

RANCANG BANGUN KONTROL DAN *MONITORING* SISTEM PROTEKSI BEBAN TIDAK SEIMBANG BERBASIS *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER*

Muh. Firsya Ali Akbar¹, Prasetyo Iswahyudi², Lady Silk Moonlight³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Listrik Bandara, Fakultas Teknik Penerbangan, Politeknik Penerbangan Surabaya

Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email: firsyaali@yahoo.com

Abstrak

Listrik tiga fasa banyak digunakan untuk konsumen atau industri dengan daya yang besar. Instalasi listrik tiga fasa memiliki kesulitan dalam pembagian beban tiap fasanya. Keseimbangan antar fasa sangat sulit diperoleh karena penambahan beban dan pemakaian beban yang tidak prediktif. Ketidakeimbangan beban (*unbalance load*) memiliki dampak negatif antara lain : 1) netral bertegangan 2) merusak komponen elektronika 3) suhu pada kawat penghantar mengalami kenaikan. Dampak negatif ini sangat berbahaya apabila tidak segera diatasi. Satu-satunya cara untuk mengatasinya ialah memindah beban secara manual pada masing-masing fasanya.

Penelitian ini dilakukan di lantai 3 laboratorium terintegrasi politeknik penerbangan Surabaya. Pada area tersebut, beban tidak seimbang melebihi batas toleransi yakni 10% antar fasa dan juga komponen elektronika untuk keperluan praktikum sering mengalami kerusakan. Sehingga diperlukan rancangan alat yang dapat mengurangi atau bahkan dapat menyeimbangkan pembagian beban pada distribusi listrik 3 fasa. Pada perancangan alat, ditambahkan proteksi *phase failure*, *overload* dan gangguan pada beban agar sistem proteksi lebih handal.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa pembagian beban dapat mendekati seimbang dan mencapai toleransi dibawah 10%. Dengan menggunakan logika program PLC dan juga kontaktor sebagai aktuator pemindah beban, sistem ini dapat berjalan dengan baik.

Kata Kunci: listrik tiga fasa, *unbalance load*, PLC, pembagian beban, proteksi

1. PENDAHULUAN

Sub Distribution Panel (SDP) merupakan kontrol proteksi dan distribusi listrik yang terdekat dengan beban. SDP di Laboratorium Terintegrasi terletak pada masing-masing lantai. Di SDP tersebut, beban terbagi menjadi 3 yaitu beban penerangan, stop kontak dan AC (Air Conditioning). Pembagian beban diatas terkadang tidak bisa seimbang antar fasa dan juga proteksi apabila terjadi gangguan beban berlebih ataupun hubung singkat

tidak dapat dikontrol dan monitoring secara terpusat.

Beban tidak seimbang disebabkan oleh penggunaan peralatan laboratorium yang bervariasi jadwal penggunaannya, sehingga arus pada masing-masing fasa berubah-ubah tiap waktu. Beban tidak seimbang dapat mengakibatkan beberapa hal, antara lain : kerusakan pada peralatan praktikum, netral bertegangan dan juga saluran penghantar mengalami kenaikan suhu. Sehingga, diperlukan proteksi beban tidak seimbang pada laboratorium terintegrasi agar dapat meminimalisir kerusakan pada peralatan laboratorium dan memperbaiki kualitas daya listrik.

Herman (2006), merancang sebuah penyempurnaan jaringan listrik untuk mendapatkan beban yang seimbang. Sistem kerja dari rancangan alat tersebut berdasarkan jumlah beban dengan daya yang sama. Sehingga penggunaannya kurang efektif diterapkan pada jaringan distribusi listrik secara umum.

Moch. Maulana (2011), membuat rancangan sistem kontrol jaringan distribusi listrik berbasis komputer. Pada perancangan alat tersebut masih terkendala oleh jarak dan mobilitas monitoring yang sangat terbatas dikarenakan menggunakan *Personal Computer* sebagai server.

Sofi (2012), merancang sistem pengaturan beban listrik priority dan non priority berbasis PLC (Programmable Logic Controller). Perancangan ini memiliki kemajuan dari penelitian sebelumnya karena menggunakan PLC. Namun, belum dapat mendeteksi ketidakseimbangan pada beban tiga fasa secara otomatis.

