

RANCANG BANGUN SIMULATOR BEBAN 3 FASA BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) OMRON CP1E

Andi Wawan Indrawan¹⁾, Agussalim¹⁾, Wisna saputri Alfira WS¹⁾, Darmawansyah Bandoe¹⁾, Syachru Ramadhany¹⁾ dan Muhammad Asril Gunawan¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl Perintis Kemerdekaan KM 10, Makassar, 90245
E-mail: andi_wawan@poliupg.ac.id

Abstract

The aim of this research is to design a 3-phase load simulator consisting of resistive, inductive, and capacitive loads with a maximum load capacity of 2 Ampere with adjustable load variations. This simulator is used in testing reactive power compensation at the Power Systems Laboratory in the Department of Electrical Engineering, Ujung Pandang State Polytechnic. Loading is done manually to see the effect of each increase or change in load on the power factor, voltage and current on the receiving and sending sides. The controller for managing load changes uses an Omron Type CP1E PLC. The PLC receives commands via a push button to determine which load is fed to the electrical network, while to read electrical quantities the Larkin 3 phase LCD LR-3D3Y is used. As a result of this design, the panel created can simulate resistive loads with 8 load circuit configurations with a maximum value of 1.9 A. Meanwhile, the inductive load circuit configuration produces a maximum current value in the eighth step of 2.19 A with a pf of 0.11. The capacitive load produces a current value of 2.2A and a pf of 0.12 with several loading step variations of 6 steps

Keywords: *Programmable Logic Controller (PLC), Resistive Load, Inductive Load, capacitive Load, Larkin 3 Phase LCD LR-3D3Y*

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang bangun sebuah simulator beban 3 fasa yang terdiri dari beban yang bersifat resistif, induktif dan kapasitif dengan kapasitas beban maksimal sebesar 2 Ampere dengan variasi beban yang dapat diatur. Simulator ini dipergunakan dalam pengujian kompensasi daya reaktif pada Laboratorium Power Sistem di Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pembebanan dilakukan secara manual untuk melihat pengaruh setiap kenaikan atau perubahan beban terhadap faktor daya, tegangan dan arus disisi penerima dan pengirim. Pengendali dalam mengatur perubahan beban menggunakan PLC Omron Tipe CP1E. PLC menerima perintah melalui saklar tekan (*Push Button*) untuk menentukan beban mana yang diumpankan pada jaringan listrik, sedangkan untuk membaca besaran listrik digunakan Larkin 3 phase LCD LR-3D3Y. Hasil dari rancang bangun ini, panel yang dibuat dapat mensimulasikan beban resistif dengan 8 konfigurasi rangkaian beban dengan nilai maksimal 1,9 A. Sedangkan konfigurasi rangkaian beban induktif menghasilkan nilai arus maksimal pada step ke delapan sebesar 2,19 A dengan pf 0,11. Untuk beban kapasitif menghasilkan nilai arus sebesar 2,2A dan pf sebesar 0,12 dengan jumlah variasi step pembebanan sebanyak 6 step.

Kata Kunci: *Programmable Logic Controller (PLC), Beban R,L dan C,Power Faktor, Larkin 3 phase LCD LR-3D3Y*

PENDAHULUAN

Perubahan beban pada sistem jaringan listrik berdampak pada kualitas daya yang disalurkan seperti terjadinya ketidakseimbangan tegangan antar fasa dan faktor daya (Yendi Eseye & Sigit Lesmana, 2021), (Syarifuddin HS dkk. 2022). Selain itu pengoperasian beban yang tidak serempak, pembagian beban antar fasa yang tidak seimbang dan penggunaan beban-beban yang bersifat induktif dapat menyebabkan penurunan kualitas daya seperti faktor daya yang buruk dan ketidakseimbangan beban antar fasa yang menyebabkan rugi-rugi (Mauboy, 2021)(Indrawan dkk. 2021).

