

Analisis Kinerja Rele Proteksi Gic Md71bh Pada Trainer AMF-ATS Hybrid Berbasis PLC Omron CP1E

Joko Sambodo

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

E-mail: jokosambodo1206@gmail.com

Article History:

Received: 19 November 2024

Revised: 12 Desember 2024

Accepted: 16 Desember 2024

Keywords: Under Voltage, Over Voltage, Sistem Proteksi, Relay GIGMD71BH

Abstract: In industrial and household settings, three-phase electrical systems are widely used. However, their usage often encounters Voltage disturbances such as low Voltage, overVoltage, and Voltage imbalance between phases R-N, S-N, and T-N. Such disturbances can disrupt activities requiring Voltage stability and may damage electronic devices. Based on the above background, the author chose the research topic Phase Failure Relay, aimed at protecting electrical equipment in households and industries. This is achieved using the GIC MD71BH protection relay to detect overVoltage or Voltage drops and then sending a signal to the PLC to switch the load to an alternative power source (solar power plant/generator). The results of this study indicate that the function of the Phase Failure Relay in the AMF-ATS hybrid panel simulator installation based on Omron PLC is crucial for disconnecting power from the main source (PLN) during Voltage disturbances. It also provides an input signal to the PLC to process the transfer of the load to a backup power source. The protection values are set at under-Voltage -10% of the nominal Voltage and over-Voltage +10% of the nominal Voltage. From the testing of the phase failure relay with the designed wiring, the protection relay functions effectively, disconnecting power from the main PLN source during Voltage disturbances.

PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik memiliki berbagai jenis komponen antara lain sumber energi, pembangkit energi, sistem transmisi, sistem distribusi dan pusat beban. Ada juga berbagai sumber listrik, yaitu air, uap, gas dan sumber lainnya. Sumber energi ini diubah oleh sistem pembangkit menjadi energi listrik yang disalurkan melalui jaringan distribusi. Jaringan distribusi sebagai pembagi energi listrik untuk beban sesuai kebutuhan konsumen, jaringan distribusi ini berhubungan langsung dengan konsumen seperti perusahaan dan perumahan, sehingga sangat menentukan keberlangsungan aliran tenaga listrik ke konsumen. Oleh karena itu kebutuhan akan tenaga listrik harus dirancang dengan sebaik-baiknya terutama mengenai kualitas atau keandalannya dalam menyalurkan energi listrik sehingga dapat menjamin kepuasan konsumen

yang tinggi dan konsumen dapat melihat nilai tegangan dan arus. Agar tetap dalam kondisi baik, diperlukan suatu sistem yang dapat mencegah terjadinya tegangan lebih, tegangan kurang, hubung singkat dan perbedaan tegangan antar fasa yang akan menimbulkan ketidakseimbangan tegangan pada salah satu fasa. Oleh karena itu, akan dirancang suatu alat pelindung yang dapat memutus jaringan dan dapat dipantau jika terjadi masalah seperti tegangan lebih, tegangan kurang, tegangan tidak seimbang dan hubung singkat.

Salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia adalah energi listrik yang menunjang setiap kegiatan sehari-hari karena dalam kegiatan sehari-harinya manusia pasti memiliki kaitan yang erat dengan penggunaan energi listrik. Beberapa instrumen yang mendukung dan mempermudah kehidupan manusia cukup banyak menggunakan energi listrik sebagai sumber utamanya. Konsumsi energi listrik banyak digunakan diberbagai tempat seperti industri, tempat-tempat pelayanan publik, masyarakat umum, tujuan komersil, pendidikan, rumah tangga dll, yang pastinya setiap peralatan yang menggunakan energi listrik tersebut harus memiliki sumber daya dengan kuantitas dan kualitas yang baik dengan *variable*-variabel listrik yang stabil seperti tegangan, arus, frekuensi dan faktor daya yang baik.

Untuk menunjang aktivitas penyaluran energi listrik ke konsumen agar memiliki kualitas yang baik maka diperlukan peralatan pendukung yang dapat menjamin lancarnya penyaluran energi listrik. Memiliki sistem proteksi yang baik adalah salah satu penunjang untuk mendapatkan penyaluran listrik yang baik. Salah satu sistem proteksi yang digunakan adalah sistem proteksi *Over Voltage*, *Under Voltage* serta *Unbalance Voltage*. Dibuatnya sistem proteksi tersebut bertujuan untuk mengamankan dan mencegah kerusakan pada peralatan-peralatan yang terhubung langsung dengan sumber energi listrik tersebut.