Ibrahim (2014), merancang sebuah sistem HMI pada jaringan distribusi listrik dengan PLC. Perancangan ini dapat di kontrol dengan jarak jauh menggunakan komunikasi RS-232. Namun penggunaan interface di *Personal Computer* mengalami mobilitas teknisi ketika terjadi gangguan kelistrikan.

Pada perancangan alat ini, peneliti membuat sistem kontrol dan monitoring terpusat untuk menyempurnakan sistem dalam melakukan kontrol dan monitoring sistem proteksi dan distribusi listrik. Sistem proteksi 3 fasa pada panel SDP yang akan dimonitoring nilai arus dan tegangan nya pada masing-masing fasa. Jika arus pada salah satu fasa mengalami kenaikan yang signifikan, maka secara otomatis PLC akan

memberikan perintah kepada kontaktor untuk memindahkan beban pada fasa yang mempunyai nilai arus terbesar menuju ke beban pada fasa yang mempunyai nilai arus terkecil, sehingga pembagian beban menjadi seimbang. Teknisi juga dapat memindahkan beban secara manual pada tampilan HMI (*Human Machine Interface*).

Selain itu, PLC dapat mendeteksi gangguan beban lebih dan gangguan pada beban berdasarkan nilai arus gangguannya. Sehingga teknisi dapat mengantisipasi dan menganalisa penyebab terjadinya gangguan kelistrikan. Pada *Human Machine Interface* (HMI) akan ditampilkan nilai arus, tegangan dan frekuensi pada masing-masing fasa. Nilai arus akan menjadi acuan untuk pemindahan beban apabila terjadi beban tidak seimbang. Terdapat juga pemilihan pemindahan beban yang dapat dikendalikan oleh teknisi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Gedung Terintegrasi lantai 3 Politeknik Penerbangan Surabaya. Distribusi listrik pada lokasi tersebut belum dapat di monitoring secara HMI apabila terjadi gangguan dan beban tidak seimbang di atas batas toleransi 10%. Pembagian beban yang tidak seimbang dapat diketahui dengan mengukur nilai arus pada setiap fasa pembagian beban di panel SDP.

Nilai arus pada pembagian beban di panel SDP lantai 3 dengan beban AC dan penerangan yaitu :

Tabel 1. Pembagian beban panel SDP

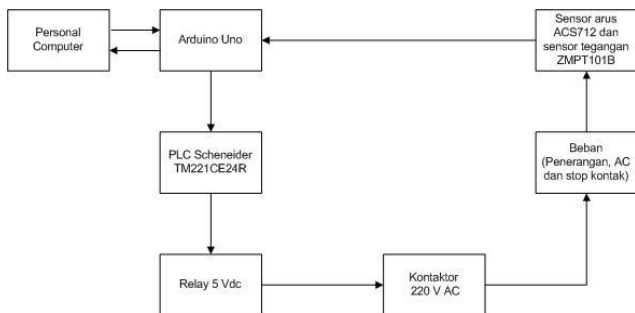
R	S	T
19,3 A	17,2 A	11,6 A

Pada data tersebut, menunjukkan perbedaan arus yang sangat signifikan

pada masing-masing fasa nya. Hal ini dikarenakan instalasi awal pada pembagian beban tidak memperhitungkan daya pada beban sehingga masing-masing fasa mendapatkan beban dengan daya yang relatif jauh perbedaan nilai nya. Permasalahan lain yakni, penambahan beban yang dilakukan secara berkala tanpa memperhatikan beban yang sudah terpasang.

Pembagian beban tiga fasa yang seimbang memang sulit didapatkan, namun perancangan alat ini diharapkan dapat mengurangi ketidakseimbangan pada pembagian beban.

