

Pengujian Rancangan Desain Konsep Mikro-kontroler *Air Conditioner* HS76A untuk KRL Seri JR205

Testing of Design Concept HS76A AC Micro-controller for KRL JR205 Series

Ghiffari Taqiyuddin Muhammad¹

¹Program Studi Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, Fakultas Teknik dan Transportasi Logistik, Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, Jl IPN No. 2, Cipinang Besar Selatan, Jakarta 13410, Indonesia

Email Korespondensi: ghiffaritm@gmail.com

Abstract

The AC (Air Conditioner) system is an important component that must be present on Kereta Rel Listrik (KRL) in accordance with the regulations set by the government regarding minimum service standards. Currently, there are trains that experience damage to the AC micro-controller, causing the AC system to malfunction and making the train unfit for operation. Due to various factors and conditions, the AC micro-controller cannot be repaired, so it is necessary to design a new AC microcontroller that can replace the damaged AC microcontroller. This study aims to design the design concept of the AC microcontroller as an AC system controller with a contactor on the 6-door trailer train KRL JR205 Series. The methodology used in this study includes observation, literature study, document study, system design, testing and analysis of test results. The main components used in this microcontroller system include 24V Omron G2R relay, M7 diode, JST cable and socket, WeAct blackpill STM32F401, PC817 optocoupler, J3Y s8050 transistor, resistor, ATHYC 24C08N PU27 IC, capacitor, and female header. The results of this study indicate that the microcontroller design is able to control the operation of the train's AC system according to the given program function.

Keywords : *Micro-controller, Air Conditioner, Train*

Abstrak

Sistem AC (*Air Conditioner*) merupakan komponen penting yang harus ada pada Kereta Rel Listrik (KRL) sesuai dengan regulasi yang ditetapkan oleh pemerintah terkait standar pelayanan minimum. Saat ini di terdapat kereta yang mengalami kerusakan mikro-kontroler (mikon) AC sehingga menyebabkan sistem AC tidak berfungsi dan membuat kereta tersebut tidak layak untuk dioperasikan. Dikarenakan berbagai faktor dan kondisi, mikon tersebut tidak dapat diperbaiki sehingga perlu dilakukan perancangan mikon AC yang baru dan dapat menggantikan mikon AC yang rusak tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk merancang konsep desain mikon AC sebagai pengendali sistem AC dengan kontaktor pada kereta trailer 6 pintu KRL Seri JR205. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi observasi, studi literatur, studi dokumen, perancangan sistem, serta pengujian dan analisis hasil pengujian. Komponen utama yang digunakan dalam sistem mikro-kontroler ini antara

lain relay 24V Omron G2R, dioda M7, kabel dan socket JST, WeAct blackpill STM32F401, optocoupler PC817, transistor J3Y s8050, resistor, IC ATHYC 24C08N PU27, kapasitor, dan *female header*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa desain mikro-kontroler yang dirancang mampu mengendalikan kerja sistem AC kereta sesuai fungsi program yang diberikan.

Kata kunci : Mikro-kontroler, *Air Conditioner*, Kereta

A. Pendahuluan

Seiring dengan peningkatan volume penumpang KRL (Kereta Rel Listrik) tiap tahunnya, PT. Kereta Commuter Indonesia menghadapi tantangan dalam menjaga armada yang memadai untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu masalah yang dihadapi PT. Kereta Commuter Indonesia saat ini adalah jumlah armada kereta yang semakin berkurang, sementara jumlah penumpang KRL semakin meningkat. Peningkatan jumlah penumpang KRL yang tidak diimbangi dengan penambahan armada baru tentunya menjadi tantangan besar bagi PT. Kereta Commuter Indonesia. Salah satu strategi yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal ini adalah dengan meminimalisir jumlah kereta yang berstatus tidak siap operasi.

Saat ini, terdapat kereta trailer pintu 6 KRL seri JR205 dengan kapasitas angkut besar yang berstatus tidak siap operasi akibat kerusakan pada komponen mikro-kontroler (Mikon) AC. Kerusakan pada Mikon AC ini menyebabkan ketidakberfungsian sistem AC sehingga mengakibatkan kereta tidak layak untuk dioperasikan. Sistem AC pada KRL adalah salah satu komponen penting yang memastikan kenyamanan penumpang selama perjalanan dan harus berfungsi sesuai dengan standar pelayanan minimum yang ditetapkan oleh regulasi pemerintah.