Dalam dunia pendidikan, pemahaman siswa dalam memahami dampak dari penurunan kualitas daya yang disebabkan oleh impedansi beban pada jaringan listrik dapat ditingkatkan dengan menyediakan media pembelajaran yang dapat mensimulasikan beban 3 fasa pada jaringan listrik. Levinzon & Tsarkova (2016) mengungkapkan bahwa seorang teknisi kelistrikan harus memiliki kompetensi yang tinggi sehingga diperlukan sebuah media pembelajaran yang efektif dan kredibel. Hal ini penting dikarenakan media pembelajaran dapat membantu pengajar dalam menjelaskan materi yang akan disampaikan agar makna pesan yang akan disampaikan menjadi lebih jelas dan mengerti oleh siswa sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai dengan efektif dan efisien (Nurrita, 2018). Serupa dengan Nurrita, Dewi dkk, (2019) mengklaim bahwa penggunaan media pembelajaran yang tepat dalam proses pembelajaran akan menghasilkan output yang memuaskan sesuai dengan tujuan pembelajaran. Dalam bidang sains dan teknik, yang terpenting menurut Mutale (2018) keberhasilan akan dicapai jika didukung oleh sistem pendidikan yang kuat yang melayani pengajaran dan penelitian.

Media pembelajaran yang diharapkan dapat membantu pengajar dalam menyampaikan materi pengaruh pembebanan pada jaringan listrik terhadap kualitas daya ke siswa menjadi alasan dan tujuan peneliti dalam merancang bangun sebuah simulator beban 3 fasa yang dapat mengatur pembebanan pada jaringan listrik dengan variasi beban berdasarkan nilai beban dan sifat beban. Penelitian terkait dengan simulator untuk mempelajari kualitas daya juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti Aripriharta dkk. (2020) yang merancang bangun sebuah simulator perbaikan faktor daya listrik yang menggunakan mikrokontroler ATMEGA16 sebagai otak pengendali untuk mendeteksi beda fasa dan menghitung daya reaktif pada jaringan untuk selanjutnya dikoreksi dengan mengupayakan beban kapasitif pada jaringan secara otomatis dan manual. Peneliti

Akhwan dkk. (2022) juga melakukan rancang bangun simulator perbaikan faktor daya listrik 3 fasa. Hanya saja sistem kendali yang digunakan dalam penelitiannya menggunakan *Power Factor Controller* (PFC).

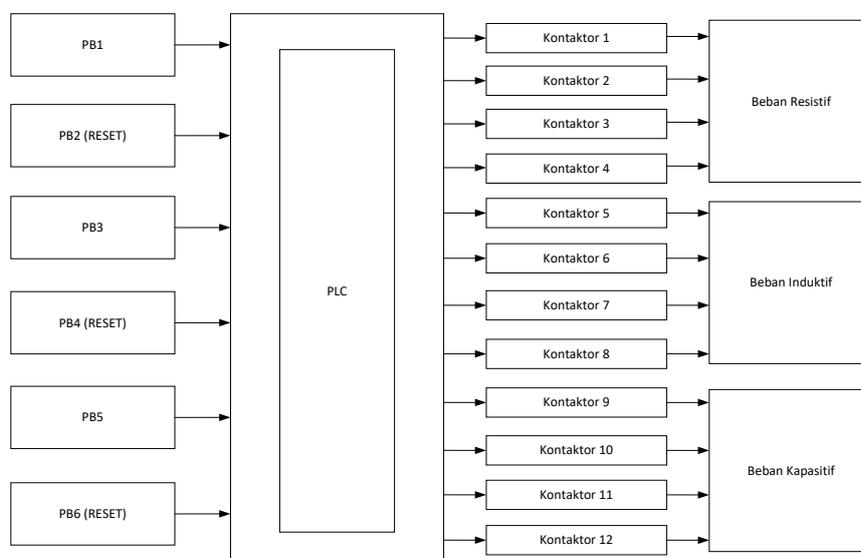
Berbeda dengan peneliti sebelumnya yang melakukan perbaikan faktor daya dengan hanya mengumpankan beban yang bersifat kapasitif pada jaringan listrik, dalam penelitian ini simulator yang dibangun dapat digunakan untuk mengumpankan beban tidak hanya beban bersifat kapasitif namun juga yang bersifat induktif serta resistif, sehingga simulator dapat mensimulasikan pengaruh sifat beban terhadap kualitas daya pada jaringan listrik.

