

Simulasi Pelepasan Beban Dengan Sistem *Over Load Shedding* Sebagai Proteksi Saluran Transmisi Tenaga Listrik Berbasis *Arduino Mega 2560*

Bambang Winardi¹⁾, Agung Nugroho²⁾, Tejo Sukmadi³⁾, Ajub Ajulian Zahra⁴⁾

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

¹Email : bbwinar@gmail.com

Abstrak. Terputusnya salah satu sirkit pada sistem jaringan transmisi *double* sirkit dapat menyebabkan sistem terjadi kelebihan beban. Dimana kelebihan beban pada sistem jaringan transmisi ini dapat menyebabkan dampak yang cukup berbahaya. Sistem *Over Load Shedding* merupakan proteksi dari sistem jaringan transmisi tenaga listrik yang bertujuan untuk mencegah terjadinya pemadaman yang meluas dengan cara melepas beban tertentu yang sudah ditetapkan.

Dengan menggunakan *Arduino Mega 2560* sebagai pusat pengendali, pengamanan terhadap ketidak normalan beban dapat dilakukan dan dapat dipantau secara otomatis dengan memanfaatkan *Scada*, selain itu *taping* PMT untuk menyeimbangan beban dapat juga dilakukan dengan memanfaatkan *Scada*. *Arduino Mega 2560* akan membaca arus pada setiap kawat fasa menggunakan sensor arus ACS712 untuk mendeteksi beban salah satu sirkit yang diwaspadai apakah mengalami kelebihan beban atau tidak. Alat simulator ini telah dilakukan beberapa pengukuran dan pengujian cara pengoperasiannya. Alat ini memiliki tingkat keakuratan kerja yang cukup tinggi, yaitu mencapai 85% keberhasilan dalam pengoperasiannya. Sehingga diharapkan alat ini dapat memberikan pengetahuan kepada masyarakat luas tentang sistem *over load shedding* dalam menjaga sistem transmisi tenaga listrik dengan baik dan mudah dimengerti.

Kata Kunci : ACS712, *Arduino Mega 2560*, Beban Lebih, SCADA, Pelepasan Beban

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pada penyaluran tenaga listrik sangat erat kaitannya dengan peran dari komponen konduktor. Konduktor pada sisi transmisi harus sangat diperhatikan dan mendapat perhatian lebih. Hal ini mengingat bahwa konduktor pada transmisi menanggung tegangan dan arus yang besar dalam penyalurannya. Sehingga konduktor tersebut haruslah dalam kondisi sesuai dengan kriteria-kriteria hantar konduktor, salah satunya yang diperhatikan adalah besar arus yang ditanggung oleh konduktor.[1]

Pada sistem tenaga listrik di PT. PLN (persero), apabila pengukuran nilai arus mengalami *over load* (beban lebih) yang ditanggung oleh penghantar, maka pada sistem yang sebenarnya akan melakukan proses *Over Load Shedding* (OLS). *Over Load shedding* adalah proses pelepasan beban terpilih secara sengaja dari sistem listrik dalam menanggapi kondisi abnormal dalam rangka mempertahankan integritas sisa sistem. *Over Load Shedding* ini bertujuan untuk menjaga kemampuan *transformator* dan saluran transmisi untuk memikul beban sesuai dengan kapasitas dari masing-masing komponen. OLS difungsikan sebagai *load shedding* dengan cara melepas beban apabila terjadi kenaikan arus beban dengan cara tiba-tiba yang disebabkan oleh pengalihan beban akibat trip-nya penghantar/IBT.[2,3,4]

Melihat itu, permasalahannya menunjukkan bahwa sistem jaringan transmisi tenaga listrik sangat perlu adanya sistem pengamanannya yaitu pengaman gangguan beban lebih. Dengan berkembangnya teknologi mikrokontroler, sistem pemantauan, pendeteksi, dan pengamanan secara *preventif* sistem transmisi tenaga listrik dengan cara melepas beban dari Gardu Induk lain yang dapat dilakukan menggunakan *Arduino Mega 2560*. [5]

1.2. Tinjauan Pustaka

- *Over Load Shedding* [6]

Pada kondisi tertentu, untuk keperluan pengoperasian sistem, maka relai bay penghantar juga dapat dilengkapi dengan *Voltage Relay* dan *Over Load Shedding* (OLS). OLS adalah relai arus lebih yang difungsikan sebagai *load shedding* dengan cara melepas beban apabila terjadi kenaikan arus beban secara tiba-tiba yang disebabkan oleh pengalihan beban akibat trip-nya

suatu penghantar/IBT. OLS dipasang pada saluran transmisi 150 kV dan 70 kV atau transformator yang tidak memenuhi kriteria $N - 1$, yaitu di mana suatu jaringan ganda apabila terjadi gangguan temporer ataupun permanen pada salah satu sirkit maka satu sirkit yang lain tidak mampu untuk menahan beban untuk kedua sirkit tersebut.

