

Simulator Otomasi Sistem Proteksi pada Penyulang 20 kV

Hasbi Nur Ashshiddiq¹, Dista Yoel Tadeus², Fakhruddin Mangkusamito³

^{1) 2) 3)} Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang

Email: ¹⁾ hasbinur@gmail.com, ²⁾ distayoel@gmail.com, ³⁾ fakhm17@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan energi, terutama listrik di Indonesia, merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari masyarakat, sehingga listrik sangat dibutuhkan baik dari segi kualitas (kualitas dan keandalan) maupun kuantitas (kontinuitas distribusi). Diperlukan sistem proteksi untuk mempertahankan distribusi energi listrik sebanyak mungkin. Selain sistem proteksi, pengurangan area pemadaman karena gangguan dan pemeliharaan pada jaringan atau pada outgoing cubicle dapat dilakukan dengan manuver jaringan. Melakukan manuver jaringan dapat mengubah konfigurasi pada jaringan itu sendiri. Ini menyebabkan peralatan proteksi tidak berfungsi dengan baik sehingga keandalan jaringan setelah melakukan manuver akan berkurang. Penelitian ini mensimulasikan otomatisasi penggantian nilai pengaturan relai awal pada outgoing PMT dengan nilai cadangan ketika salah satu pengumpan harus dipadamkan karena akan dipertahankan. Pengujian menunjukkan ketika sensor membaca jumlah arus di setiap PMT melebihi nilai pengaturan awal, kontroler akan memerintahkan relai PMT untuk trip. Pada saat yang sama, jika LBS NO 1 atau LBS NO 2 ditutup, nilai pengaturan relai perlindungan awal pada PMT A akan secara otomatis diganti dengan nilai cadangannya, sehingga peningkatan arus beban tidak menyebabkan PMT A trip. Hal ini menunjukkan keberhasilan simulasi otomatisasi proteksi.

Kata Kunci : sistem proteksi, manuver jaringan, otomatisasi, protection relay setting

ABSTRACT

Energy needs, especially electricity in Indonesia, are an inseparable part of people's daily lives, so electricity is needed both in terms of quality (quality and reliability) and quantity (continuity of distribution). A protection system is needed to maintain the distribution of electrical energy as much as possible. In addition to the protection system, the reduction of the blackout area due to disturbances and maintenance on the network or on the outgoing cubicle can be done by maneuvering the network. Performing network maneuvers can change the configuration of the network itself. This causes the protection equipment to not function properly so that the reliability of the network after the maneuver will be reduced. This study simulates the automatic replacement of the initial relay setting value on the outgoing PMT with a backup value when one of the feeders must be turned off because it will be maintained. The test shows that when the sensor reads the amount of current in each PMT exceeds the initial setting value, the controller will instruct the PMT relay to trip. At the same time, if LBS NO 1 or LBS NO 2 is closed, the initial protection relay setting value on PMT A will be automatically replaced with its reserve value, so that the increase in load current does not cause PMT A to trip. This shows the success of the protection automation simulation.

Keywords: protection system, network maneuvering, automation, protection relay setting

1 PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi, khususnya energi listrik di Indonesia merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan masyarakat sehari-hari karena listrik merupakan kebutuhan primer yang tidak dapat digantikan. Oleh sebab itu, diperlukan ketersediaan listrik yang baik dalam segi kualitas (mutu dan keandalan) maupun kuantitas (kontinuitas penyaluran). Untuk meningkatkan pelayanan energi listrik kepada pelanggan baik secara kualitas maupun kuantitas, maka diperlukan adanya sistem proteksi guna menjaga penyaluran energi listrik semaksimal mungkin. Sistem proteksi tenaga listrik merupakan

sistem proteksi yang dipasang pada peralatan – peralatan listrik pada suatu sistem tenaga listrik seperti generator, transformator, jaringan, dan lain lain, terhadap suatu kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri. Pada umumnya, sistem proteksi tersebut terdiri dari beberapa peralatan yang memang difungsikan untuk mengidentifikasi kondisi sistem tenaga listrik secara real-time dan bekerja berdasarkan data yang diperoleh seperti arus, tegangan, sudut fasa, dan lain lain. Mengingat pentingnya sistem proteksi pada sistem tenaga listrik sebagai penunjang kontinuitas penyaluran serta meminimalisir daerah padam, maka adanya sistem