Adanya sistem proteksi tersebut berperan penting untuk menciptakan sistem energi listrik yang handal sehingga dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas energi listrik, terlebih lagi pada peralatan listrik yang sangat sensitif terhadap perubahan dari *variable* listrik tersebut. Beberapa peralatan listrik memiliki tingkat sensitifitas yang tinggi terhadap gangguan kelistrikan contohnya seperti laptop dan komputer dapat mengalami malfungsi bahkan rusak jika sumber energi listrik yang digunakan memiliki *variable* yang tidak stabil, tentunya kerusakan peralatan pada konsumen listrik tersebut sangatlah merugikan.

Tegangan menjadi salah satu *variable* penting dalam sistem kelistrikan, karena jika terjadi gangguan pada tegangan listrik seperti *Under Voltage* dan *Over Voltage* maka gangguan tersebut akan mengganggu peralatan-peralatan listrik yang terhubung pada sumber listrik tersebut. Proteksi listrik sangat dibutuhkan untuk mencegah terjadinya gangguan pada sistem kelistrikan. MCB (*Miniatur Circuit Breaker*) berfungsi sebagai proteksi ketika terjadi arus lebih dan hubung singkat pada instalasi listrik sederhana seperti pada rumah atau gedung (S. Saodah, 2019). Peralatan tersebut tidak difasilitasi untuk gangguan *underVoltage* atau *overVoltage*. Sesuai peraturan instalasi tenaga listrik dijelaskan batasan untuk proteksi untuk *underVoltage* yaitu -10% dari tegangan normal, sedangkan untuk proteksi *overVoltage* yaitu +5% dari tegangan normal (SPLN 1: 1995). Penyebab terjadinya gangguan *underVoltage* terjadi karena jarak transformator yang jauh dari konsumen, pembebanan yang berlebih serta pengkawatan yang kurang baik. Gangguan tegangan lebih (*Over Voltage*) terjadi karena pelepasan beban secara tiba-tiba. Dampak dari naik turunnya tegangan listrik dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan elektronik karena melebihi batas toleransi tegangan nominalnya, sehingga hal itu dapat mengganggu kinerja peralatan tersebut (Billy Mahdianto Arsyad, 2019).

METODE PENELITIAN

Tahap awal penelitian ini dimulai dengan persiapan alat dan bahan yang diperlukan untuk membuat *prototipe* sistem *Relay Proteksi Over/Under dan Unbalance Voltage* pada panel *AMF/ATS hybrid* berbasis PLC. Persiapan ini mencakup semua kebutuhan, baik dari sisi perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Komponen-komponen yang akan digunakan serta program pendukung dirancang dan dipersiapkan secara menyeluruh untuk memastikan kelancaran proses penelitian. Selanjutnya, tahap desain sistem dilakukan dengan membuat rancangan sistem *prototipe*. Desain ini mencakup pembuatan *wiring diagram* serta penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) untuk sistem AMF-ATS. Sistem ini dirancang dengan beberapa sumber suplai listrik, yaitu PLN, PLTS (*Off-Grid*), dan genset. Rancangan tersebut memastikan bahwa sistem dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan yang direncanakan.

Tahap berikutnya adalah perancangan perangkat keras (*hardware*), yang melibatkan pengembangan setiap komponen yang digunakan dan perancangan perangkat keras secara keseluruhan. Dalam tahap ini, setiap detail perancangan *hardware* dijelaskan untuk memastikan kompatibilitas dan fungsi optimal antar komponen. Setelah perangkat keras selesai dirancang, dilakukan pengujian alat untuk memastikan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan desain. Pengujian dilakukan dengan memeriksa data yang muncul di layar LCD dan laptop, memastikan bahwa alat dapat membaca data secara akurat. Jika data sudah terbaca dengan baik dan sistem bekerja sesuai rancangan, maka alat dinyatakan lolos pengujian dan dapat digunakan untuk pengukuran lebih lanjut.