Upaya untuk memperbaiki mikon AC pada kereta trailer pintu 6 KRL seri JR205 telah dilakukan, namun tidak berhasil. Suku cadang pengganti untuk mikon AC tersebut juga tidak tersedia lagi di pasaran karena pabriknya telah berhenti memproduksi mikon AC tersebut. Pengajuan pembuatan mikon AC baru ke pihak ketiga/ vendor juga terkendala akibat tidak adanya spesifikasi teknis terkait mikon AC, dan adanya *minimum order* yang tidak dapat dipenuhi dengan anggaran perusahaan yang terbatas. Oleh karena itu, diperlukan sebuah solusi berupa desain konsep mikon AC yang baru dan dapat diterapkan pada kereta tersebut sehingga kereta tersebut dapat segera beroperasi kembali. Kemudian apabila dibutuhkan pengadaan mikon AC yang baru untuk kereta trailer pintu 6 KRL seri JR205 dalam jumlah besar, desain konsep mikon AC yang telah dibuat dapat menjadi acuan untuk proses pembuatan mikon AC yang baru.

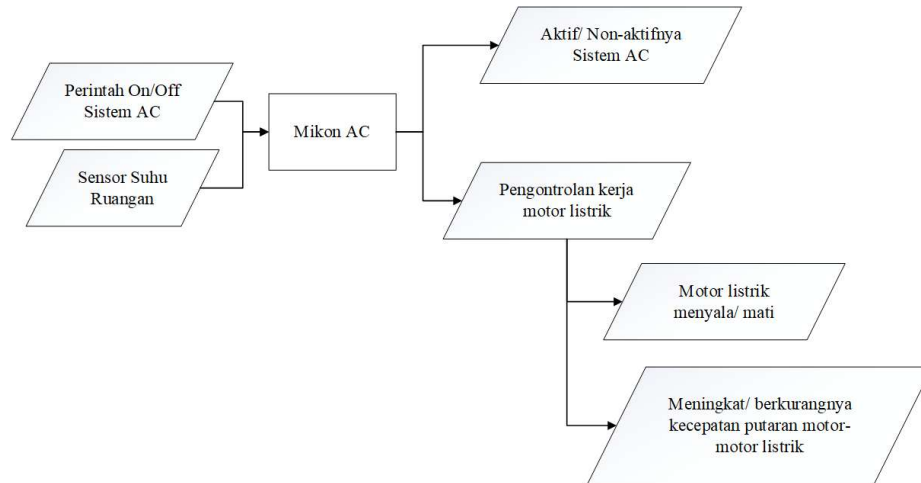
Berdasarkan uraian di atas, permasalahan yang diteliti adalah mengenai (a) mengetahui prinsip kerja mikon AC dan rancangan desain konsep mikon AC yang dapat diterapkan untuk menggantikan mikon AC yang rusak pada kereta trailer 6 pintu KRL seri JR205; (b) mengetahui komponen-komponen yang diperlukan untuk mikon AC yang baru agar sesuai dengan sistem AC pada kereta trailer 6 pintu KRL seri JR205; (c) menguji fungsi dari desain konsep mikon AC untuk memastikan kelayakan fungsional dan operasionalnya pada kereta trailer 6 pintu KRL seri JR205.

Penelitian terdahulu terkait perancangan mikro-kontroler sebagai pengendali suhu ruangan salah satunya dilakukan oleh (Widianto, 2019) dengan judul penelitian “Alat pengatur suhu otomatis pada ruangan produksi tekstil berbasis mikrokontroler ATmega32 di PT. San Star Manunggal”. Pada penelitian tersebut dilakukan perancangan sistem pengendali suhu ruangan dengan menggunakan mikro-kontroler ATmega32, modul *power supply*, sensor LM35, *relay fan blower*, dan LCD (*Liquid Crystal Display*). Kemudian setelah dilakukan perancangan, pada penelitian tersebut dilakukan pengujian alat yang telah dirancang melalui pengujian relay, pengujian LED, dan pengujian LCD.