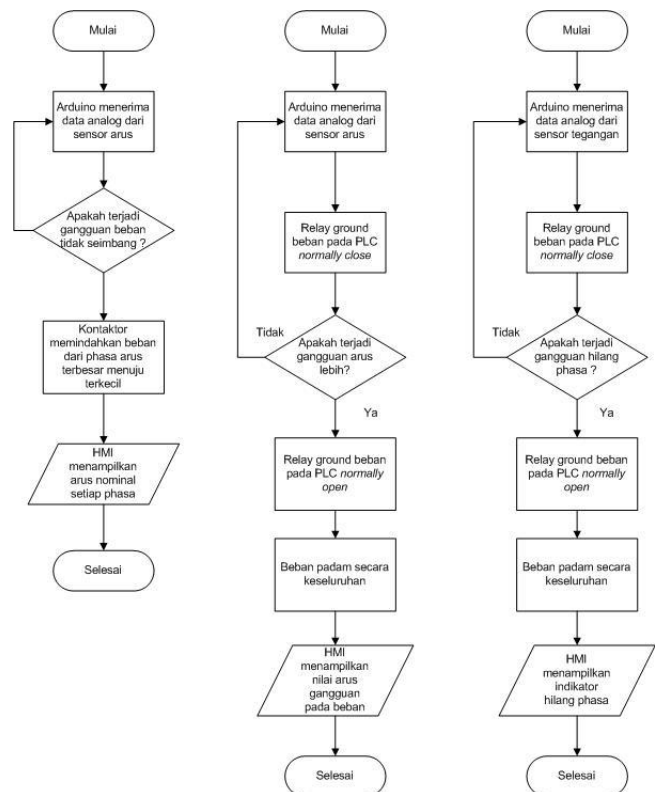
Pada perancangan alat ini, peneliti menggunakan PLC Scheneider TM221CE24R sebagai kontrol utama dalam pengendalian beban, kontaktor sebagai aktuator pemindah beban variabel yang tidak seimbang, MCB untuk melokalisir gangguan listrik juga sensor arus dan tegangan sebagai referensi indikasi terjadi nya gangguan.



Gambar 1 Blok Diagram Perancangan Alat

Dengan kondisi saat ini peneliti mencoba merancang suatu sistem kontrol dan montoring terpusat untuk menyempurnakan sistem dalam melakukan kontrol dan monitoring sistem proteksi dan distribusi listrik. Sistem proteksi 3 fasa pada panel SDP akan dimonitoring nilai arus dan tegangan nya pada masing-masing fasa.

Jika arus pada salah satu fasa mengalami kenaikan yang signifikan, maka secara otomatis PLC akan memberikan perintah kepada kontaktor untuk memindahkan beban pada fasa yang mempunyai nilai arus terbesar menuju ke beban pada fasa yang mempunyai nilai arus terkecil, sehingga pembagian beban menjadi seimbang. Teknisi juga dapat memindahkan beban secara manual pada tampilan HMI (Human Machine Interface).



Gambar 2 Flowchart Perancangan Alat

Sistem kontrol yang digunakan pada alat yang peneliti rancang yaitu ketika terjadi beban *unbalance*, beban pada fasa yang memiliki arus terbesar akan berpindah ke beban pada fasa yang memiliki arus terkecil. Pemindahan beban dikendalikan oleh kontaktor yang terhubung dengan relay output pada PLC. PLC bekerja berdasarkan nilai arus dan

Phasa	Tegangan Nominal (Volt)	Waktu Trip (sekon)
R	218	5,2 sekon
S	217	5,3 sekon
T	219	5,9 sekon

tegangan dari arduino yang ditampilkan pada PC.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat 4 gangguan yang akan ditampilkan pada HMI, antara lain :

1. Gangguan hilang fasa (*Phase Failure*)

Ketika salah satu phasa hilang, maka seluruh beban akan dimatikan. Pada tampilan PC, wiring diagram akan berwarna merah secara keseluruhan.

2. Gangguan beban tidak seimbang (*unbalance load*)

Ketika beban antar phasa mengalami ketidakseimbangan dengan toleransi 10% maka pada tampilan akan memberikan peringatan dan secara otomatis beban akan berpindah pada phasa tertentu sehingga beban antar phasa menjadi seimbang. Teknisi juga dapat memindah beban secara manual pada tampilan komputer.