Tahap pengambilan data dilakukan dengan metode *sampling*, yaitu pengumpulan data dari alat yang telah dibuat serta dari alat ukur manual. Data yang diambil meliputi pembacaan dari layar LCD, laptop, dan alat ukur manual. Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah untuk menghasilkan grafik dan tabel, sehingga memungkinkan perbandingan antara data dari alat yang dirancang dengan data dari alat ukur manual. Pengolahan data ini bertujuan untuk menentukan tingkat keakuratan alat yang dirancang. Setelah data diolah, tahap analisis dilakukan untuk mengevaluasi hasil pengolahan data. Analisis ini mencakup tingkat keakuratan alat yang dibuat serta tingkat kesalahan (*error rate*) yang muncul. Dari hasil analisis, dapat ditentukan kelayakan alat untuk digunakan atau diimplementasikan dalam aplikasi nyata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian Rancang Bangun *Prototipe Relay Proteksi Over/Under dan Unbalance Voltage* yang telah dibuat. Proses perpindahan *supply* listrik akan berpindah saat terjadi gangguan *Under/over* dan *Unbalance Voltage* pada sumber utama PLN (*Mains Faillure*). Sumber tegangan PLTS akan *mensuplay* listrik sementara ketika proses *starting* genset terjadi, ketika sudah beroperasi sesuai nominal tegangan maka *supply* listrik akan di *back up* oleh genset. Sistem ini dibuat otomatis untuk memudahkan pengoperasian perpindahan arus listrik ketika terjadi gangguan pada sumber utama PLN di suatu kawasan/industri sehingga tidak mengganggu produktivitas.

A. Hasil Rangkaian Alat

Rangkaian perangkat keras pada penelitian ini adalah tahapan pembuatan bagian-bagian peralatan keras dimulai dari pembuatan lubang pada panel simulator hingga penempatan komponen, perancangan *wiring mikrokontroller* dengan *relay* yang meghubungkan dengan kontaktor untuk kontrol *suplay* tegangan.

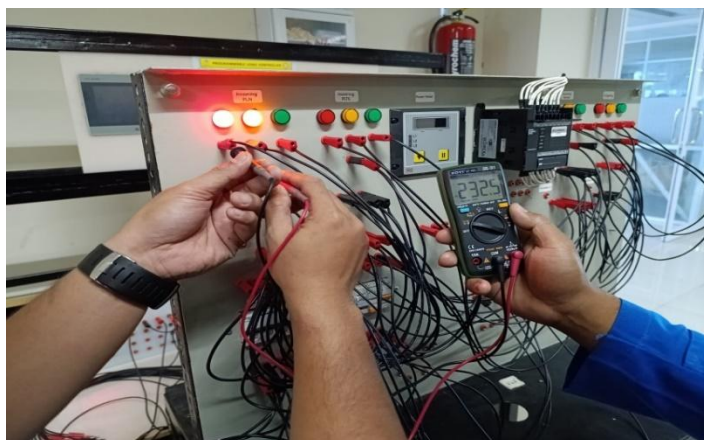


Gambar 1. Rangkaian Alat

Gambar 1 merupakan gambaran dari hasil perancangan perangkat keras yang telah dibuat pada penelitian ini. Terdapat sebuah (spek *relay*) yang *memonitoring* tegangan dari sumber utama PLN untuk rangkaian AMF-ATS Hybrid (PLN-PLTS-Genset), *relay* ini berfungsi sebagai proteksi ketika terjadi ubnormal pada tegangan PLN baik *under Voltage*, *Over Voltage* dan unbalance *Voltage*, yang mana ketika terjadi gangguan maka *relay* tersebut akan memberikan signal input ke PLC untuk memerintahkan kontaktor dari sumber utama yaitu PLN putus dan di alihkan ke sumber listrik cadangan. Proses pemasangan rangkaian kontrol pada perangkat keras ini harus sesuai dengan Bab tiga. Setelah perangkat keras ini selesai dibuat dan dipastikan tidak ada kesalahan dalam pengkabelan.

B. Pengujian Alat

Pengujian alat bertujuan untuk mengetahui apakah alat dapat bekerja dengan baik atau tidak. Jika alat mengalami masalah maka perlu dilakukan pengecekan ulang *event* dan rangkaian komponen yang digunakan. Jika alat berjalan dengan baik, maka sistem dapat beroperasi normal saat dilakukan simulasi, dan layar pada *power* meter menampilkan nilai parameter tegangan, arus, daya yang bisa *dimonitoring*.