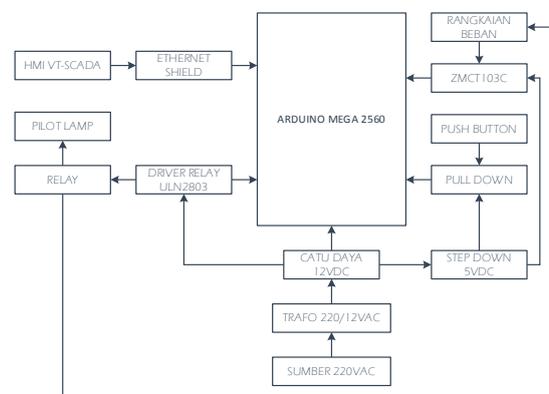
proteksi pada penyulang 20 kV dinilai sangat diperlukan. Selain digunakan untuk meminimalisir gangguan, sistem proteksi tersebut juga dapat digunakan untuk melindungi peralatan listrik dan wilayah penting. Dalam hal tersebut maka digunakanlah beberapa seperangkat peralatan proteksi pada penyulang 20 kV seperti rele proteksi dan PMT, serta beberapa peralatan switching pada jaringan seperti LBS (Load Break Switch), Recloser, dan ABSW (Air Break Switch). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meminimalisir wilayah padam akibat gangguan maupun pekerjaan pemeliharaan pada jaringan maupun pada bagian kubikel outgoing yaitu dengan melakukan manuver jaringan. Namun, permasalahan baru muncul akibat adanya manuver seperti konfigurasi dan panjang jaringan menjadi berbeda dari sebelumnya. Panjang jaringan tersebut akan berpengaruh atau berkaitan dengan nilai nilai arus gangguan yang muncul. Hal ini mengakibatkan peralatan proteksi tidak bekerja semestinya sehingga mengakibatkan berkurangnya keandalan dari jaringan setelah dilakukannya manuver. Oleh karena itu, dibutuhkan pembaruan data setting rele proteksi sebelumnya sesuai dengan data cadangan yang telah tersedia setelah dilakukannya manuver. Pada saat ini, pelaksanaan pembaruan data setting rele proteksi masih tergolong manual yaitu dengan menginput data cadangan pada setiap rele setelah dispatcher melakukan manuver. Untuk mempersingkat waktu dalam pelimpahan beban tersebut maka perlu dibuat sebuah otomasi sistem proteksi agar jika telah dilakukan manuver jaringan, peralatan proteksi dapat bekerja semestinya sesuai konfigurasi jaringan terbaru. Salah satu cara otomasi sistem proteksi yaitu menggunakan sebuah mikrokontroler Arduino Mega 2560 [1]–[3].

2 METODOLOGI

Sistem proteksi distribusi 20 kV atau tegangan menengah adalah sistem pengamanan pada peralatan yang terpasang pada sistem tegangan menengah atau peralatan lainnya dari kondisi tidak normal (gangguan). Peralatan peralatan proteksi yang dihubungkan satu sama lain dan di koordinasikan atau di hubungkan maka akan terbentuklah sebuah sistem proteksi [4]. Pada penelitian ini, penulis merepresentasikan beberapa peralatan switching yang ada pada jaringan tegangan menengah 20 kV seperti PMT, LBS, dan ABSW dengan beberapa relay dan switch serta pushbutton untuk pengoperasian open atau close. PMT merupakan sebuah saklar otomatis yang bekerja memutus arus gangguan berdasarkan koordinasi dari relay pengaman. Relay proteksi tersebut akan mengirim sinyal kepada PMT sesuai pembacaan dan nilai setting berdasarkan besar

arus gangguan. Pengaturan berdasarkan data dan waktu kerja turut diperhitungkan agar seluruh peralatan atau perangkat proteksi dapat berkoordinasi dengan baik. Load Break Switch (LBS) merupakan peralatan hubung yang berfungsi sebagai pemisah atau pemutus tenaga dengan nominal beban normal dan dilengkapi gas SF6 sebagai pemadam busur api. Sedangkan ABSW digunakan pada jaringan sebagai pengamanan pada sisi hilir pada saat terjadi gangguan, maupun untuk menyambungkan antar feeder.