Pengendali yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Programmable Logic Controller* (PLC) tipe CPE1E. PLC ini di pilih sebagai pengendali dalam peralatan kontrol simulator ini dikarenakan kemudahannya dalam penggunaannya dibandingkan dengan sistem kontrol konvensional atau *Hard Wire Logic* (Hamdani & Indrawan, 2015). Penggunaan PLC dalam media pembelajaran juga pernah digunakan oleh Dewi dkk (2019). PLC digunakan sebagai pengendali buka tutup pintu gerbang sekaligus sebagai trainer. Ditahun yang sama peneliti Sugijono dkk, mengintegrasikan kontrol program PLC pada praktek bengkel semester VI. Sedangkan Permata (2021). Merancang bangun sebuah trainer untuk menunjang proses pembelajaran dengan membuat trainer PLC Omron CP1E sebagai media pembelajaran pada mata pelajaran sistem pengendali. Sedangkan dalam penelitian ini, PLC CP1E digunakan untuk mengatur beban yang masuk kedalam jaringan listrik sesuai besar beban dan sifat beban yang diperintahkan melalui saklar input pada PLC secara manual.

METODE PENELITIAN

Prosedur penelitian terbagi atas perancangan perangkat keras dan perangkat lunak dengan terlebih dahulu melakukan survey terhadap kebutuhan peralatan yang akan digunakan seperti beban R, beban L, beban C, PLC, display 7 segment dan material panel. Selanjutnya pengujian dan pengukuran terhadap komponen beban R, L dan C termasuk konfigurasi tiap step masing-masing jenis beban tersebut untuk mendapatkan nilai beban yang tepat. Setelah dipastikan konfigurasi beban telah sesuai, kemudian dilakukan pengujian sistem kontrol pengaturan beban 3 fasa berupa pengujian kerja relay atau kontaktor berdasarkan perintah ke input PLC melalui saklar tekan. Setiap kenaikan nilai

atau step beban akan di tampilkan pada sebuah *seven segment* untuk setiap jenis bebannya. Diagram kerja sistem kontrol simulator beban 3 fasa diperlihatkan pada gambar berikut:



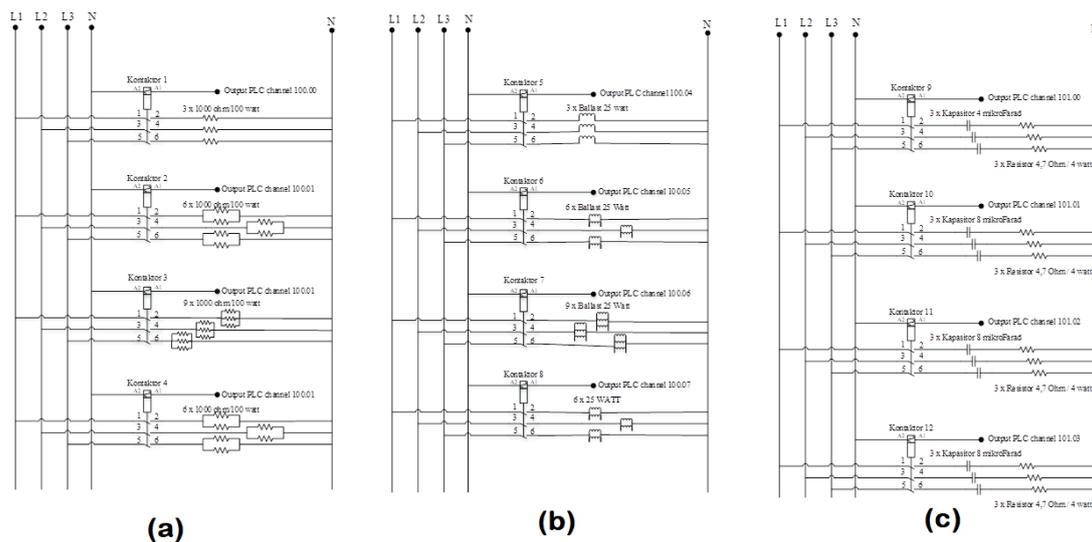
Gambar 1. Diagram sistem kontrol simulator beban 3 fasa

Pada gambar 1, dapat dilihat bahwa rangkaian terdiri dari input PLC yang berasal dari saklar push button. Sedangkan output PLC terdiri dari kontaktor yang berfungsi untuk mengatur konfigurasi beban yang terhubung ke jala-jala atau jaringan listrik 3 fasa

Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

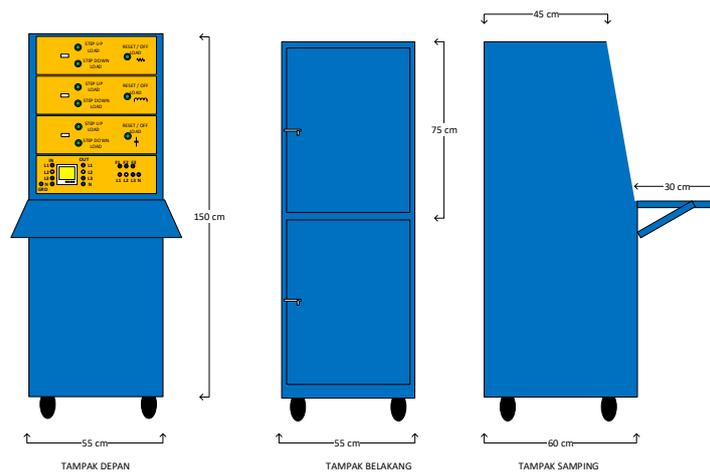
Pada rancangan ini digunakan PLC Omron CP1E E30DR-A sebagai pengendali utama. PLC ini yang akan melakukan pengontrolan ke komponen yang terhubung pada output. Untuk melakukan pengontrolan pada komponen yang terhubung pada PLC, perlu dilakukan pengalamatan pada input dan output yang akan digunakan.

Konfigurasi rancangan untuk masing-masing beban diperlihatkan pada gambar 2(a), 2(b), dan 2(c). Gambar 2(a) memperlihatkan konfigurasi rangkaian step beban resistif. Pada gambar 2(b) memperlihatkan wiring rangkaian konfigurasi beban Induktif. Wiring diagram rangkaian beban kapasitif diperlihtakan pada gambar 2(c). dimana untuk beban kapasitif digunakan kapasitor dengan kapasitas 8uF yang terpasang seri dengan sebuah resistor 4,7 ohm pada setiap fasa. Kapasitor terpasang secara pararel dengan sumber dan terdapat 4 step beban kapasitif.



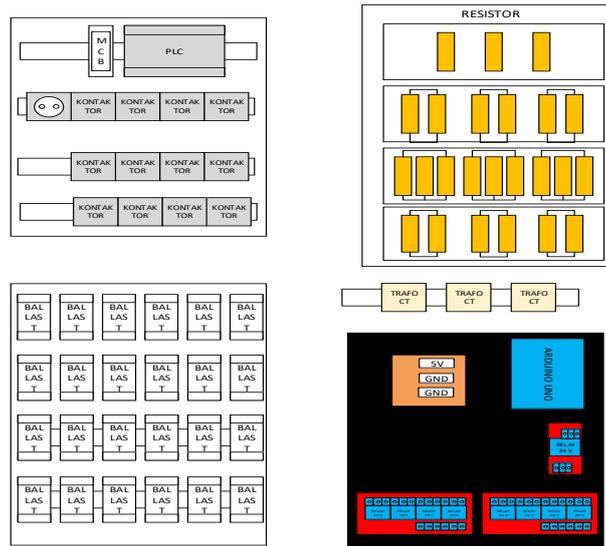
Gambar 2. Wiring diagram rangkaian daya beban (a) Resistif, (b) Induktif, (c) Kapasitif

Rangkaian daya dari ketiga jenis beban di atas di rangkai pada sebuah panel simulator yang didesain untuk mempermudah praktikan dalam menggunakannya. Desain simulator ini dapat dilihat pada gambar 3. Panel simulator ini memiliki dimensi 55cm x 60cm x 150cm.



Gambar 3. Desain Panel simulator beban 3 fasa berbasis PLC Omron (Tampak Depan , belakang, dan samping)