- Setting OLS

Nilai seting beban ditentukan dari nominal terkecil dari bay peralatan yang tidak memenuhi $N - 1$ [3]:

$$\text{Set I} : 1.1 \times I_n \dots\dots\dots (1)$$

Dimana,

I_n : Arus nominal peralatan terkecil (Amp)

Set t : Kemampuan thermal peralatan

- Arduino Mega 2560

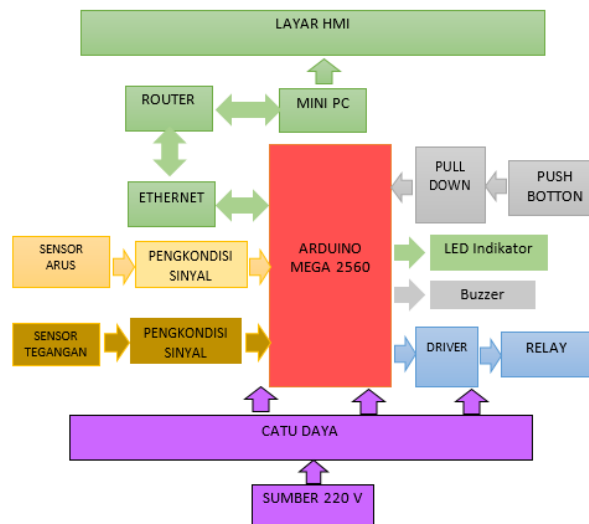
Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis *Atmega 2560* yang memiliki 54 pin digital *input/output*, dimana 15 pin diantaranya digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input* analog, 4 pin sebagai UART (port *serial hardware*), sebuah osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack* power, header ISCP, dan tombol *reset*.



Gambar 1. Konfigurasi Arduino Mega 2560

1.3. Perancangan Alat

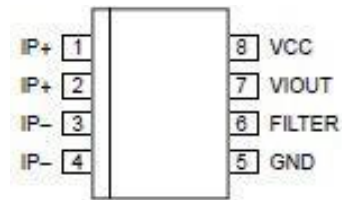
Blok Diagram Sistem



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Sensor Arus ACS712

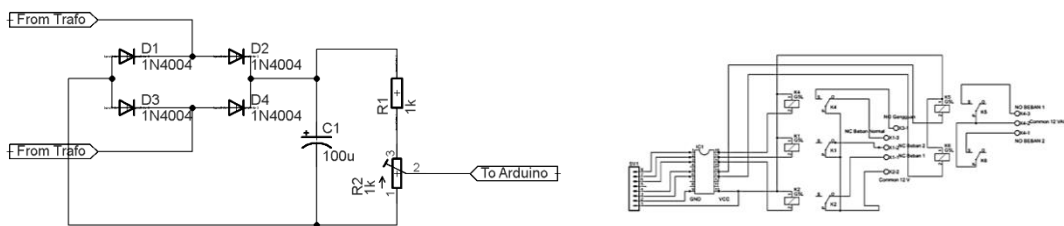
ACS712 merupakan seri sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan (*Hall Effect*). Besar medan magnet yang muncul akan dideteksi lalu diproses menjadi tegangan, tegangan yang dihasilkan sensor adalah tegangan DC dan langsung diinputkan ke Arduino Mega 2560.



Gambar 3. Konfigurasi ACS712

Rangkaian Pembagi Tegangan dan Rangkaian *Driver Relay*

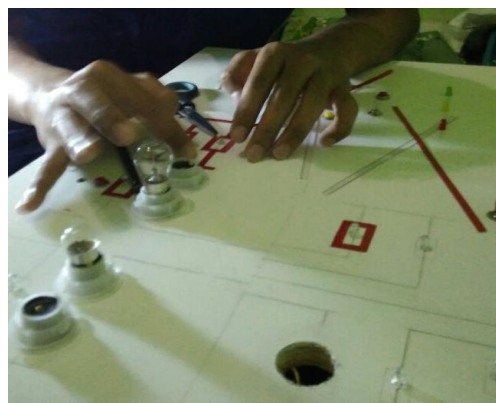
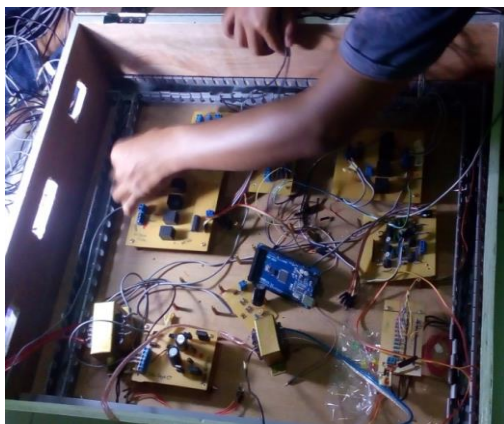
Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membagi tegangan atau mengkonversi dari resistensi menjadi sebuah tegangan. Dan Pada rangkaian *driver relay* ini menggunakan IC ULN2803, untuk cara kerjanya yaitu memberi sinyal HIGH (1) atau LOW (0) pada output pin digital di arduino disambungkan ke IC ULN2803 yang merupakan beberapa transistor yang disusun kedalam sebuah IC dan terdiri dari 8 buah transistor NPN yang disusun Darlington