Agar dapat mempermudah pemahaman mengenai alat simulator pada penelitian ini, maka dirancanglah sebuah blok diagram alat simulasi yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram alat simulasi

Berdasarkan blok diagram di atas, dapat dijabarkan sebagai berikut :

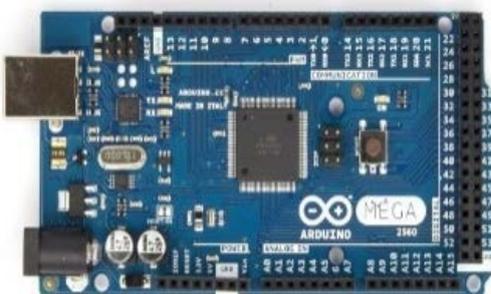
Sumber 220 VAC digunakan sebagai sumber daya yang kemudian akan diturunkan menggunakan transformator step down menjadi 12 VAC. Keluaran dari transformator tersebut kemudian digunakan sebagai suplai catu daya 12 VDC. Catu daya 12 VDC berguna untuk memberikan suplai kepada papan Arduino Mega 2560 dan juga pada driver relay ULN2803. Melalui rangkaian step down 5VDC, keluaran dari catu daya diturunkan menjadi 5 VDC yang akan digunakan sebagai suplai rangkaian pull down dan sensor arus ZMCT103C. Arduino Mega 2560 digunakan sebagai mikrokontroler atau perangkat pengolahan data dan perintah yang telah diprogram. Push button digunakan untuk membuka atau menutup relay secara manual melalui rangkaian pull down. Driver ULN2803 digunakan sebagai interface antara mikrokontroler yang menerima sinyal rangkaian pull down untuk menggerakkan relay. Relay digunakan sebagai simulator peralatan switching seperti LBS dan juga PMT dengan salah satu pole dihubungkan dengan rangkaian beban dan pole yang lain pada pilot lamp. Sensor arus ZMCT103C digunakan untuk mendeteksi besaran

arus pada rangkaian beban yang diaktifkan oleh relay dan mengirimkannya ke Arduino Mega 2560. Pilot Lamp sebagai indikator yang digunakan untuk mengetahui bahwa relay atau peralatan switching dalam keadaan NO (Normally Open) atau NC (Normally Close).

Komponen dan peralatan yang terdapat pada alat simulasi ini digunakan untuk mewakili peralatan sistem pada Jaringan 20 kV yang sebenarnya. Sumber DC pada Gardu Induk sebagai suplai relay PMT outgoing digantikan oleh catu daya. Peralatan switching di lapangan berupa PMT dan LBS digantikan oleh relay. Sedangkan ABSW menggunakan saklar on – off konvensional tanpa harus terprogram melalui mikrokontroller. Kontrol peralatan switching secara local digantikan oleh push button yang terhubung dengan rangkaian pull down. Current Transformer digantikan oleh sensor ZMCT103C. Beban diasumsikan oleh lampu 12 VAC 5W . Arduino Mega 2560 digunakan sebagai pusat control peralatan. Sedangkan Human Machine Interface (HMI) pada alat simulasi ini menggunakan software VT-Scada yang terhubung menggunakan modul Ethernet Shield.

Arduino Mega 2560 adalah papan microcontroller yang berbasis Atmega 2560. Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin input/output digital (14 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 16 pin sebagai input analog, 4 pin sebagai

UARTs (port serial untuk hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Arduino Mega 2560 mempunyai fitur lengkap yang mampu mendukung microcontroller di dalamnya [5]. Mikrokontroller Arduino Mega 2560 yang dimaksud penulis ditunjukkan pada Gambar 2.

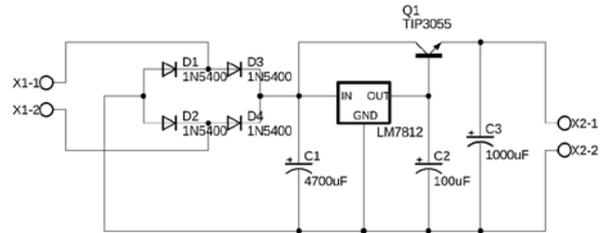


Gambar 2. Mikrokontroller arduino mega 2560

Berdasarkan diagram blok sebelumnya, berikut disajikan gambar rangkaian pada tiap bagiannya agar dapat lebih memahami secara rinci simulasi alat yang telah dibuat.