Mikro-kontroler (mikon) adalah sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip berupa *Integrated Circuit* (IC) dan dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu seperti menerima sinyal input, mengolahnya, kemudian memberikan sinyal output sesuai dengan program yang telah diisikan ke mikon tersebut. Mikon terdiri dari satu atau lebih inti prosesor (CPU), *memory* (RAM dan ROM), serta perangkat *Input* dan *Output* (I/O) yang dapat diprogram. Walaupun mirip dengan komputer namun kecepatan pengolahan data pada mikon lebih rendah jika dibandingkan dengan komputer. Dibandingkan dengan komputer, mikrokontroler biasanya tidak memiliki antarmuka yang lengkap seperti keyboard, monitor, dan harddisk. Mikrokontroler lebih difokuskan untuk melakukan tugas-tugas kontrol yang spesifik seperti mengendalikan motor, sensor, dan aktuator. Perkembangan teknologi semikonduktor memungkinkan ribuan transistor diintegrasikan dalam satu chip mikrokontroler, sehingga semakin banyak fitur yang dapat diimplementasikan.

Pada sistem AC KRL, mikon AC menerima *input* berupa perintah untuk mengaktifkan dan menon-aktifkan sistem AC KRL ataupun berupa data terkait suhu ruangan yang didapat dari sensor suhu ruangan. Kemudian *output* yang dikeluarkan oleh mikon AC tersebut berupa aktif dan non-aktifnya motor-motor listrik pada sistem AC ataupun pengaturan kerja pada motor-motor listrik tersebut. Motor-motor listrik yang

dikendalikan oleh mikon AC meliputi motor kompresor, motor *fan evaporator*, serta motor *fan condensor*.