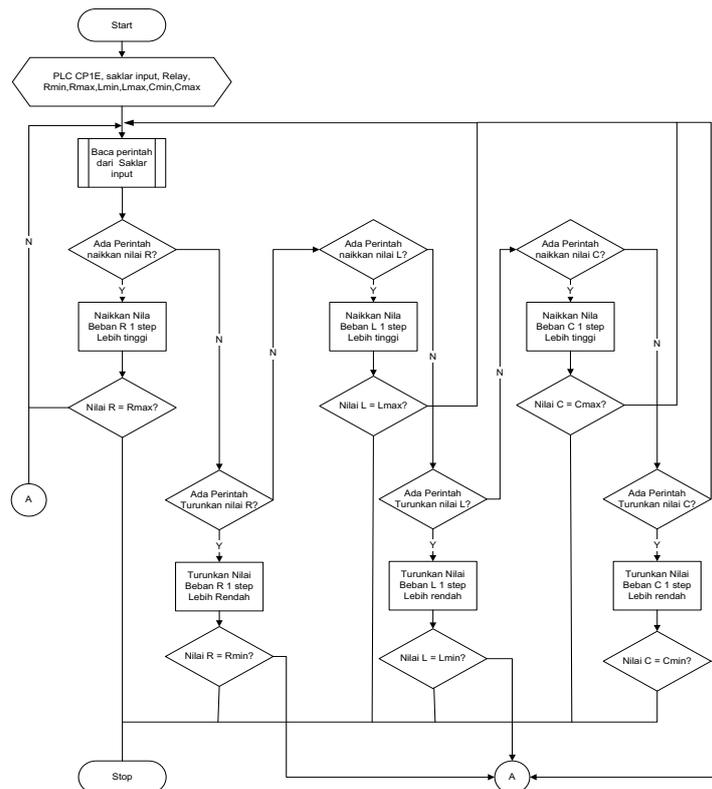
Susunan penempatan masing-masing beban pada panel diperlihatkan pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Desain komponen simulator beban 3 fasa berbasis PLC Omron

Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Secara umum, sistem kerja yang dirancang dalam penelitian ini adalah membaca perintah kerja yang berasal dari saklar untuk selanjutnya diterjemahkan sebagai perintah mengoperasikan kontaktor yang telah dirangkai sedemikian rupa sesuai dengan rencana konfigurasi beban. Setiap perubahan nilai beban berdasarkan perintah yang diterima dari saklar yang mewakili masing-masing jenis beban. Ketika nilai dari masing-masing beban mencapai nilai maksimal dan minimalnya maka pengendali akan mengabaikan perintah menaikkan atau menurunkan nilai beban walau user melakukan penekanan pada saklar tekan dari masing-masing beban. Adapun diagram alir dari perangkat lunak yang direncanakan diperlihatkan pada gambar 5. berikut :



Gambar 5. Flowchart Diagram sistem kontrol Simulator beban 3 fasa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beban resistif yang digunakan dalam penelitian ini adalah resistor 220V dengan daya 100 Watt. Resistor ini dirangkai menjadi 8 konfigurasi atau step. Step pertama sebanyak 3 buah resistor, masing-masing resistor untuk tiap fasa. Pada step pertama ini menghasilkan arus sebesar 0,2 Ampere untuk tiap fasanya seperti diperlihatkan pada tabel 1. Pada rangkaian resistor yang kedua, terdapat 6 buah resistor yang kemudian dibagi menjadi 3 fasa, masing-masing fasa terdapat 2 buah yang dirangkai paralel. Arus yang dihasilkan pada rangkaian kedua ini sebesar 0,4 Ampere. Rangkaian resistor yang ketiga terdapat 9 buah resistor yang kemudian dibagi menjadi 3 fasa, masing-masing fasa terdapat 3 buah yang dirangkai paralel. Arus yang dihasilkan pada rangkaian ketiga ini sebesar 0,78 Ampere. Sedangkan untuk step lainnya adalah dengan mengkonfigurasi rangkaian resistor menjadi 8 step hingga di dapat arus hasil konfigurasi rangkaian resistor mencapai 1,9 ampere.



Gambar 6. Hasil rancangan perangkat keras (a) rangkaian beban R, (b) rangkaian beban L, (c) rangkaian beban C, (d) rangkaian kontrol (e) Tampak dalam panel (f) tampak luar panel

Hasil rancangan rangkaian beban induktif yang terpasang pada alat ini sebanyak 24 buah dengan nilai daya setiap bebannya sebesar 23 watt dengan arus fasa yang terukur sebesar 0,22 Ampere untuk step pertama. induktor ini dirangkai menjadi empat bagian. Bagian pertama sebanyak 3 buah untuk tiap fasa. Pada bagian pertama ini menghasilkan arus sebesar 0,2 Ampere untuk tiap fasanya. Pada Step kedua, susunan rangkaian beban induktif ini menghasilkan arus sebesar 0,46 Ampere dan 0,7 Ampere untuk step rangkaian ketiga. Konfigurasi beban induktif pada simulator ini mencapai 8 konfigurasi atau step dengan arus maksimal beban induktif yang dihasilkan adalah sebesar 2,1 Amper dengan faktor daya sebesar 0,11 (diperlihatkan pada tabel 1).

