Rancang Bangun Sistem Pengendali Beban Listrik Skala Rumah Tinggal Berbasis Mikrokontroler ATmega 328P

Fadil Muhammad Noor [1], Sunarto [2], Yoseph Santosa [3]

[1]*Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*
E-mail : fadil.muhammad.tlis19@polban.ac.id
[2]*Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*
E-mail :sun_ dtl@yahoo.com
[3]*Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*
E-mail : yost_dtl@yahoo.com

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari sangatlah penting, pada rumah tinggal seringkali melebihi kapasitas daya listrik yang terpasang dan sebuah rumah tinggal memiliki batasan yang dicatu oleh pihak PLN. Penggunaan peralatan elektronik secara bersamaan masih menjadi penyebab terjadinya beban lebih. Hal tersebut dapat mematikan peralatan elektronik yang sedang beroperasi akan berdampak terhadap peralatan elektronik mudah rusak yang disebabkan pemutusan aliran listrik secara tiba-tiba. Salah satu solusi yang dapat mengatasi permasalahan tersebut yaitu alat pengendali yang dapat mengendalikan beban listrik agar mengurangi terjadinya *trip* pada pengaman MCB. Pada sistem pengendali menggunakan mikrokontroler Atmega328P dan sensor PZEM-004T. Sensor arus diatur pada arus 2A untuk kapasitas daya 450V, 4A untuk kapasitas daya 900 VA dan 6A untuk kapasitas daya 1300 VA. Sistem ini dilengkapi modul RTC untuk menginformasi waktu secara *real time,* LCD untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor dan relay modul sebagai eksekutor kendali *on/off* pada beban listrik yang berlebih. Hasil yang diperoleh dari sistem dapat memutuskan dan menghubungkan beban listrik otomatis, sistem ini bekerja sesuai prioritas waktu yang telah diatur. Hasil perbandingan pembacaan nilai arus pada sensor dengan hasil pengukuran memiliki nilai rata-rata *error* relay 1 sebesar 8,6%, relay 2 sebesar 0,62%, relay 3 sebesar 0,2%, dan relay 4 sebesar 9,09%.

Kata Kunci
Sistem pengendali, beban listrik, arus beban lebih, rumah tinggal.

1. PENDAHULUAN

Keadaan masyarakat Indonesia dihadapkan pada era endemi covid-19, hal tersebut meningkatkan konsumsi energi listrik terutama di rumah tinggal. Efek peningkatan konsumsi lisrik tersebut dan kondisi pasca pandemi covid-19 berdampak pada meningkatnya penggunaan energi listrik. Energi listrik memegang peranan sangat penting dalam pengembangan ekonomi sering dengan pemulihan perekonomian nasional pasca pandemi. Pemakaian listrik pada rumah tinggal biasanya banyak digunakan untuk beberapa peralatan elektronik. Akan tetapi dalam penggunaan daya listrik sering terjadinya *trip* pada pengaman MCB yang diakibatkan oleh penggunaan beban listrik secara bersamaan.

Konsumsi daya listrik pelanggan PLN dari sektor rumah tangga berjumlah cukup besar, tetapi tidak dapat diketahui secara detail peralatan listrik rumah tangga mana saja yang menghabiskan daya listrik paling besar dan kapasitas daya listrik sebuah rumah tinggal memiliki batasan yang dicatu oleh pihak PLN [1].

Sistem pengendali ini dapat mendeteksi penggunaan arus listrik dan mengendalikan beban listrik dan dapat mengurangi terjadinya beban lebih saat puncak pemakaian, seluruh peralatan elektronik yang tersambung pada instalasi tidak mati secara tiba-tiba dan memprioritaskan beberapa beban listrik tetap beroperasi.Pengaplikasian mikrokontroler Atmega328P sudah banyak digunakan untuk pengendalian perangkat elektronik, kekurangan pada pemanfaat sebelumnya

dikembangkan menjadi pengendalian beban listrik pada saat beban lebih yang akan dimatikan secara otomatis oleh relay modul sesuai kapasitas daya yang terpasang dan memprioritaskan beban listrik yang harus tetap beroperasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Kendali

Suatu sistem dapat didefinisikan sebagai penyusunan beberapa komponen pada suatu batas tertentu yang bekerja bersama untuk melakukan proses dan menghasilkan keluaran dari masukan tertentu. Batas(boundary) memisahkan sistem dari lingkungan. Sistem berinteraksi dengan lingkungan melalui sinyal yang melintasi batas dari lingkungan ke sistem, yaitu input, dan sinyal yang melintasi batas dari sistem ke lingkungan, yaitu output [2].