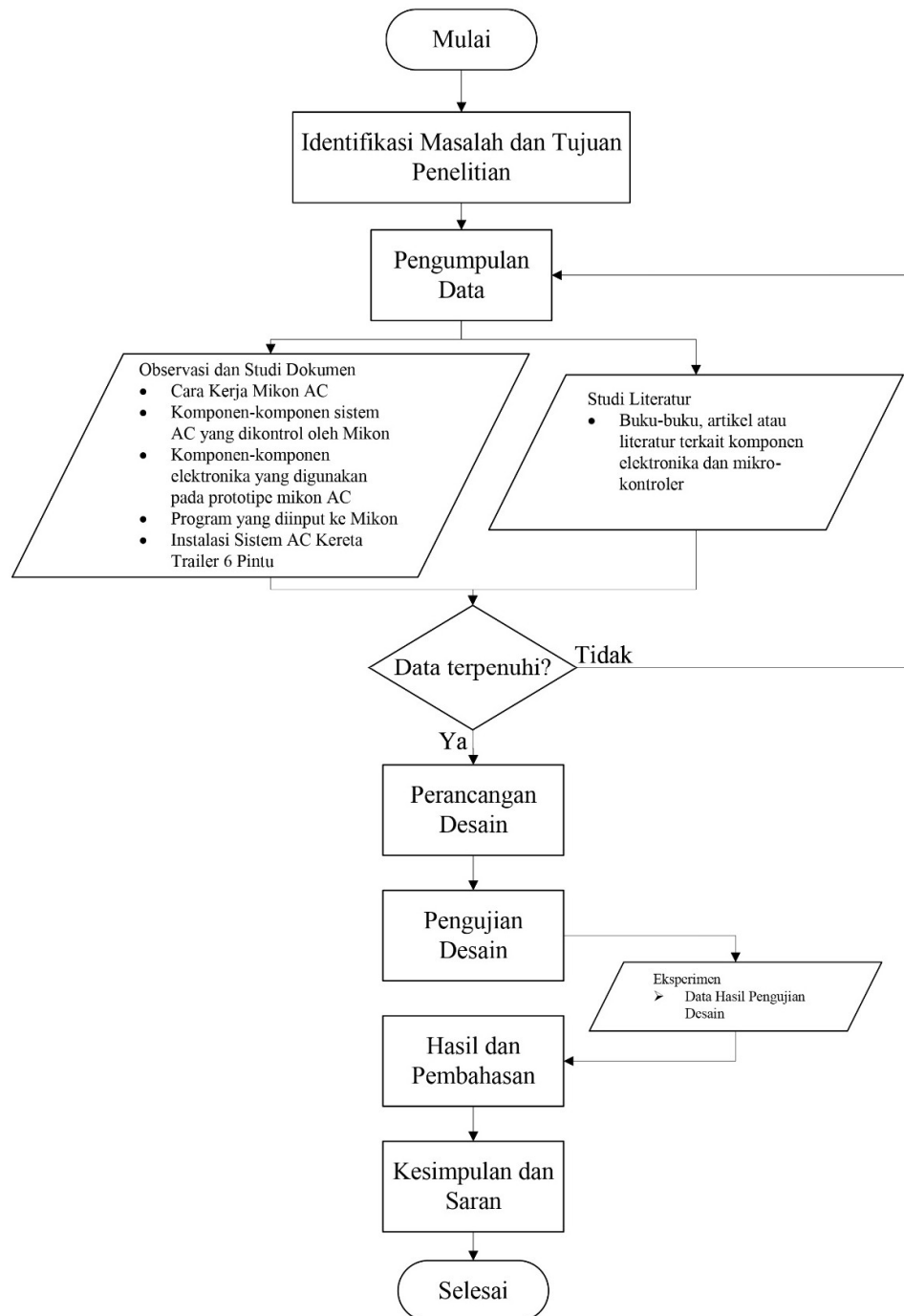
Sumber: Peneliti, 2024

Gambar 1 Diagram *Input Output* Mikon AC

Mikon AC HS76A adalah perangkat pengendali suhu ruangan kereta yang digunakan pada kereta trailer 6 pintu KRL seri JR205. Mikon AC HS76A mengontrol sistem AC melalui sistem kendali PLC (*Programable Logic Control*) yang terhubung dengan inverter ataupun sistem kendali kontaktor. Pada sistem AC dengan pengontrolan mikon AC melalui PLC yang terhubung dengan inverter, mikon akan meningkatkan/mengurangi kecepatan putaran motor (rpm/ rotasi per menit) pada motor-motor listrik pada sistem AC ketika suhu tertentu yang diatur pada mikon AC tercapai. Sedangkan pada sistem AC dengan pengontrolan mikon AC melalui kontaktor, mikon AC akan mematikan kompresor saat suhu tertentu yang diatur pada mikon AC dicapai.

B. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan selama 4 bulan terhitung mulai dari bulan April hingga bulan Juli 2024 di Depo KRL Depok. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif deskriptif karena pada penelitian ini dilakukan pengambilan data dengan metode observasi dan studi dokumen, studi literatur, serta eksperimen. Berikut tahapan prosedur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini:



Sumber: Peneliti, 2024

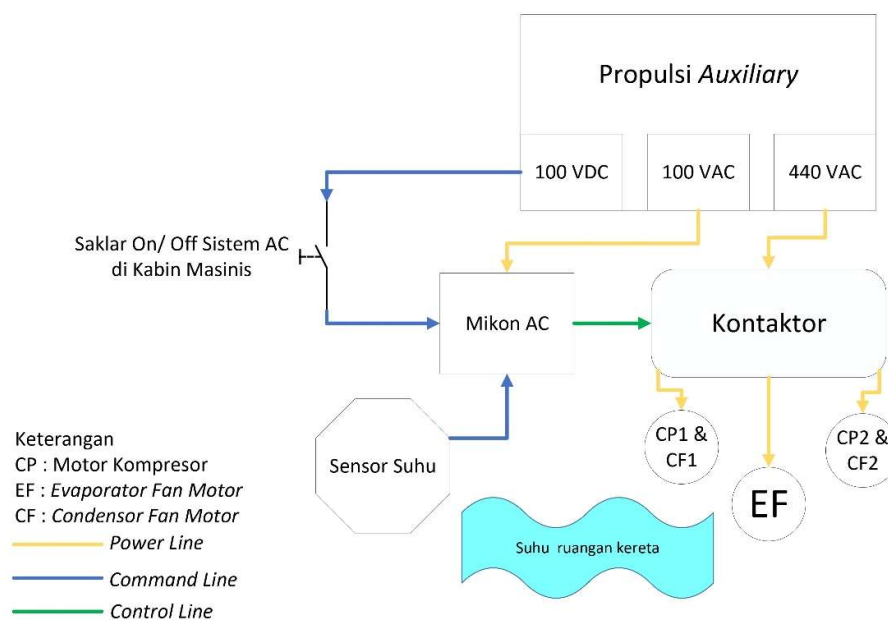
Gambar 2 Diagram Alir Prosedur Penelitian

Metode observasi dan studi dokumen dilakukan agar diketahui cara kerja komponen Mikon AC, program yang akan diinput ke dalam chip Mikon AC, komponen-komponen sistem AC yang dikendalikan oleh Mikon AC, komponen-komponen

elektronika yang akan digunakan pada prototipe Mikon AC, dan Instalasi Sistem AC Kereta Trailer Pintu 6 JR205 yang mengalami kerusakan Mikon AC. Metode studi literatur dilakukan agar diketahui fungsi masing-masing komponen elektronika yang akan digunakan untuk melakukan perancangan desain konsep. Kemudian setelah tahap perancangan desain, dilakukan pengujian desain dengan metode eksperimen agar diperoleh data hasil pengujian desain yang menunjukkan berfungsi atau tidaknya rancangan desain yang telah dibuat.