Hasil rancangan untuk beban kapasitif digunakan kapasitor sebesar 8uf yang dipasang paralel dengan jaringan listrik 3 fasa. Hasil pengujian nilai kapasitif pada step pertama dihasilkan arus fasa-nya rata-rata sebesar 0,3 ampere dan 0,8 ampere pada step kedua. Sedangkan konfigurasi rangkaian n=beban kapasitif pada step ke 6 arus rata-rata yang dihasilkan adalah 2 Ampere seperti diperlihatkan pada tabel 2. Hasil rancangan perangkat keras untuk sistem kontrol beban R, L dan C beban 3 fasa diperlihatkan pada gambar 6, Tabel hasil pengukuran konfigurasi beban R,L dan C diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1
Hasil pengukuran simulasi beban

Beban (Step)	Fasa	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya Semu (VA)	Daya Aktif (Watt)	Daya Reaktif (VAR)	pf	Freq. (HZ)
1R(step1)	R	0,230	223	51,32	47,70	18,94	0,929	49,5
	S	0,245	223	54,63	52,30	15,78	0,957	49,5
	T	0,248	222	54,99	53,20	13,93	0,967	49,5
2R(step2)	R	0,486	221	107,43	102,90	30,88	0,958	49,87
	S	0,513	223	114,38	112,20	22,25	0,981	49,87
	T	0,531	223	118,33	115,00	27,86	0,972	49,87
8R(step8)	R	1,900	221	419,90	418,22	37,52	0,996	50,02
	S	1,900	223	423,70	421,58	42,32	0,995	50,2
	T	1,900	222	421,80	418,85	49,82	0,993	50,2
1L(step1)	R	0,229	221	50,57	23,80	44,61	0,471	49,87
	S	0,253	223	56,40	22,40	51,76	0,397	49,87
	T	0,250	222	55,53	23,20	50,45	0,418	49,87
2L(step2)	R	0,465	222	103,32	41,80	94,49	0,405	50,08
	S	0,483	223	107,65	36,70	101,20	0,341	50,08
	T	0,510	222	113,29	39,40	106,21	0,348	50,08
8L(step8)	R	2,191	222	486,36	55,00	483,24	0,113	50
	S	1,975	223	440,42	57,00	436,72	0,129	50
	T	1,953	222	433,58	58,00	429,68	0,134	50
1C(step1)	R	0,333	221	73,50	20,80	70,50	0,283	50
	S	0,366	223	81,61	16,60	79,90	0,203	50
	T	0,406	223	90,62	17,50	88,92	0,193	50
6C(step6)	R	1,950	222	432,90	55	429,39	0,127	50,05
	S	2,200	223	490,60	57	487,62	0,110	50,05
	T	2,100	222	466,20	58	463,37	0,110	50,05
1R 1L	R	0,347	222	77,02	70,6	30,79	0,917	50,2
	S	0,379	223	84,42	73,1	42,23	0,866	50,2
	T	0,383	223	85,36	75,5	39,82	0,885	50,2
1R 1L 1C	R	0,340	222	75,50	75,3	5,49	0,997	49,96
	S	0,250	223	55,70	55,7	0,00	1,000	49,97
	T	0,243	222	53,90	53,9	0,00	1,000	49,98
1R 2L 1C	R	0,350	221	77,29	75,3	17,41	0,974	50,02
	S	0,368	223	82,16	79,4	21,13	0,966	50,02
	T	0,618	222	137,20	82,9	109,33	0,604	50,02
1R 2L 2C	R	0,367	223	81,91	61,8	53,76	0,754	49,97
	S	0,391	223	87,12	69,6	52,40	0,799	49,97
	T	0,402	222	89,16	72,4	52,03	0,812	49,97

Pengujian kompensasi reaktif juga dilakukan dengan mengkonfigurasi beban R, L dan C dimana saat beban resistif di set pada step 1, beban induktif pada step 2 dan kapasitif pada step 1 terjadi koreksi factor daya yang sebelumnya bernilai 1 ketika beban R, L dan C diset pada step 1 menjadi 0,9 dan terus menurun ketika sifat beban induktif ditambahkan pada sistem jaringan Listrik.

KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan hasil pengujian simulator beban 3 fasa berbasis PLC Omron, dapat disimpulkan hasil rancangan simulator beban 3 fasa dapat mensimulasikan beban resistif hingga 8 tahap konfigurasi rangkaian resistor atau step pembebanan dengan nilai maksimal 1,9 A pada step ke delapan dan 0,23 A untuk pembebanan beban resistif terendah pada step pertama. Beban induktif hasil rancangan menghasilkan nilai arus maksimal sebesar 2,19 A pada step ke delapan dengan pf sebesar 0,11. Sedangkan untuk beban kapasitif hasil rancangan menghasilkan 6 konfigurasi rangkaian beban kapasitif dengan nilai arus pada step ke 6 adalah sebesar 2,2 A dengan pf sebesar 0,12.

Simulator yang dihasilkan juga dapat digunakan untuk mensimulasikan pembebanan dengan variasi beban dengan sifat beban yang berbeda untuk melihat pengaruhnya terhadap perubahan faktor daya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhwan, A., Pradipta, A., & Gunari, B. (2022). Rancang Bangun Simulator Perbaikan Faktor Daya Listrik 3 Fasa dengan Sistem Kendali Otomatis. *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, 8(3). <https://doi.org/10.19184/jaei.v8i3.34494>
- Aripriharta, A., Mardianto, N., Amri, H., & Muharnis, M. (2020). Rancang Bangun Simulator Perbaikan Faktor Daya Listrik Sebagai Modul Praktikum di Laboratorium Elektronika Daya. *INOVTEK - Seri Elektro*, 2(1), 56. <https://doi.org/10.35314/ise.v2i1.1274>
- Dewi, R., Sainudin, S., & Darpono, R. (2019). Simulasi Sistem Kontrol Buka Tutup Pintu Gerbang Berbasis PLC Pada Trainer Sebagai Media Pembelajaran Di Politeknik Harapan Bersama. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 6(2). <https://doi.org/10.30591/polektr.v6i2.1198>
- Hamdani, & Indrawan, A. W. (2015). *Programmable Logic Controller dan SCADA "Teori Pemrograman dan aplikasinya dalam Otomasi Sistem Tanur"* (Vol. 1).
- Indrawan, A. W., Syarifuddin, Purwito, Ashar, A. R., Sultan, A. rizal, & Ilahi, A. (2021). Penyeimbang Beban pada Gardu Distribusi dengan Metode Fuzzy Logic di Penyulang Lanosi ULP Tomoni PT.PLN (Persero). *Elektrika*, 18(2), 72–79.

- Levinzon, S. V., & Tsarkova, N. V. (2016). The teaching of electrical and electronics engineering at technical Universities in the world. *Proceedings - 2016 51st International Universities Power Engineering Conference, UPEC 2016, 2017-January*. <https://doi.org/10.1109/UPEC.2016.8114022>
- Mutale, J. (2018). Educational Challenges: Issues with Power Engineering Education [In My View]. *IEEE Power and Energy Magazine*, 16(5). <https://doi.org/10.1109/MPE.2018.2833266>
- Nurrita, T. (2018). *Pengembangan Media Pembelajaran Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa* (Vol. 03).
- Permata, E., Fatkhurrohman, M., & Putri, D. F. (2021). Trainer PLC Omron CP1E Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Pelajaran Sistem Pengendali Elektronik di SMKN 4 Kota Serang. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 7(2). <https://doi.org/10.24036/jtev.v7i2.112663>
- Sugijono, S. (2019). Integrasi Kontrol Terprogram Plc Pada Praktek Bengkel Semester Vi Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Polines. *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa*
- Syarifuddin HS, Napitupulu, J., sinaga, J., & Sitorus, B. (2022). Studi Kompensasi Daya Reaktif Terhadap Kenaikan Faktor Daya. *Jurnal Teknologi Energi UDA*, 11(1), 11–20.
- Yendi Esye, & Sigit Lesmana. (2021). Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, XI.