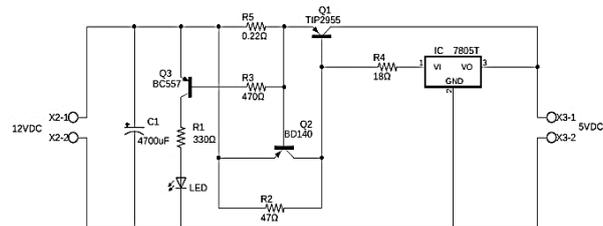
Penulis menggunakan satu buah catu daya dengan keluaran 12 VDC. Rangkaian catu daya yang

diterapkan pada alat simulasi tersebut menggunakan penyearah gelombang penuh sistem jembatan dengan dilengkapi 4 dioda. Penyearah gelombang penuh dengan sistem jembatan digunakan karena dianggap mampu memberikan hasil keluaran gelombang yang mendekati sumber DC murni. Rangkaian catu daya 12 VDC ditunjukkan pada Gambar 3.



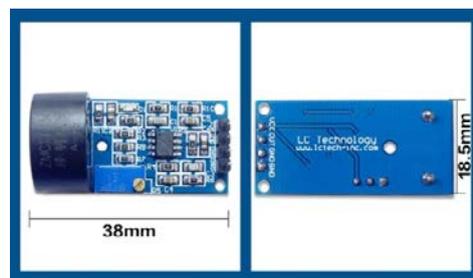
Gambar 3. Rangkaian catu daya

Sebuah rangkaian penurun tegangan sebagai suplai rangkaian pulldown yang dihubungkan pada push button dan untuk suplai sensor arus. Rangkaian ini berfungsi untuk menurunkan tegangan keluaran dari catu daya 12VDC menjadi 5 VDC. Rangkaian penurun tegangan yang dimaksud penulis ditunjukkan pada Gambar 4.



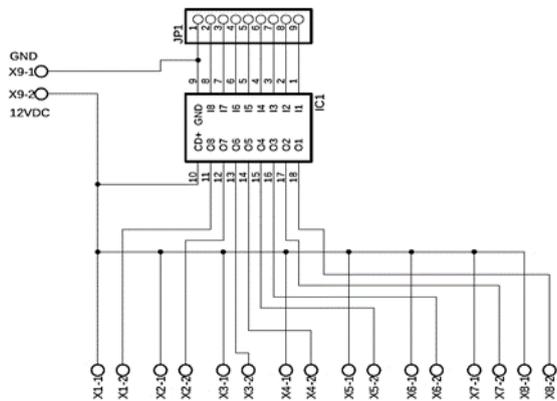
Gambar 4. Rangkaian step down 5 VDC

Dalam perancangan penelitian ini, sensor arus ZMCT103C seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, digunakan untuk mendeteksi besarnya arus yang mengalir pada masing masing penyulang. Sensor arus yang digunakan pada simulasi berjumlah 3 buah yang masing masing terletak pada tiap kubikel outgoing.



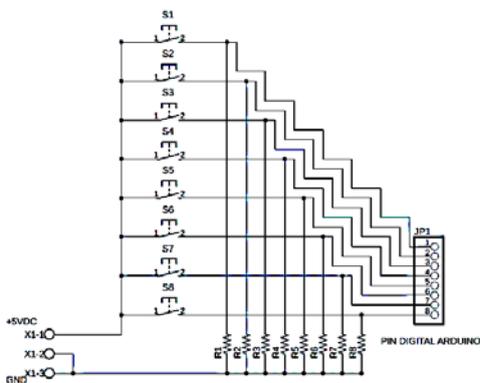
Gambar 5. Sensor arus ZMCT103C

Rangkaian Driver Relay pada penelitian ini menggunakan IC ULN2803 sebagai rangkaian output dari Arduino Mega 2560 yang dapat memicu tegangan koil pada relay. Driver Relay seperti pada Gambar 6 bekerja berdasarkan input sinyal dari Arduino dan memerintahkan relay untuk bekerja open atau close.

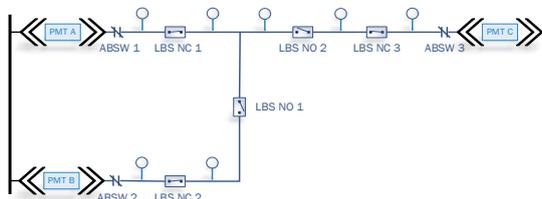


Gambar 6. Rangkaian driver relay

Pada bagian tombol simulasi, digunakanlah sebuah rangkaian pull down seperti pada Gambar 7 yang berfungsi untuk mengatasi kondisi floating pada pembacaan pin mikrokontroler Arduino.