C. Hasil dan Pembahasan

Diketahui bahwa kereta Trailer 6 pintu KRL Seri JR205 yang mengalami kerusakan mikon AC di Depo KRL Depok menggunakan sistem AC kontaktor. Prinsip kerja mikon AC pada sistem AC kontaktor dapat digambarkan dengan diagram blok sederhana berikut:



Sumber: Peneliti, 2024

Gambar 3 Diagram Blok Konsep Desain Mikon AC pada Sistem AC Kontaktor

Suplai daya utama yang diterima oleh mikon AC berupa daya listrik 100 VAC dari *Power Supply Unit* (PSU) sistem propulsi *auxiliary*, tetapi mikon AC juga menerima suplai tegangan 100 VDC dari baterai untuk perintah penyalaan sistem AC. Mikon AC akan *standby* untuk membaca suhu ruangan kereta ketika kereta pertama kali dihidupkan walaupun tombol *On-Off* sistem AC belum ditekan.

Mikon AC menerima input dari tombol perintah *On-Off* sistem AC pada kabin masinis dan dari sensor suhu. Berikut tahapan proses pengontrolan sistem AC oleh mikon AC:

1. Saat tombol On-Off sistem AC pada kabin masinis ditekan, maka 100 VDC akan dialirkan dari baterai ke mikon AC dan 100 VDC tersebut akan terdeteksi oleh mikon (Sistem AC On).
2. Adanya input 100 VDC dari baterai akan membuat mikon mengalirkan suplai 100 VAC ke kontaktor 1 sehingga motor blower evaporator beroperasi.
3. Kemudian mikon AC akan menentukan jumlah motor kompresor dan motor *fan condensor* yang akan dioperasikan sesuai dengan data suhu ruangan kereta yang dideteksi oleh sensor suhu.
4. Jika suhu ruangan kereta yang terdeteksi melebihi suhu 26 °C, maka mikon AC akan menyalurkan tegangan 100 VAC ke kontaktor 2 dan kontaktor 3 sehingga kedua unit motor kompresor dan motor *fan condensor* akan beroperasi.
5. Kemudian jika suhu ruangan kereta yang terdeteksi mencapai 25 oC, maka mikon AC akan menyalurkan tegangan 100 VAC ke kontaktor 2 atau kontaktor 3 sehingga salah satu motor kompresor dan motor fan condensor akan beroperasi (operasi secara *single operation*).
6. Selanjutnya jika suhu ruangan kereta yang terdeteksi telah berada dibawah 24 oC, mikon AC akan memutus penyaluran tegangan 100 VAC ke kontaktor 2 maupun ke kontaktor 3 sehingga kedua motor kompresor dan motor fan condensor akan berhenti beroperasi.
7. Jika tombol On-Off sistem AC di kabin masinis ditekan kembali (sistem AC mau dinonaktifkan) maka mikon AC akan memutus penyaluran tegangan 100 VAC ke kontaktor 1 sehingga motor blower evaporator akan berhenti beroperasi (Sistem AC Off).

Perancangan desain konsep yang dilakukan pada penelitian ini berfokus pada perancangan modul PCB mikon AC dan pada prototipe mikon AC HS76A sudah terdapat display OLED (*Organic Light Emitting Diode*), *Pushbutton Up* dan *Pushbutton Down*, dan 2 saklar *switch*, serta PSU (*Power Supply Unit*) yang mengubah tegangan 100 VAC menjadi tegangan 5 V dan 24 V.