Berdasarkan penjelasan diatas, maka dapat diketahui bahwa sistem kendali umumnya terdiri dari perangkat masukan, perangkat proses pengendalian dan perangkat keluaran. Ketika perangkat masukan diberi variabel tertentu maka variabel masukan tersebut akan diproses oleh sistem kendali. Kemudian sistem kendali akan mengeluarkan sinyal keluaran sesuai dengan yang telah dirancang pada pengendali.

2.2 Relay

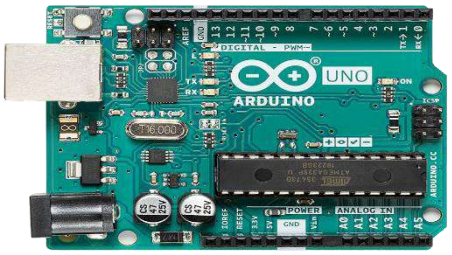
Relai adalah suatu alat yang bekerja secara otomatis untuk mengatur/ memasukan suatu rangkaian listrik (rangkaian trip atau alarm) akibat adanya perubahan lain. Maksud dan tujuan pemasangan Relai proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih sehat serta sekaligus mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar, dengan cara:

1. Mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal lainnya yang dapat membahayakan peralatan atau sistem.
2. Melepaskan (memisahkan) bagian sistem yang terganggu atau yang mengalami keadaan abnormal lainnya secepat mungkin sehingga kerusakan instalasi yang terganggu atau yang dilalui arus gangguan dapat dihindari atau dibatasi seminimum mungkin dan bagian sistem lainnya tetap dapat beroperasi.
3. Memberikan pengamanan cadangan bagi instalasi lainnya.
4. Memberikan pelayanan keandalan dan mutu listrik yang terbaik kepada konsumen.
5. Mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik [4].

2.3 Mikrokontroler ATmega 328P

Mikrokontroler merupakan suatu komponen elektronika yang di dalamnya terdapat rangkaian mikroprosesor, memori (RAM/ROM) dan I/O, rangkaian tersebut terdapat dalam level chip atau biasa disebut *single-chip microcomputer*. Pada mikrokontroler, sudah terdapat komponen-komponen mikroprosesor dengan bus-bus internal yang saling berhubungan. Komponen-komponen tersebut adalah RAM, ROM, timer, komponen I/O paralel dan serial, dan *interrup tcontroller*. Mikrokontroler juga merupakan otak dari sistem elektronika sehingga dapat diprogram sesuai keinginan pengguna [3].

Arduino UNO R3 adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328P. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuat tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.



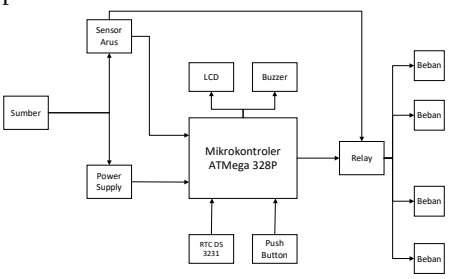
Gambar 1. Arduino Uno R3

3.PERANCANGAN ALAT DAN REALISASI SISTEM

3.1 Perancangan Alat Simulasi

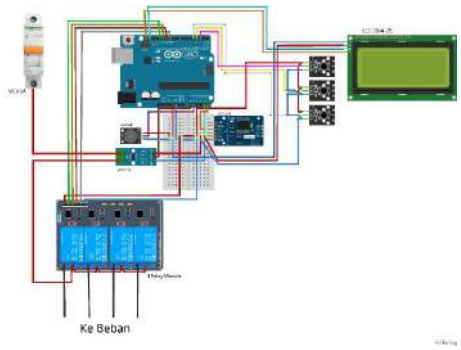
Sistem pengendali ini berfungsi untuk memonitoring nilai arus pada beban listrik di rumah tinggal dan mendeteksi ketika

arus beban lebih, serta menampilkan nilai arus dan keadaan dari gangguan beban lebih pada LCD.



