibersihkan (m/s) | 0.4 | 0.2 |
| Selisih Filter Kotor Dan Baru (m/s) | 0.6 | 0.4 |
| Persentase Kebersihan Filter (%) | 67 | 50 |

Berdasarkan table 5 diatas, dapat diketahui bahwa hasil percobaan pembersihan filter AC mobil kotor berbahan serat dan filter kabin AC mobil kotor berbahan karbon dengan pembersihan menggunakan alat pembersih filter kabin AC mobil menggunakan mikrokontroler arduino menunjukkan hasil yang berbeda. Perbedaan ini dipengaruhi oleh jenis filter, kotoran yang

menempel, kondisi komponen AC seperti blower maupun evaporator, dan desain ventilasi. Hasil percobaan menunjukkan tingkat kebersihan filter serat mencapai 67%, sedangkan filter karbon hanya 50%. Ini berarti alat pembersih lebih efektif membersihkan filter kabin AC mobil yang berbahan serat.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian, dapat disimpulkan bahwa alat pembersih filter kabin AC mobil berbasis arduino uno berhasil dibuat dan berfungsi dengan baik. Alat ini mampu menghisap kotoran ke wadah penampung, memberikan notifikasi selesai melalui *buzzer* dan LED, menjangkau seluruh bagian filter kotor dengan motor DC, dan bekerja otomatis dengan sensor debu. Tingkat keberhasilan pembersihan terukur melalui peningkatan kecepatan angin pada ventilasi AC. Dalam percobaan ini, tingkat kebersihan mampu mencapai 67% pada filter kabin AC mobil berbahan serat, ini berarti alat pembersih filter kabin AC mobil menggunakan mikrokontroler arduino uno lebih efektif membersihkan filter kabin AC mobil yang berbahan serat dan menunjukkan bahwa alat ini dapat melakukan pembersihan dengan baik.

V. REFERENSI

- [1] A. Z. Yusuf, and Y. Yasdin, "Analisis Desain Media Pembelajaran Alat Test Dan Pembersih Injektor Sepeda Motor," Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif, vol. 6, pp. 61-70, 2023.
- [2] M. I. Mukhlis, "Pengaruh Kualitas Pelayanan, Harga, Dan Citra Perusahaan Terhadap Keputusan Penggunaan Jasa Service Pada Pt. Astra International Tbk-Bmw Cabang Surabaya," Soetomo Management Review, vol. 1, pp. 471-486, 2023.
- [3] J. Jamaludin, "Rancang Bangun Simulator Sistem Air Condition Pada Mobil Type Sanden," Jurnal Teknik Mesin, vol. 3, 2020.
- [4] R. S. Shiddiq, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Filter Air Conditioner (AC) Mobil Berbasis Arduino," Doctoral dissertation, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, 2021.
- [5] B. Afif, "Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan," Berita Dirgantara, vol. 2, 2010.
- [6] F. Muliawati, and A. Seftiana, "Prototipe Sistem Otomatis Pengukuran Densitas Debu, Kelembaban Udara, Dan Suhu Ruang Berbasis Mikrokontroler Atmega 32 Untuk Sterilisasi Udara Pada Ruang Perakitan Lensa Kamera," Jurnal Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor, vol. 3, pp. 18-25, 2016.
- [7] M. A. Saputra, "Rancang Bangun Modul Ac Pengatur Suhu Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560," Jurnal Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor, vol. 8, pp. 13-1, 2021.
- [8] G. A. Saputra, and R. Endra, "Analisis Cara Kerja Sensor Ph-E4502c Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Untuk Merancang Alat Pengendalian Ph Air Pada Tambak," no. December, vol. 1, pp. 1-45, 2020.

- [9] H. F. Nur, , I. A. P. Purwanti, and D. T. Sugiarto, “Perancangan Produk Helm Pintar Penyandang Tunanetra Sistem Navigasi Berbasis Suara Dan Aplikasi Mobile Asisten,” *Journal of Industrial Engineering and Technology*, vol. 2, pp. 140-152. 2022.
- [10] A. Abdulrahman, and O. Mustopa, “Prototipe Sistem Pencampur Ragi Otomatis Berbasis Arduino Uno,” *Jurnal Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor*, vol. 7, no. 1, 2020.