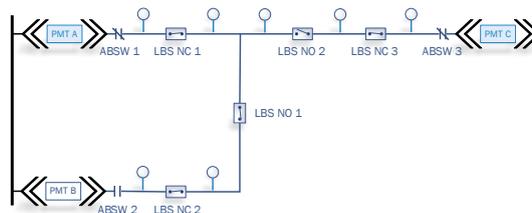
Gambar 7. Rangkaian pull down



Gambar 8. Single line diagram kondisi normal

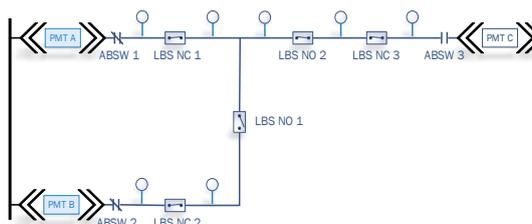
Cara kerja simulasi ini yaitu dimulai saat kondisi normal pada Gambar 8 dimana belum terjadi padam pada PMT B atau PMT C. Pada kondisi normal, semua PMT berada pada kondisi Normally

Close dan memiliki nilai setting relay proteksi awal masing masing, serta dengan kondisi perlatan switching seperti pada Gambar 8. Ketika pada suatu kondisi PMT B akan mengalami pemadaman karena pemeliharaan kubikel outgoing, maka dilakukanlah manuver join pada jaringan dengan cara menggabungkan suplai dari PMT A dan PMT B melalui LBS NO 1. Setelah dilakukan manuver join, PMT B kemudian dipadamkan dan ABSW 2 dibuka, sehingga terjadilah perubahan konfigurasi jaringan. Gambar 9 menunjukkan perubahan jaringan setelah PMT B padam.



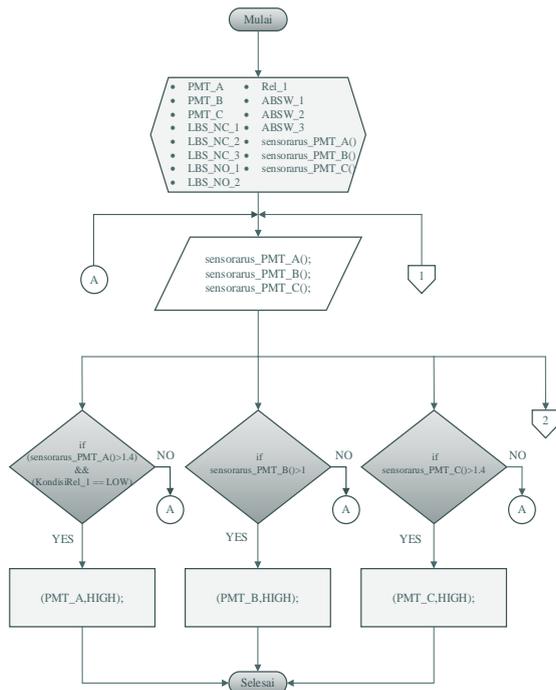
Gambar 9. Single line diagram kondisi PMT B off

Berdasarkan manuver jaringan yang terjadi, maka akan dapat diketahui bahwa salah satu dari LBS NO akan berubah menjadi close. Sehingga dibuatlah sebuah perintah yaitu jika peralatan switching berada pada kondisi tertentu maka data setting relay proteksi akan diperbarui secara otomatis menjadi data setting relay proteksi cadangan. Sama halnya seperti pada kondisi PMT B padam, Gambar 10 menunjukkan perubahan jaringan jika yang padam adalah PMT C.