Rancangan desain konsep modul PCB mikon AC HS76A untuk sistem AC dengan kendali kontaktor pada kereta Trailer 6 pintu KRL seri JR205 tersusun dari beberapa komponen, yaitu:

1. Relay Omron G2R-1A4 24VDC

Relay digunakan sebagai saklar dengan prinsip elektromagnetik yang memungkinkan mikro-kontroler untuk mengontrol sirkuit bertegangan dan mengatur penyaluran daya listrik 100 VAC ke sistem kendali AC. Pada rangkaian modul PCB mikon, relay bertindak sebagai pemutus atau penyambung suplai tegangan 100 VAC ke sistem kendali AC. Adapun penyaluran tegangan 100 VAC ke masing-masing kontaktor akan dilakukan sesuai dengan suhu ruangan yang terdeteksi dan program yang terdapat pada mikon.

2. WeAct Blackpill STM32F401CCU6

Komponen ini merupakan perangkat utama mikro-kontroler yang bertindak sebagai unit pemrosesan pusat (CPU). WeAct Blackpill STM32F401 memiliki peran untuk mengolah input dari sensor suhu ruangan dan mengontrol relay serta komponen lain berdasarkan program yang telah diinput ke dalam chip mikon tersebut. Komponen ini mempunyai regulator yang mengubah tegangan 5 V yang diperoleh dari PSU mikon menjadi tegangan 3,3 V untuk disalurkan ke sensor suhu ruangan dan untuk memberikan atau menerima sinyal perintah yang berupa sinyal listrik.

3. *Opto-coupler* PC817 Sharp 4 Pin

Opto-coupler yang digunakan pada modul PCB mikon berfungsi untuk melakukan transfer sinyal listrik yang diberikan oleh WeAct STM32F401 (perangkat utama mikro-kontroler) ke komponen relay. Transfer sinyal listrik dilakukan dengan isolasi antara input *opto-coupler* yang berasal dari perangkat utama mikro-kontroler dan output *opto-coupler* yang diteruskan ke koil relay. Hal ini bertujuan agar perangkat utama mikro-kontroler aman dari adanya gangguan sirkuit bertegangan tinggi yang dapat terjadi pada relay.

4. *Integrated Circuit* AT24C08AN-PU27

IC AT24C08AN-PU27 berfungsi sebagai chip memori EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*) untuk menyimpan data *non-volatile* (data tetap dapat disimpan walaupun perangkat dimatikan atau kehilangan daya) seperti data pengaturan *set point* suhu ruangan untuk pengoperasian motor kompresor pada unit AC.

5. Dioda M7 SMD (*Surface Mount Device*) 1N4007

Komponen dioda pada modul PCB mikon dipasang secara paralel dengan koil relay agar berfungsi sebagai pengaman untuk mencegah arus atau tegangan balik (*back EMF*) yang dapat merusak komponen lain ketika relay dimatikan.

6. Transistor J3Y S8050

Transistor yang digunakan pada rangkaian modul PCB mikon adalah transistor tipe BJT (*Bipolar Junction Transistor*) dan digunakan sebagai saklar elektronik atau penguat sinyal listrik untuk mengaktifkan koil relay. Penggunaan transistor ini juga bertujuan untuk melindungi perangkat utama mikro-kontroler dari EMI (*Electro Magnetic Interference*) yang timbul ketika relay diaktifkan.

7. Kapasitor

Kapasitor berfungsi untuk menyimpan dan melepas muatan listrik, serta untuk menyaring sinyal listrik. Pada rangkaian modul PCB mikon, kapasitor digunakan untuk menjaga kestabilan data tegangan yang diberikan oleh sensor ruangan agar tidak terjadi kesalahan pembacaan data tegangan oleh perangkat utama mikro-kontroler.

8. Resistor SMD (*Surface Mount Device*)

Resistor pada rangkaian modul PCB mikon digunakan untuk membatasi arus yang masuk ke komponen elektronika.