3. Gangguan kelebihan beban (*overload*)

Ketika terjadi kelebihan beban, pada tampilan komputer akan mendeteksi pembagian beban yang mengalami kelebihan beban dan sistem proteksi akan bekerja. Teknisi juga dapat memilih beban yang ingin dimatikan pada tampilan komputer.

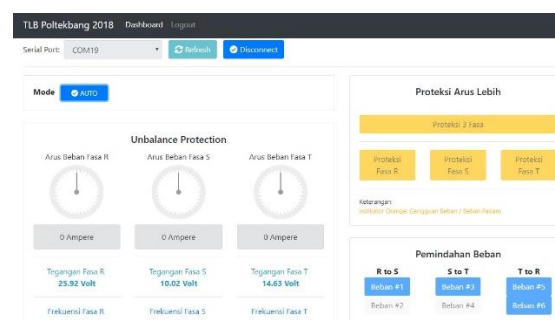
4. Gangguan pada beban

Gangguan pada beban yakni kerusakan pada komponen ataupun terjadinya *short circuit* pada beban

sehingga beban padam. Pada tampilan komputer, akan termonitor jika terdapat beban yang padam.

Pengujian Hilang Fasa (*Phase Failure*)

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa PLC dapat melokalisir gangguan hilang fasa dengan baik. Namun, terdapat keterlambatan antara sistem proteksi dengan tampilan HMI yang ada di PC.



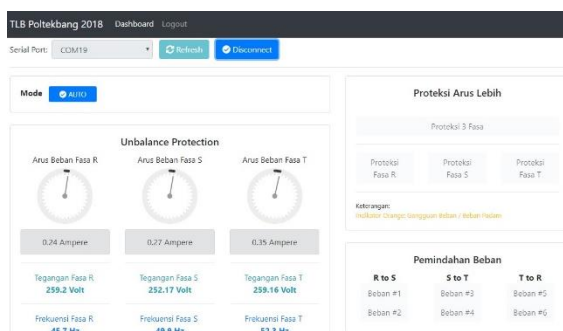
Gambar 3 Tampilan Hilang Fasa HMI
Pengujian Beban Tidak Seimbang (*Unbalance Load*)

Tabel 2. Pengujian Beban Tidak seimbang

Fasa	Arus saat Tidak Seimbang	Arus saat Seimbang	Perpindahan Beban
Uji Ke 1	R	0,13 A	S ke T
	S	0,44 A	
	T	0,43 A	
Uji Ke 2	R	0,27 A	T ke R
	S	0,43 A	
	T	0,44 A	
Uji Ke 3	R	0,43 A	R ke S
	S	0,14 A	
	T	0,45 A	

Arus pada tiap fasa ketika beban seimbang sesuai dengan batas toleransi yang ditentukan yakni 10%. Hal ini menunjukkan perhitungan pada kontroller bekerja dengan baik. Namun, terkadang perpindahan beban yang terjadi lebih

dari satu kali, dikarenakan arus tidak bisa seimbang dengan sekali perpindahan beban.



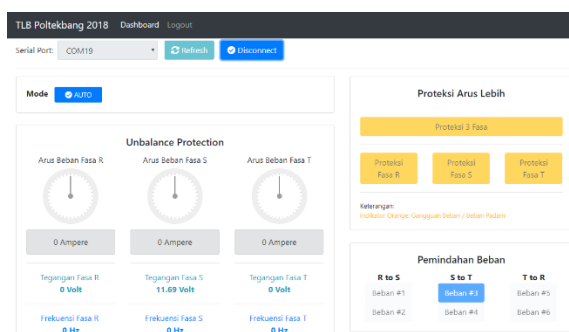
Gambar 4 Beban Seimbang pada HMI

Pengujian Kelebihan Beban (*Overload*)

Tabel 3. Pengujian Kelebihan Beban

Phasa	Arus Beban motor 1 fasa	Waktu tampilan mengindikasikan gangguan
R	2,2 A	6,2 detik
S	2,4 A	8,6 detik
T	2,3 A	7,5 detik

Arus berlebih dapat diamankan oleh sistem proteksi dengan baik dan dengan waktu yang cukup cepat meskipun tampilan di HMI memiliki keterlambatan beberapa detik dalam menampilkan indikator gangguan.