Gambar 2. Diagram Blok

Pada Gambar 2. sistem pengendali menggunakan mikrokontroler Atmega328P yang dipergunakan sebagai pengendali dengan melakukan perintah dengan relay modul sebagai eksekutor kendali *on/off* pada beban listrik yang berlebih dan menggunakan sensor PZEM-004T. Sensor arus diatur pada arus 2A untuk kapasitas daya 450V, 4A untuk kapasitas daya 900 VA dan 6A untuk kapasitas daya 1300 VA. Sistem ini juga dilengkapi dengan modul RTC untuk memberi informasi waktu secara *real time* dan LCD untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor.

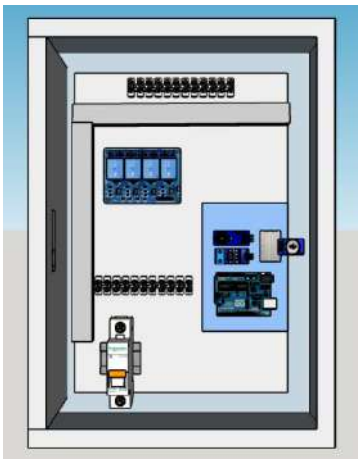


Gambar 4. Skema Pengendalian Alat

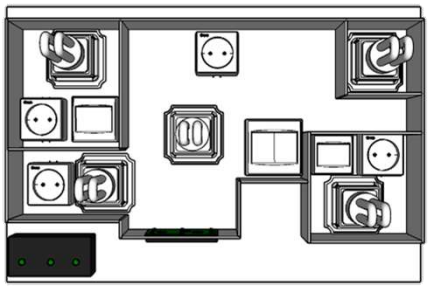
Pada Gambar 3. sistem kerja dari alat yang akan dibuat berdasarkan arus yang terbaca oleh sensor arus PZEM-004T. Nilai arus yang terbaca akan diproses oleh mikrokontroler Atmega328P dan ditampikan pada LCD 20x4. Relay modul akan menerima perintah dari mikrokontroler Atmega328P untuk memutus aliran daya apabila beban telah melebih batas kapasitas daya listrik yang terpasang dan memprioritaskan beban listrik yang menjadi prioritas dalam waktu tertentu.

3.2 Perancangan Desain Kontruksi Alat

Perancangan desain kontruksi alat terbagi menjadi kedalam beberapa bagian diantaranya perancangan panel kontrol dan pengawatan serta desain kontruksi alat simulator beban listrik. Perancangan panel kontrol sistem pengendali menggunakan mikrokontroler Atmega328P yang dipergunakan sebagai pengendali dengan melakukan perintah dengan relay modul sebagai eksekutor kendali pada beban listrik yang berlebih dan menggunakan sensor PZEM-004T. Sedangkan untuk simulator beban listrik berfungsi untuk simulasi sistem kerja alat. Gambar dibawah merupakan rancangan desain kontruksi alat dan realisasi kontruksi alat.



Gambar 3. Desain Kontruksi Panel Kontrol



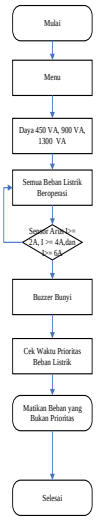
Gambar 5. Desain Kontruksi Beban Listrik

Rancangan desain alat yang akan dibuat, dengan menggunakan panel dengan ukuran 35x25x12cm dan papan simulator dengan ukuran 60x40 cm sesuai pada Gambar 5. dan juga Gambar 6.