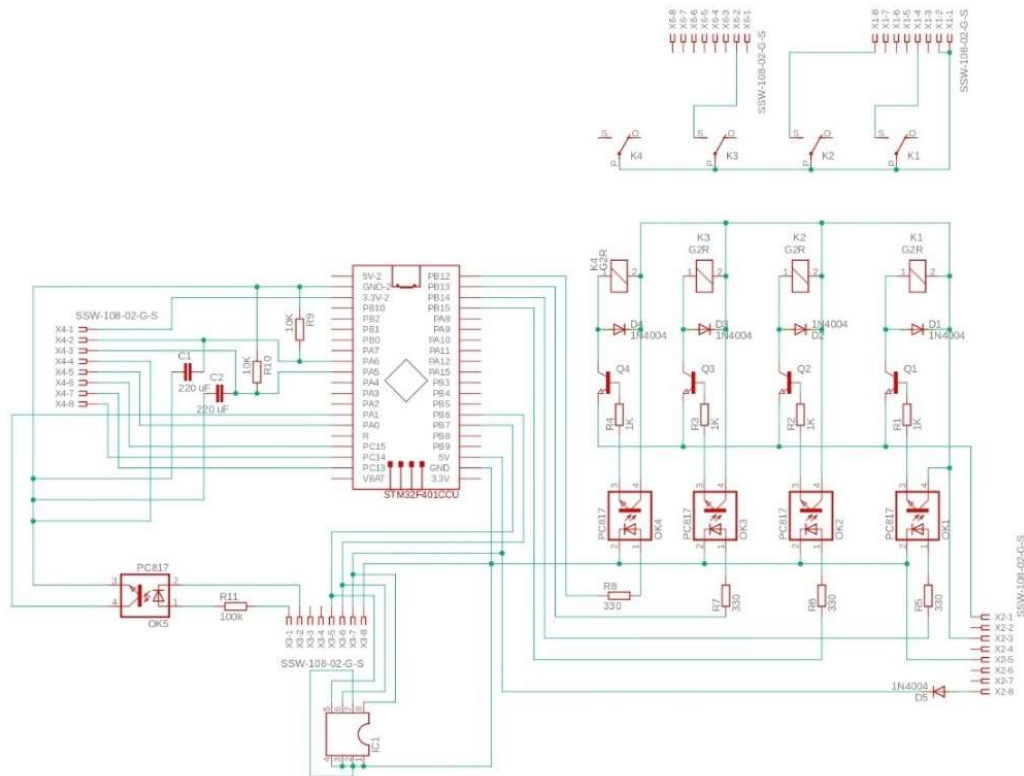
9. *Female Header* 20 Pin

Komponen ini pada modul PCB mikon berfungsi sebagai tempat memasang komponen WeAct STM32F401. Hal ini bertujuan agar pemasangan dan pelepasan komponen WeAct STM32F401 menjadi lebih mudah karena yang disolder ke PCB (*Printed Circuit Board*) adalah komponen *female header* ini sehingga tidak perlu lagi dilakukan penyolderan pada komponen WeAct STM32F401.

10. Kabel dan *Socket* JST 8 Pin

Kabel dan *socket* JST pada modul PCB mikon berfungsi untuk menghubungkan rangkaian pada modul PCB mikon dengan komponen *socket* eksternal pada *casing cover* mikon HS76A, layar display OLED (*Organic Light-Emitting Diode*), *push button*, dan saklar *switch* (mode EDIT/ SAVE dan mode MANUAL/ AUTO).

Kemudian dari susunan rangkaian komponen-komponen di atas pada modul PCB mikon diperoleh gambar *wiring* koneksi antar komponen-komponen tersebut melalui aplikasi Eagle Autodesk.



Sumber: Peneliti, 2024

Gambar 5 *Wiring* Instalasi Komponen Elektronika pada Modul PCB Mikon

Kemudian setelah modul PCB mikon dibuat berdasarkan gambar *wiring* di atas dan dilakukan perakitan terhadap komponen-komponen lain yang sudah terdapat pada prototipe mikon AC HS76A, selanjutnya dilakukan pengujian rancangan mikro-kontroler melalui pengujian prototipe mikon AC HS76A yang telah dibuat. Pengujian dilakukan dengan menggunakan meja pengujian mikon AC dan *variable resistor* yang terdapat di ruangan Ruas Perangkat Elektronik Depo KRL Depok. Adapun hasil pengujian ditentukan melalui pengambilan data dengan pengaturan 2 *setpoint* yang berbeda pada menu “Suhu yang ditetapkan” dan menu “Sensitivitas operasi”. Berikut data yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk tabel:

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Prototipe Mikon AC

Percobaan 1 (Suhu yang ditetapkan: 25 °C dan Sensitivitas operasi: 0,5)		
Suhu rata-rata (°C)	Status CP1	Status CP2
27,2	ON	ON
25,3	ON	OFF
23,4	OFF	OFF
Suhu rata-rata (°C)	Status CP1	Status CP2
26,2	ON	ON
24,7	OFF	ON
22,5	OFF	OFF
Suhu rata-rata (°C)	Status CP1	Status CP2
25,7	ON	ON
25,1	ON	OFF
21,7	OFF	OFF
Percobaan 2 (Suhu yang ditetapkan: 24 °C dan Sensitivitas operasi: 0,7)		
Suhu rata-rata (°C)	Status CP1	Status CP2
25,4	ON	ON
24,5	OFF	ON
21,1	OFF	OFF
Suhu rata-rata (°C)	Status CP1	Status CP2
26,7	ON	ON
24,6	ON	OFF
23,1	OFF	OFF
Suhu rata-rata (°C)	Status CP1	Status CP2
24,9	ON	ON
23,4	OFF	ON
22,3	OFF	OFF

Sumber: Peneliti, 2024

Dari data-data diatas diperoleh bahwa mikon AC mengoperasikan motor kompresor dengan pola yang sesuai dengan prinsip kerja rancangan desain konsep sistem AC kontaktor.

D. Kesimpulan (12 pt)

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada prototipe mikon AC HS76A yang telah dibuat, hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe mikon AC HS76A sudah bekerja sesuai dengan prinsip kerja mikon AC untuk sistem AC kontaktor. Sehingga dapat disimpulkan rancangan desain konsep yang dibuat dapat digunakan untuk menggantikan mikon AC HS76A yang rusak pada kereta trailer 6 pintu KRL seri JR205.

E. Daftar Pustaka

- Asran. (2014). Bahan Ajar Rangkaian Listrik I Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- Atmel. (2007). Two-wire Serial EEPROM Datasheet. Diakses dari <http://www.atmel.com/Images/doc0180.pdf>
- GoodWork Semiconductor Co., Ltd. (n.d.). GW S8050 Transistor Datasheet. Diakses dari <https://www.alldatasheet.net/datasheet-pdf/view/1830753/GWSEMI/S8050.html>
- Hart, D. W. (2011). Power Electronics. McGraw-Hill.
- Imawati, I. A. P. F., & Dika, I. W. (2022). Sistem pengontrol suhu ruangan dengan Arduino Uno dan sensor LM35. Jurnal Mahadewa Teknologi dan Informatika, 12(1), 21-26. <https://ojs.mahadewa.ac.id/index.php/jmti>
- Marston, R. M. (2022). OPTOCOUPLER DEVICES - Learn to use optocouplers in circuits that require high electrical isolation between input and output.
- Mikrokontroler, pengertian, fungsi dan jenis - jenisnya - IMC. (n.d.). Diakses 2 Juni 2024 dari <https://mediacenter.itbmg.ac.id/mikrokontroler-pengertian-fungsi-dan-jenis-jenisnya/>
- MulticompPRO. (2019). Rectifier Diode 1N4007 SMD Datasheet. Diakses dari <https://www.alldatasheet.net/datasheet-pdf/view/1568209/ETC/1N4007SMD.html>
- Naim, M. (2022). Buku Ajar Teori Dasar Listrik dan Elektronika (M. Nasruddin, Ed.; 1st ed.). PT. Nasya Expanding Management.
- Omron. (n.d.). Power PCB Relay G2R Datasheet. Diakses dari <https://octopart.com/datasheet/g2r-1a4-dc24-omron-31276>

- Ramdhani, M. (2005). BUKU AJAR RANGKAIAN LISTRIK.
- Sharp. (2003). Opto-coupler PC817 Series Datasheet. Diakses dari
<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/43371/SHARP/PC817.html>
- STMicroelectronics. (2019). STM32F401 Datasheet. Diakses dari
<https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f401cb.pdf>
- Thomas F. Schubert, J., & Kim, E. M. (2014). Fundamentals of of Electronics: Book 1
Electronic Devices and Circuit Applications (M. A. Thornton (ed.)). Morgan and
Claypool.
- Widianto, M. H. (2019). Alat pengatur suhu otomatis pada ruangan produksi tekstil
berbasis mikrokontroler Atmega32 di PT. San Star Manunggal. RESISTOR:
Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer, 2(1), 51-58.
- Zain, A., Syah, R. F., & Rakhmadani, A. A. (2020). Sistem pengontrol suhu otomatis
berbasis Arduino pada kulkas portabel. Jurnal Teknologi Informasi dan
Komunikasi, 13(2), 233-240.
<https://garuda.ristekdikti.go.id/documents/detail/2915448>