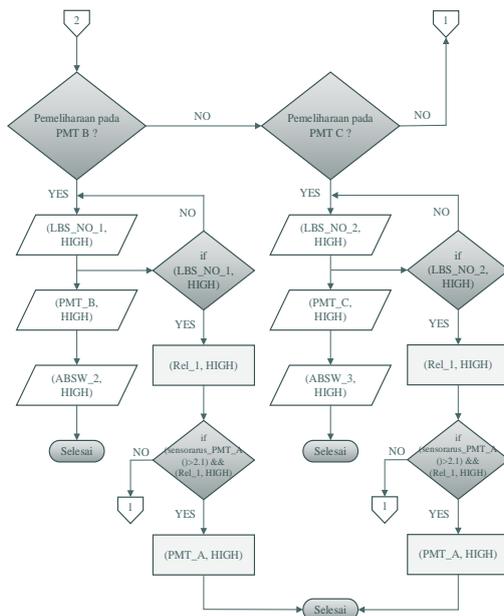


Gambar 10. Single line diagram kondisi PMT C off

Untuk memudahkan pemahaman mengenai cara kerja alat maka dibuatlah diagram alir sebagai berikut. Gambar 11 merupakan flowchart kerja dari alat simulasi dan Gambar 12 merupakan flowchart lanjutan.



Gambar 11. Gambar flowchart cara kerja



Gambar 12. Lanjutan flowchart cara kerja

Program diawali dengan pembacaan sensor arus dan ditampilkan pada HMI. Pada masing masing PMT memiliki nilai setting awal seperti yang ditunjukkan pada flowchart diatas. Pada saat yang bersamaan program akan turut membaca kondisi push button LBS NO. Apabila kondisi berubah menjadi close maka nilai setting akan secara otomatis diperbarui.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses perancangan dan pembuatan alat selesai, maka dilakukan pengamatan untuk mengetahui kinerja dari rangkaian dengan cara melakukan pengukuran dan percobaan. Langkah pertama dalam pengukuran dan percobaan alat adalah menyiapkan seluruh peralatan yang dibutuhkan untuk pengukuran dan percobaan.

Dilakukannya pengukuran dan pengujian alat kerja bertujuan untuk mendapatkan data-data spesifik yang nyata pada titik-titik pengukuran dari alat yang telah dibuat, sehingga diharapkan mampu mempermudah analisa sistem dan memperbaiki kerusakan yang mungkin bisa terjadi pada proses kerja alat.

• Pengujian Dalam Kondisi Normal

Tabel I merupakan hasil pengujian pada alat simulasi ketika dalam kondisi normal.

Tabel 1. Pengukuran arus dalam kondisi normal.

Nama Penyulang	Hasil Pengukuran Multimeter		Hasil Pengukuran HMI		Selisih (A)
	Arus (A)	Gambar	Arus (A)	Gambar	
A	0.934		1.09		0.156
B	0.607		0.65		0.043
C	0.926		0.109		0.164
Rata – rata selisih					0.121

• Pengujian Setelah Join Antara Penyulang A dan B

Tabel 2 merupakan hasil pengujian pada alat simulasi setelah penyulang A dan penyulang B.

Tabel 2. Pengukuran setelah join antara penyulang A dan B.

Nama Penyulang	Hasil Pengukuran Multimeter		Hasil Pengukuran HMI		Selisih (A)
	Arus (A)	Gambar	Arus (A)	Gambar	
A	0.958		1.13		0.172
B	0.586		0.63		0.044
C	0.934		0.109		0.164
Rata – rata selisih					0.126

• Pengujian Setelah Join Antara Penyulang A dan C

Tabel 3 merupakan hasil pengujian pada alat simulasi setelah penyulang A dan penyulang C.

C	0.009		0.09		0.081
Rata – rata selisih					0.046

Tabel 3. Pengukuran setelah *join* antara penyulang A DAN C

Nama Penyulang	Hasil Pengukuran Multimeter		Hasil Pengukuran HMI		Selisih (A)
	Arus (A)	Gambar	Arus (A)	Gambar	
A	0.948		1.10		0.152
B	0.639		0.64		0.001
C	0.900		1.06		0.16
Rata – rata selisih					0.104

- Pengujian Setelah PMT B Off

Tabel 4 merupakan hasil pengujian pada alat simulasi setelah PMT B *off*.

Tabel 4. PENGUKURAN DAN PERCOBAAN SETELAH PMT B OFF

Nama Penyulang	Hasil Pengukuran Multimeter		Hasil Pengukuran HMI		Selisih (A)
	Arus (A)	Gambar	Arus (A)	Gambar	
A	1.523		1.49		0.033
B	0.008		0.02		0.012
C	0.911		1.1		0.189
Rata – rata selisih					0.087

- Pengujian Setelah PMT C Off

Tabel 5 merupakan hasil pengujian pada alat simulasi setelah PMT C *off*.