Gambar 2. Pengukuran Tegangan *Phase R-N*

Hasil pengukuran tegangan input sumber PLN *phase to netral* yang mana hasil dari pengukuran tersebut *phase R-N* : 232.5 Volt, *phase S-N* : 230.1 Volt dan *phase T-N* : 225.0 Volt. Hasil dari pengukuran tersebut akan menjadi dasar untuk melakukan simulasi gangguan tegangan pada sumber listrik PLN. Tegangan PLN akan di ubah nilai nominalnya menggunakan alat yang bernama transformator untuk melihat kinerja dari *relay phase failure*.

C. Pengujian *Relay* Proteksi Tegangan Drop (*Under Voltage*)

Pengujian ini untuk mengetahui berfungsi atau tidaknya *relay* proteksi UVR saat mengalami tegangan kurang maka suplai listrik diberi tegangan berubah-ubah dengan cara disetting pada *relay* proteksi sebesar 95% dan 90% dari tegangan normal yaitu 380 V dengan waktu trip 2 detik. Hasil pengujian Tegangan Drop/UVR tertera pada tabel di bawah berikut :

Tabel 1. Hasil Pengambilan Data Pengujian Proteksi *Under Voltage*

SAMPLE DATA	SETTINGAN RELAY		PLN	PLTS	GENSET	TIME DELAY	RELAY UVR
	90%	95%					
	Tegangan (V)	Tegangan (V)					
1	342 V	361 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
2	342 V	361 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
3	342 V	362 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
4	342 V	361 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
5	342 V	361 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
6	346 V	365 V	OFF	ON	ON	4 detik	√
7	342 V	361 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
8	342 V	361 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
9	344 V	363 V	OFF	ON	ON	3 detik	√
10	347 V	365 V	OFF	ON	ON	4 detik	√
11	347 V	367 V	OFF	ON	ON	5 detik	√
12	342 V	361 V	OFF	ON	ON	2 detik	√

13	341 V	361 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
14	342 V	361 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
15	341 V	361 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
Rata2	342.9 V	362.5 V				2.5 detik	

Dari hasil pengamatan tabel 1 diatas penujian tegangan rendah/*Under Voltage* menunjukkan bahwa ketika tegangan mengalami drop/tegangan kurang dari tegangan normal yaitu 380 V maka *relay* akan memberikan signal ke PLC untuk memindahkan beban dari PLN ke Genset yang ketika proses *starting* genset beban akan di alihkan sementara ke PLTS. Dan dari hasil pengolahan data berdasarkan tabel di atas di dapati nilai rata-rata proteksi tegangan under dengan setingan 90% adalah 342.9 *Volt* dan untuk nilai rata-rata proteksi tegangan under dengan setingan 95% adalah 362.5 *Volt* dengan rata-rata waktu kerja *relay* 2.5 detik.

Pengujian *relay* proteksi tegangan drop (*Under Voltage*) dilakukan sebanyak 15 kali percobaan dan hasilnya *relay* tersebut berfungsi dalam mendeteksi tegangan drop (*Under Voltage*) hanya time delay yang berubah-ubah dalam merespon adanya gangguan.

D. Pengujian Relay Proteksi Tegangan Lebih (*Over Voltage*)

Pengujian ini untuk mengetahui berfungsi atau tidaknya *relay* proteksi OVR saat mengalami tegangan lebih maka suplai listrik diberi kenaikan tegangan dengan cara disetting pada *relay* proteksi sebesar 108%, dan 110% dari tegangan normal yaitu 380 V dengan waktu trip 2 detik. Hasil pengujian tegangan lebih/UVR tertera pada tabel berikut :