Gambar 5 Kelebihan Beban pada HMI

4. PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran pada alat Rancang Bangun Kontrol dan Monitoring Jaringan Distribusi Listrik dan Sistem Proteksi yang telah dibuat sebagai penelitian, peneliti dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Fungsi utama rancangan alat ini dapat berfungsi untuk mengontrol gangguan kelistrikan yaitu hilang fasa, beban tidak seimbang, beban berlebih, dan kerusakan pada beban. Untuk *interface* rancangan alat ini menggunakan perangkat *Personal Computer*.
2. Dari 3 kali pengujian yang telah dilakukan peneliti, baik pada rangkaian catu daya, sensor arus dan tegangan didapat bahwa alat rancangan dapat berjalan dalam kondisi normal. Namun untuk mendapat pembacaan nilai keluaran yang stabil terutama untuk sensor, masih kurang karena kurang presisinya sensor dan kesensitifan sensor.
3. Karena merupakan simulasi, alat rancangan ini hanya menggunakan beban dengan skala yang kecil, untuk kedepannya rancangan alat dapat dikembangkan dan diaplikasikan pada beban dengan skala yang lebih besar.

Saran

Kemudian berdasarkan kesimpulan yang telah ada, beberapa saran dari peneliti tentang alat yang telah dibuat agar kedepannya dapat lebih baik lagi adalah sebagai berikut :

1. Untuk kedepannya bisa dibuat dengan radius monitor dengan jarak

yang lebih jauh lagi, karena saat ini masih menggunakan komunikasi serial yang memiliki batasan jarak tertentu.

2. Pada rancangan alat ini, peneliti hanya menggunakan beban penerangan untuk kedepannya bisa dikembangkan dengan menggunakan beban yang memiliki arus lebih besar dengan pembagian beban yang lebih variatif.
3. Proses perpindahan beban dengan daya yang besar dapat menimbulkan lonjakan arus yang menyebabkan percikan api, sehingga kedepannya perlu dikembangkan dengan proteksi tambahan agar tidak menimbulkan bunga api.
4. Proses perpindahan beban memiliki waktu jeda, sehingga perlu dikembangkan perpindahan beban tanpa jeda waktu menggunakan UPS agar kontinuitas daya lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afrizal, Fitriandi, Komalasari Endah, dan Gusmedi. 2016. "Rancang bangun alat monitoring arus dan tegangan berbasis mikrokontroler dengan SMS Gateway." *Universitas Lampung*.
- [2] Herman Joko Mursandi. Penyempurnaan jaringan listrik untuk mendapatkan beban yang seimbang di ATKP Surabaya. Amd Thesis. Surabaya: Politeknik Penerbangan Surabaya; 2006.
- [3] Ibrahim Isnandy. Rancangan Human Machine Interface Pada Jaringan Distribusi Listrik Di Akademi Teknik Dan Keselamatan Penerbangan Surabaya. Amd Thesis. Surabaya: Politeknik Penerbangan Surabaya; 2014.
- [4] Jatmiko, Priyo. 2015. "Training Basic PLC."
- [5] Marsudi, Djiteng. 2011. *Pembangkitan Energi Listrik Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- [6] Moch. Maulana Santoso. Rancangan Sistem Kontrol Jaringan Distribusi Listrik Berbasis Komputer di ATKP Surabaya. Amd Thesis. Surabaya: Politeknik Penerbangan Surabaya; 2011.
- [7] Santoso, Hari. 2016. "Panduan Praktis Arduino Untuk Pemula." www.elangsakti.com.
- [8] Setiawan, Iwan. 2006. *Sistem Kendali Otomatis (PLC)*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [9] Sofi Dwi Hidayati. Rancangan pengaturan beban listrik priority dan non priority berbasis PLC (Programmable Logic Controller) di ATKP Surabaya. Amd Thesis. Surabaya: Politeknik Penerbangan Surabaya; 2012.
- [10] Sumardjati, Prih. 2008. *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- [11] Syahwil, Muhammad. 2013. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta: Penerbit Andi.