Gambar 6. Realisasi Panel Kontrol

Gambar 7. Realisasi Simulator Beban Listrik

3.3 Pemograman Sistem Pengendalian



Gambar 8. Diagram Alir Perancangan Program Alat

Pemograman sistem pengendali akan dirancang sesuai dengan Gambar 8. dan pemograman mikrokontroler Atmega 328P dilakukan dengan menggunakan *software* Arduino IDE. Program arduino ini terdiri dari pembacaan nilai arus dan perintah relay. Ketika terjadi arus beban lebih mikrokontroler akan menerima nilai arus yang berasal dari sensor arus PZEM-004T, kemudian buzzer akan berbunyi menandakan keadaan beban lebih, mikrokontroler membaca algoritma waktu prioritas beban listrik, penentuan beban listrik yang bukan menjadi prioritas waktu akan memerintahkan mikrokontroler untuk memberi sinyal input kepada relay untuk mematikan beban listrik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem pengendali akan mengukur arus dan tegangan pada relay bekerja pada sistem pengendali, dan juga pengujian fungsi alat sesuai deskripsi kerja.

A. Pengujian Sistem Pengendali Pada Setiap Relay

Tabel 1. Pengujian Arus dan Tegangan Relay

Relay	Hasil Pembacaan		Kondisi Relay	Beban
	Arus	Volt		
450 VA				
1	1,63	231	ON	Rice Cooker
2	1,59	230	ON	Setrika
3	0,61	232	ON	Kipas Angin
4	0,44	232	ON	Lampu LED
900 VA				
1	1,63	231	ON	Rice Cooker
2	1,59	230	ON	Setrika
3	4,70	228	ON	Kipas Angin + Hairdryer
4	0,44	232	ON	Lampu LED
1300 VA				
1	1,63	231	ON	Rice Cooker

2	1,59	230	ON	Setrika
3	4,71	228	ON	Kipas Angin + Hairdryer
4	0,44	232	ON	Lampu LED

Tabel 2. Pengujian Pengendali Beban Listrik

B. Pengujian Pengendalian Beban Listrik

Beban	Arus (A)		Relay				Buzzer	Keadaan	Ket
	Hasil sensor	Hasil Alat Ukur	1	2	3	4			
450 VA									
100 W	0,44	0,4	ON	ON	ON	ON	OFF	Aman	Sesuai
135 W	0,61	0,6	ON	ON	ON	ON	OFF	Aman	Sesuai
365 W	1,63	1,5	ON	ON	ON	ON	OFF	Aman	Sesuai
465 W	2,11	2,1	ON	OFF	OFF	OFF	ON	Beban Lebih	Sesuai
900 VA									
100 W	0,44	0,4	ON	ON	ON	ON	OFF	Aman	Sesuai
465 W	2,02	2	ON	ON	ON	ON	OFF	Aman	Sesuai
715 W	3,11	3	ON	ON	ON	ON	OFF	Aman	Sesuai
950 W	4,15	4,2	ON	ON	OFF	ON	ON	Beban Lebih	Sesuai
1 kW	4,7	4,6	OFF	OFF	ON	OFF	ON	Beban Lebih	Sesuai
1300 VA									
100 W	0,44	0,4	ON	ON	ON	ON	OFF	Aman	Sesuai
465 W	2,02	2	ON	ON	ON	ON	OFF	Aman	Sesuai
735 W	3,21	3,1	ON	ON	ON	ON	OFF	Aman	Sesuai
1,1 kW	4,82	4,8	ON	ON	OFF	ON	OFF	Aman	Sesuai
1,45 kW	6,41	6,4	OFF	OFF	ON	OFF	ON	Beban Lebih	Sesuai

C. Perhitungan Persentase Error

Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran yang diperoleh, terdapat range atau selisih nilai pembacaan pada alat ukur dan sensor. Besarnya selisih yang didapat pada sensor dan alat ukur.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian

Relay	Hasil Pembacaan Arus (A)		
	Hasil Sensor	Hasil Alat Ukur	Error
1	1,63	1,5	8,6 %
2	1,59	1,6	0,62 %
3	4,7	4,71	0,2 %
4	0,44	0,4	9,09 %

Berdasarkan hasil pengukuran di atas diketahui perbedaan pembacaan nilai pada alat ukur dan sensor pzem-004T, dimana pada pembacaan nilai relay 1 terdapat range nilai sebesar 0.13, nilai arus pada relay 2 terdapat range nilai sebesar 0.01, nilai arus pada relay 3 terdapat range nilai sebesar 0.01 dan pada pembacaan arus pada relay 4 terdapat range nilai sebesar 0.04. Perhitungan persentase rata-rata error arus berdasarkan table diatas adalah sebagai berikut:

$$Rata - rata\ \ error\ pada\ relay = \frac{Jumlah\ Presentasi\ Error}{Jumlah\ Data} x\%$$

$$= \frac{1{,}63 - 1{,}50}{4} x\% = 0{,}046\%$$

Berdasarkan perhitungan rata-rata error yang bernilai 0,046 % akurasi sensor ini sangat baik sesuai toleransi error dari sensor PZEM-004T sebesar 1,5% sehingga dapat digunakan dalam pengambilan data.