Tabel 2. Hasil Pengambilan Data Pengujian Proteksi *Over Voltage*

SAMPLE DATA	SETTINGAN <i>RELAY</i>		PLN	PLTS	GENSET	TIME DELAY	<i>RELAY</i> OVR
	108%	110%					
	Tegangan (V)	Tegangan (V)					
1	410,4 V	421,7 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
2	411,2 V	423,4 V	OFF	ON	ON	3 detik	√
3	410,3 V	421,3 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
4	410,4 V	421,8 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
5	410,1 V	422,4 V	OFF	ON	ON	3 detik	√
6	413,2 V	424,1 V	OFF	ON	ON	4 detik	√
7	410,4 V	421,5 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
8	410,2 V	421,9 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
9	411,4 V	422,3 V	OFF	ON	ON	3 detik	√
10	410,4 V	425,6 V	OFF	ON	ON	4 detik	√
11	415,1 V	425,2 V	OFF	ON	ON	5 detik	√
12	410,4 V	422,4 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
13	410,2 V	421,8 V	OFF	ON	ON	2 detik	√
14	413,5 V	422,4 V	OFF	ON	ON	4 detik	√
15	410,1 V	421,7 V	OFF	ON	ON	2 detik	√

Rata2	411.1 V	422.6 V				2.8 detik	
-------	---------	---------	--	--	--	-----------	--

Dari hasil pengamatan tabel 2 diatas penujian tegangan lebih/*Over Voltage* menunjukkan bahwa ketika tegangan mengalami kenaikan/tegangan lebih dari tegangan normal yaitu 380 V maka *relay* akan memberikan signal ke PLC untuk memindahkan beban dari PLN ke Genset yang ketika proses *starting* genset beban akan di alihkan sementara ke PLTS. Dan dari hasil pengolahan data berdasarkan tabel di atas di dapati nilai rata-rata proteksi tegangan lebih dengan setingan 108% adalah 411.1 *Volt* dan untuk nilai rata-rata proteksi tegangan under dengan setingan 110% adalah 422.6 *Volt* dengan rata-rata waktu kerja *relay* 2.8 detik.

Pengujian *relay* proteksi tegangan lebih (*Over Voltage*) dilakukan sebanyak 15 kali percobaan dan hasilnya *relay* tersebut berfungsi dalam mendeteksi tegangan drop (*Over Voltage*).

E. Pengujian Tegangan Tidak Stabil (*Unbalance Voltage*)

Pengujian dilakukan dengan memberikan tahanan di salah satu fasa yaitu fasa R sehingga tegangan antar fasa bisa mengalami drop tegangan dan dapat menimbulkan tegangan yang tidak seimbang pada sumber tegangan 3 fasa.

Tabel 3. Hasil pengujian proteksi tegangan tidak stabil

NO	TEGANGAN			KETERANGAN	FALL CLAST	TIMER
	R	S	T			
1	380	380	380	Normal	CB Pin On	0
2	0	380	380	Unbalance	CB Pin Trip	1
3	380	380	0	Unbalance	CB Pin Trip	1
4	380	0	380	Unbalance	CB Pin Trip	1

Dari hasil pengamatan tabel 3 diatas pengujian *Unbalance Voltage* menunjukan bahwa jika salah satu tegangan mengalami ketidakstabilan maka *relay* akan memberikan signal ke PLC untuk memindahkan beban dari PLN ke Genset yang ketika proses *starting* genset beban akan di alihkan sementara ke PLTS.

F. Pengujian Hilang Satu Fasa PLN

Pengujian ini untuk mengetahui berfungsi atau tidaknya *relay* proteksi *Phase Failure* dengan cara mematikan salah satu fasa R,S atau T dari sumber PLN. Hasil pengujian ini dapat dilihat dari tabel 4.4 berikut ini :