Gambar 4 Rangkaian Pembagi Tegangan dan Rangkaian *Driver Relay*

Perakitan Alat

Merangkai (*wiring*) semua rangkaian hardware yang di perlukan sehingga dihasilkan hasil rancangan seperti pada gambar dibawah ini.



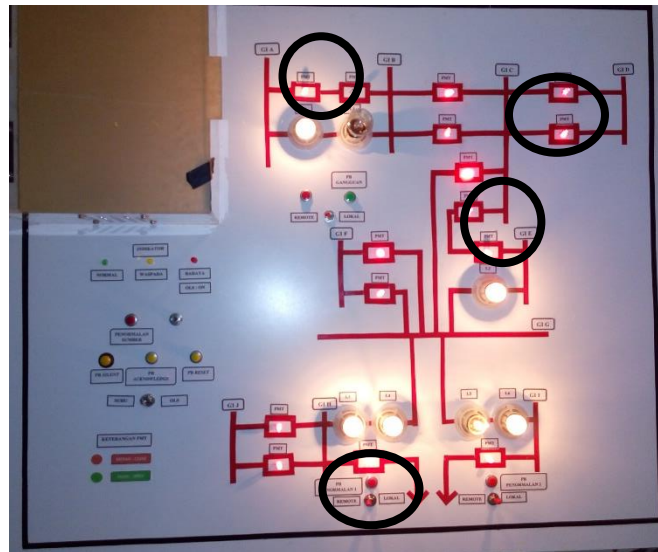
Gambar 5. Tampilan luar pada *box* dan tampilan luar *box*.

2. Pembahasan dan Pengujian Alat

Tujuan dari pengujian alat secara keseluruhan adalah untuk mengetahui apakah kinerja alat simulator Monitoring dan Metering Jaringan Transmisi 150 kV Beserta Simulasi Pelepasan Beban dengan Sistem *Over Load Shedding* sebagai Proteksi Saluran Transmisi Tenaga Listrik sudah dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

2.1. Gangguan Beban Lebih

Pada kondisi ini meliputi pemasangan beban normal/ lampu 10watt L1, L2, L3, L4, L5, dan L6on, sedangkan L7 off. Pada saat sirkit-1 terjadi gangguan berupa *trip*, maka secara otomatis beban sirkit-1 ditopang oleh sirkit-2. Maka saat terjadi gangguan lampu L1 off, sebaliknya L7 on. Sehingga lampu yang hidup saat gangguan adalah lampu L2, L3, L4, L5, L6, dan L7.



Gambar 6. Titik- titik Pengujian Alat

Pengujian alat ini dilakukan sebanyak 20 kali. Tabel 1 dibawah ini merupakan hasil dari pengujian

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

No.	Jenis Pengujian	Hasil Yang Diinginkan	Hasil Percobaan	Keterangan
1.	Keadaan Normal	Relai A1, A2, A3 NC, dan relay A4,A5 NO	Relai A1, A2, A3 on, dan relay A4,A5 off	Relay Bekerja
2.	Keadaan Normal	Relai A1, A2, A3 NC, dan relay A4,A5 NO	Relai A1, A2, A3 on, dan relay A4,A5 off	Relay Bekerja
3.	Keadaan Normal	Relai A1, A2, A3 NC, dan relay A4,A5 NO	Relai A1, A2, A3 on, dan relay A4,A5 off	Relay Bekerja
4.	Keadaan Normal	Relai A1, A2, A3 NC, dan relay A4,A5 NO	Relai A1, A2, A3 on, dan relay A4,A5 off	Relay Bekerja
5.	PB Gangguan ditekan	Relai A1 berubah menjadi NO	Relai A1 dalam keadaan NO	Relay Bekerja
6.	PB Gangguan ditekan	Relai A1 berubah menjadi NO	Relai A1 dalam keadaan NO	Relay Bekerja
7.	PB Gangguan ditekan	Relai A1 berubah menjadi NO	Relai A1 dalam keadaan NO	Relay Bekerja
8.	PB Gangguan ditekan	Relai A1 berubah menjadi NO	Relai A1 dalam keadaan NO	Relay Bekerja