Pembuatan sistem pengendali beban listrik skala rumah tinggal berbasis mikrokontroler merupakan eksperimen yang dijadikan sistem pembatas arus dan sistem saklar otomatis berdasarkan kapasitas daya yang terpakai. Pada alat yang telah dibuat pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler bekerja berdasarkan sistem operasi otomatis.

Sistem operasi otomatis dimana sistem ini bekerja tanpa adanya campur tangan operator. Sistem operasi proses ini membutuhkan tegangan input 5Vdc untuk mengaktifkan arduino. Ketika arduino sudah aktif maka sesuai dengan program yang telah dibuat tegangan 5Vdc akan dibagi ke relay, buzzer, LCD dan RTC. Dalam program yang dibuat ketika arduino aktif maka akan mengontak relay sehingga dari NC akan menjadi NO, serta mengaktifkan LCD dan sensor arus. Ketika relay NC maka arus dari PLN akan dihubungkan ke MCB, kemudian masuk ke sensor arus dan beban. Setelah itu jika arus melebihi batas arus yang sudah ditentukan. Sensor PZEM-004T akan mentransfer data ke arduino dan kemudian arduino mengontak relay yang akan memutuskan arus pada kontaktor.

Pada saat arus hampir mendekati arus 2A, 4A dan 6A maka buzzer akan berbunyi sebagai tanda peringatan. Ketika arus sudah mencapai atau lebih dari 2A maka relay akan memutus arus dari sumber.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari pembahasan mengenai sistem pengendali beban listrik pada simulasi instalasi listrik rumah tinggal adalah sistem pengendali beban listrik skala rumah tinggal berbasis mikrokontroler dapat bekerja secara otomatis untuk menghubungkan dan memutuskan arus pada

instalasi rumah tinggal. Pada sistem kerja pengendali ini yaitu menggunakan Arduino Uno sebagai kontrol sistemnya. Pengendali beban listrik yang dibuat berdasarkan kapasitas daya yang dipakai dan pembacaan arus yang terpakai maksimal 10 ampere.

Alat sistem pengendali dapat mengendalikan beban listrik sesuai rancangan yang telah dibuat dan pada mikrokontroler Atmega328P dan sensor menggunakan sensor PZEM-004T dapat bekerja dengan baik sesuai perintah pada program. Pembatasan arus diatur pada arus 2A untuk kapasitas daya 450V, 4A untuk kapasitas daya 900 VA dan 6A untuk kapasitas daya 1300 VA. Dan perbandingan hasil pembacaan nilai arus pada saat monitoring dengan hasil pembacaan alat ukur memiliki nilai rata-rata error relay 1 sebesar 8,6%, relay 2 sebesar 0,62%, relay 3 sebesar 0,2%, dan pada relay 4 sebesar 9,09%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] B. Prayitno, P. Palupiningsih, H. B. Agtriadi, "Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Internet of Things," *Petir*, vol. 12, no. 1, pp 72-80, 2019.

[2] A. Muqit, Mekatronika Sistem Kendali berbasis Mikrokontroler, 2020.

[3] M. Heryanto, A.P. Wisnu, Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMega 8535, Yogyakarta: Andi, 2008.

[4] W. Sarimun, Proteksi sistem distribusi tenaga listrik, Depok: Garamond, 2012.

[5] Badan Standarisasi Nasional (BSN), Penjelasan Persyaratan Umum Instalasi Listrik tahun 2011 (PUIL 2011) Edisi 2014, Standar Nasional Indonesia (SNI), Jakarta: Yayasan PUIL, 2014