Tabel 4. Hasil Pengujian Proteksi *Phase Failure*

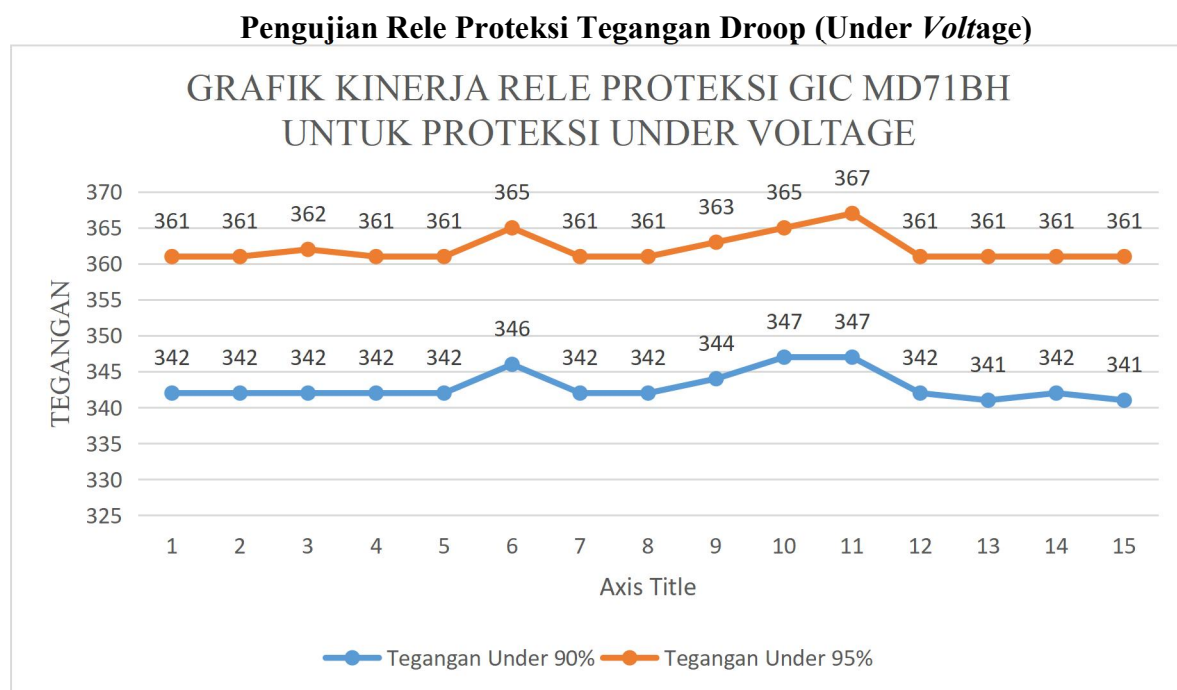
No	Phase PLN			PLN	PLTS	Genset
	R	S	T			
1	√	√	√	√	×	×
2	×	√	√	×	√	√
3	√	×	√	×	√	√
4	√	√	×	×	√	√

Dari pengamatan tabel 4, pengujian *phase failure* menunjukan bahwa PLN mengalami gangguan hilang salah satu *phase* maka *relay phase failure* akan memberikan signal ke PLC untuk memindahkan beban dari PLN ke Genset yang ketika proses *starting* genset beban akan di alihkan sementara ke PLTS. Pengujian *phase failure* dilakukan sebanyak 15 kali percobaan dengan cara mematikan salah satu fasa R, S atau T dari sumber PLN dan hasilnya *relay* tersebut

berfungsi dalam mendeteksi *phase failure*.

G. Pengolahan Data

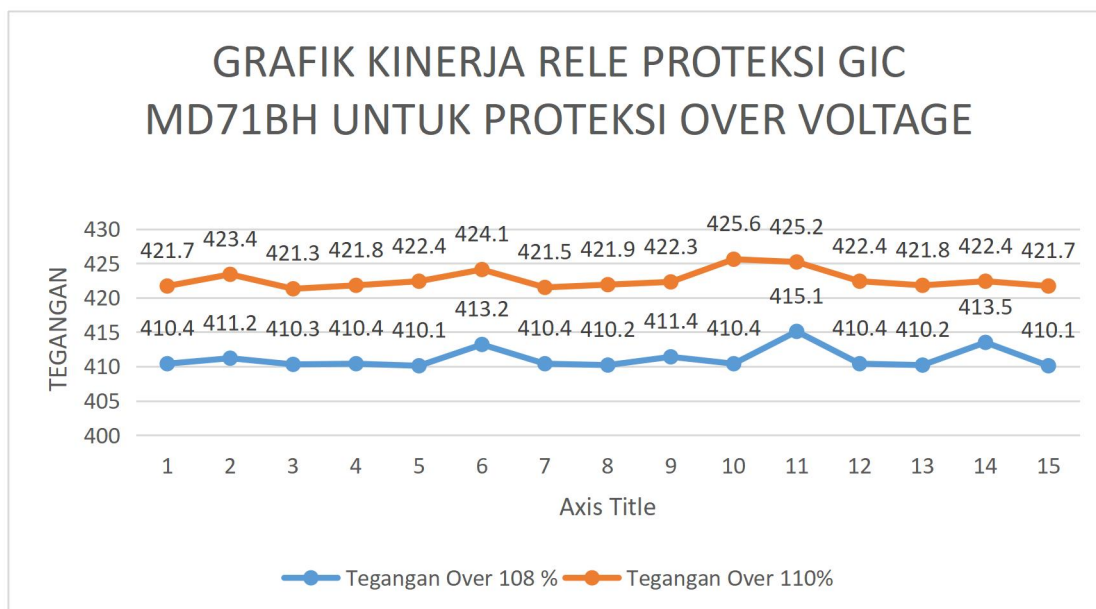
Pengolahan data ini dibuat untuk melihat kinerja rele proteksi GIC MD71BH ketika mendapatkan gangguan *Under Voltage* dan *Over Voltage* pengolahan data ini berupa grafik hasil dari pengambilan data pada halaman sebelumnya di tabel 1 dan tabel 2.