No.	Jenis Pengujian	Hasil Yang Diinginkan	Hasil Percobaan	Keterangan
9.	Setelah Delay 500 ms	Relai A2NO, relai A3 NO	Relai A2NO, relai A3 NO	Relay Bekerja
10.	Setelah Delay 500 ms	Relai A2NO, relai A3 NO	Relai A2NO, relai A3 NO	Relay Bekerja
11.	Setelah Delay 500 ms	Relai A2NO, relai A3 NO	Relai A2NO, relai A3 NO	Relay Bekerja
12.	Setelah Delay 500 ms	Relai A2NO, relai A3 NO	Relai A2NO, relai A3 NO	Relay Bekerja
13.	PB Penormlan GI H ditekan	Relai A4NC	Relai A4NC	Relay Tidak Bekerja
14.	PB Penormlan GI H ditekan	Relai A4NC	Relai A4NC	Relay Tidak Bekerja
15.	PB Penormlan GI H ditekan	Relai A4NC	Relai A4NC	Relay Tidak Bekerja
16.	PB Penormlan GI H ditekan	Relai A4NC	Relai A4NC	Relay Bekerja
17.	PB Penormlan GI I ditekan	Relai A5NC	Relai A5NC	Relay Bekerja
18.	PB Penormlan GI I ditekan	Relai A5NC	Relai A5NC	Relay Bekerja
19.	PB Penormlan GI I ditekan	Relai A5NC	Relai A5NC	Relay Bekerja
20.	PB Penormlan GI I ditekan	Relai A5NC	Relai A5NC	Relay Bekerja

Dari data pengujian diatas dapat dihitung tingkat keakuratan kerja relay saat gangguan dekat relai B2 sebagai berikut:

$$\text{Tingkat Keakuratan Kerja} = \frac{\text{jumlah keberhasilan}}{\text{jumlah pengujian}} \times 100\% = \frac{17}{20} \times 100\% = 85\%$$

2.2. Pengujian Waktu Trip

Pada alat ini penyusun menetapkan nilai dari Iset adalah 2,2 Ampere. Dan waktu trip selama 500 ms. Dimana sesuai dengan cara kerja OLS, penyusun menggunakan waktu *trip* dengan metode *definite*

Tabel 2. Pengukuran Waktu *Trip*

Percobaan Ke	Arus Terbaca (A)	Waktu <i>trip</i> (ms)
1.	2,3	500
1.	2,4	500
2.	2,5	500
3.	2,6	500
4.	2,7	500
5.	2,8	500

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa waktu dalam alat ini sudah memenuhi syarat *definite*. Dimana saat arus sudah melebihi batas Iset, berapapun nilai kelebihan arusnya, waktu yang bekerja selalu sesuai dengan waktu *trip setting*-nya, yaitu 500 ms.

3. Kesimpulan

Hasil pengujian dari percobaan alat simulasi *Over Load Shedding* ini memiliki keakuratan kerja membuka dan menutup relay mencapai angka 85% dengan keakuratan waktu *trip* sebesar 500 ms. Ketika terjadi gangguan baik gangguan temporer maupun gangguan permanen yang berada di sirkit-1 GI A bay GI B, alat ini sudah bisa mensimulasikan perpindahan beban dari sirkit-1 menuju sirkit-2. Sehingga beban pada sirkit-2 bertambah. Simulasi SCADA pada alat ini juga sudah dapat digunakan, seperti penerapan SCADA untuk menutup kembali PMT GI beban yang terputus untuk selanjutnya disambung ke GI yang lain.

Daftar Pustaka

- [1]. Gunawan, Deni Rahmat. 2014. Strategi *Over Load Shedding (OLS)* Dalam Meminimalkan Pemadaman Penyaluran Tenaga Listrik di Wilayah Sub Sistem Cibatuh Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Mekarsari. Laporan Tugas Akhir Tidak Terpublikasi . Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- [2]. Anonimus, 2014. Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi dan Kontrol Penghantar. Jakarta Selatan : PT. PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan
- [3]. Anonimus, 2013. Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali, Edisi: Pertama. Jakarta: PT. PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan
- [4]. Yuwono, Teguh. 2003. Transformator. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [5]. Ghani, Reza Muhammad. 2016. Alat Pendeteksi Terputusnya Aliran Listrik Pada Jaringan Tegangan Menengah Satu Fasa Menggunakan Arduino Mega 2560 Dengan Memanfaatkan Aplikasi Web. Laporan Tugas Akhir Tidak Terpublikasi . Semarang: Universitas Diponegoro
- [6]. Tambunan, Rio Parohon, 2014. Penerapan Relay OLS Pada Trafo TD3 # 30 MVA GI Sukamerindu Bengkulu Dengan Sensing Arus Primer 70 kV Untuk Mentrupkan Penyulang 20 kV. Makalah Seminar Kerja Praktek Tidak Terpublikasi. Semarang: Universitas Diponegoro.