Gambar 1. Grafik Hasil Pengambilan Data Proteksi Under Voltage

Pada gambar 1, dapat dilihat bahwa kinerja dari rele proteksi GIC MD71BH ketika diberikan input tegangan 90% dan 95% dari nominal tegangan yaitu 380 *Volt*, maka rele akan bekerja untuk memutuskan arus ke beban dengan cara memberikan signal input ke PLC. Nilai tegangan yang di dapat berbeda dikarenakan perbedaan setingan delay time pada *relay* proteksi, dan karena faktor ketelitian dalam pengamatan pengambilan data.

Pengujian Rele Proteksi Tegangan Lebih (*Over Voltage*)



Gambar 2. Grafik Hasil Pengambilan Data Proteksi Over Voltage

Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa kinerja dari rele proteksi GIC MD71BH ketika diberikan input tegangan 108% dan 110% dari nominal tegangan yaitu 380 Volt, maka rele akan bekerja untuk memutuskan arus ke beban dengan cara memberikan signal input ke PLC. Nilai tegangan yang di dapat berbeda dikarenakan perbedaan setingan delay time pada *relay* proteksi, dan karena faktor ketelitian dalam pengamatan pengambilan data.

H. Hasil Analisa

Setelah dilakukan pengolahan data dari hasil percobaan rele proteksi tegangan rendah dan rele proteksi tegangan lebih didapatkan hasil rata-rata pelepasan beban tegangan rendah di setingan 90 % adalah 342.9 Volt dan untuk disetingan 95% adalah 362.5 dengan rata-rata waktu pelepasan beban di 2.5 detik. Dan untuk pelepasan beban tegangan lebih di setingan 108% adalah 411.1 Volt dan untuk disetingan 100% adalah 422.6 Volt dengan rata-rata waktu pelepasan beban di 2.8 detik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa sistem *relay* proteksi *phase failure* yang telah dirancang dan diuji menunjukkan kinerja yang baik dalam mendeteksi gangguan tegangan pada sumber utama PLN. *Relay* proteksi ini berfungsi sebagai kontrol pengaman terhadap gangguan tegangan dan memberikan sinyal input ke PLC untuk memutus suplai tegangan dari PLN guna melindungi peralatan listrik. Pengujian terhadap rele proteksi untuk tegangan rendah dan tegangan lebih menghasilkan data yang konsisten. Pada pengujian tegangan rendah, nilai rata-rata pelepasan beban pada setelan 90% adalah 342,9 Volt, sedangkan pada setelan 95% adalah 362,5 Volt, dengan rata-rata waktu pelepasan beban sebesar 2,5 detik. Sementara itu, pada pengujian tegangan lebih, nilai rata-rata pelepasan beban pada setelan 108% adalah 411,1 Volt, sedangkan pada setelan 100% adalah 422,6 Volt, dengan rata-rata waktu pelepasan beban sebesar 2,8 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa *relay* proteksi bekerja sesuai dengan spesifikasi yang dirancang dan mampu memberikan perlindungan yang efektif terhadap gangguan tegangan.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar penelitian berikutnya melibatkan penambahan variasi beban untuk mengamati penurunan tegangan (*Voltage drop*) yang terjadi. Selain itu, diperlukan juga pengujian dengan variasi beban untuk mempelajari pengaruhnya terhadap tegangan lebih. Dengan penambahan variabel ini, diharapkan penelitian dapat memberikan wawasan yang lebih komprehensif dan meningkatkan keandalan sistem proteksi yang dirancang.

DAFTAR REFERENSI

- Albert Grifson, M. R. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) on Grid di Ecopark Ancol. Tesla vol 22 no 1.
- Angeline Evelyn Tjundawan, A. J. (2013). Sumber Energi Listrik dengan Sistem Hybrid (Solar Panel dan Jaringan Listrik PLN).
- Arif Gunawan, M. S. (2024). Rancang Bangun Sistem Proteksi dan *Monitoring* Overcurrent dan *Over/Under Voltage* Terhadap Motor 3 Fasa Berbasis Arduino. Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM) Vol. 4, No. 1, 30-39.
- Billy Mahdianto Arsyad, A. S. (2019). Perancangan Sistem Kontrol *Over/Under Voltage Relay* Berbasis Mikrokontroler pada Salur Tegangan 220 VAC. Transient J. Ilm. Tek. Elektro, Vol. 8, No. 1, 85-92.
- Denny Zul Aji Soebrata, T. W. (2020). Analisa *Under Voltage* Load Shedding Pada Saat Terjadi Gangguan Beban Lebih Pada Jaringan Distribusi 20 kv PT.PLN UPJ GEDANGAN Menggunakan pso Algorithm. Jurnal Teknik Elektro, Vol. 09, No. 02, 409-414.
- Diky Pranondo, A. R. (2021). SISTEM PERAWATAN DAN PEMELIHARAAN GENERATOR SET 501-B DI PT TITIS SAMPURNA LPG PLANT LIMAU TIMUR PRABUMILIH. Jurnal Teknik Patra Akademia, Volume 12 No.2.
- Harahap, P. (2019). IMPLEMENTASI KARAKTERISTIK ARUS DAN TEGANGAN PLTS. SEMNASTEK UISU.
- I Made Agus Mahardiananta, P. A. (2020). Perhitungan Drop Tegangan Sistem Distribusi Menggunakan Metode Aliran Daya. Jurnal Resistor Vol. 3, No. 1.
- Kukuh Widarsono, M. J. (2019). *Relay* Protection of *Over Voltage*, *Under Voltage* and *Unbalance Voltage* Magnitude Based on Visual Basic Using Arduino Mega. Seminar MASTER.
- Kurniawan. (2011, Oktober Rabu). TEKNIK TEKNIK DASAR DASAR PLC, BOILER, COOLING TOWER, GENSET, MESIN MESIN LISTRIK. Input dan Output PLC.
- Lembang, N. (2021). Sistem Proteksi Tegangan 220 *Volt* Menggunakan *Relay* KLARSERN KS7311 220V. Jurnal ISAINTEK, Volume 4 (1) : 32-37.
- Miftah Farhan, R. H. (2021). Pengaruh Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi Generator unit 2 PLTMH CURUG. Jurnal Simetrik Vol.11, No.1.
- Nur Indrihastuti, A. P. (2021). Perancangan Kendali 2 Kontaktor Bekerja Berurutan Secara Otomatis Berbasis PLC CPM1A 40CDR_A. JURNAL CAHAYA BAGASKARA, Vol. 6 No. 2.
- PUIL. (2000). Persyaratan Umum Instalasi Listrik. Standar Nasional Indonesia DirJen Ketenagalistrikan, 562.
- R. Ahmad Yani, S. H. (2023). PEMILIHAN ELCB DAN MCB SEBAGAI PROTEKSI INSTALASI LISTRIK RUANG LABORATORIUM MESIN LISTRIK SMK NEGERI 1 OKU SELATAN. Jurnal Teknik Elektro, Vol. 13 No. 2.

-
- S. Saodah, A. D. (2019). Rancang Bangun Modul Sistem Proteksi Tegangan Rendah. J. Tek. ENERGI, Vol.9, No.1, 9-19.
- Samsurizal, K. T. (2021). Pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Jakarta: INSTITUT TEKNOLOGI PLN.
- Syamsyarief Baqaruzi, A. M. (2020). Analisis Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Akibat Pengaruh Penggunaan Distributed Generation Pada Sistem Distribusi Primer 20 KV. E-JOINT (Electronica and Electrical Journal of Innovation Technology), Vol.1, No.1, 20-26.