Tabel 5. Pengukuran dan percobaan setelah PMT C OFF

Nama Penyulang	Hasil Pengukuran Multimeter		Hasil Pengukuran HMI		Selisih (A)
	Arus (A)	Gambar	Arus (A)	Gambar	
A	1.639		1.59		0.049
B	0.63		0.64		0.01

Pengujian diatas dilakukan dengan meletakkan sensor ZMCT103C pada masing masing PMT Outgoing yaitu PMT A, PMT B, PMT C. Dengan pengujian dalam beberapa kondisi, maka diperoleh hasil dengan pembacaan yang berbeda pada alat ukur multimeter maupun HMI. Pada kondisi normal terbaca nilai arus yang masih berada dibawah nilai setting awal dengan nilai rata rata selisih pembacaan antara alat ukur dan HMI sebesar 0,121 A Setelah join penyulang A dan penyulang B, nilai setting pada PMT A diperbarui dan nilai arus terbaca masih dibawah nilai setting dengan nilai rata rata selisih pembacaan antara alat ukur dan HMI sebesar 0,126 A. Setelah join penyulang A dan penyulang C, nilai setting pada PMT A diperbarui dan nilai arus terbaca masih dibawah nilai setting dengan nilai rata rata selisih pembacaan antara alat ukur dan HMI sebesar 0,104 A. Pada kondisi setelah PMT B off terbaca nilai arus masih dibawah nilai setting cadangan dengan nilai rata rata selisih pembacaan antara alat ukur dan HMI sebesar 0,087 A. Pada kondisi setelah PMT B off terbaca nilai arus masih dibawah nilai setting cadangan dengan nilai rata rata selisih pembacaan antara alat ukur dan HMI sebesar 0,046 A. Analisa penulis mengenai hasil pengujian pada alat simulasi yaitu pada kinerja alat dimana pada kondisi normal nilai setting awal belum bekerja untuk memutus masing masing PMT karena nilai pembacaan arus masih dibawah nilai setting awal yang ditetapkan. Kemudian pada saat setelah join LBS NO Pembacaan nilai arus masih dibawah nilai setting dimana nilai setting awal PMT A beralih ke nilai setting cadangannya secara otomatis. Pada saat PMT B atau PMT C off nilai arus beban yang terukur akan melonjak naik pada PMT A. Apabila nilai setting awal gagal diperbarui maka akan terjadi trip pada PMT A karena melebihi nilai setting. Namun dengan adanya pembaruan nilai setting PMT A secara otomatis, maka tidak akan terjadi trip.

4 KESIMPULAN

Alat simulator ini telah berhasil mensimulasikan otomatisasi penggantian nilai setting proteksi penyulang 20 kV. Relay telah memiliki nilai awal setting proteksi sebesar 1,4 A pada PMT A, 0,83 A pada PMT B, dan 1,4 A pada PMT C, serta mengalirkan tegangan sumber kepada masing masing beban pada saat kondisi jaringan normal. HMI menampilkan pembacaan arus pada masing - masing PMT, apabila arus melebihi nilai setting proteksi yang ada, maka sistem proteksi akan bekerja dan PMT akan Trip. Pada pengujian alat

simulasi didapat rata – rata selisih dari hasil pengukuran antara multimeter dan HMI sebesar 0,121 A pada kondisi normal, 0,126 A setelah join antara penyulang A dan B, 0,104 A setelah join antara penyulang A dan C, 0,087 A setelah PMT B off, 0,046 A setelah PMT C off. Penggunaan sistem HMI dapat mempermudah proses monitoring peralatan hubung atau swicthing yang ada, sehingga dapat mengetahui kondisi jaringan secara real time.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Elektronika Departemen Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Hidayah, S. Supriyatna, and A. B. Muljono, “ANALISIS MANUVER JARINGAN TERHADAP KEANDALAN KONTINUITAS PENYALURAN TENAGA LISTRIK PENYULANG DI AREA AMPENAN,” *DIELEKTRIKA*, vol. 1, no. 2, pp. 109–115, 2017.
- [2] A. Jamaah, “Analisa Beban Section untuk Menentukan Alternatif Manuver Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang BRG-3 PT PLN (Persero) Unit Layanan Salatiga,” *J. Tek. Elektro Terap.*, vol. 2, no. 3, pp. 159–173, 2013.
- [3] R. J. Andana, “Proses Manuver Jaringan Distribusi Dengan Pelimpahan Beban Penyulang Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV Menggunakan SCADA Berbasis Arduino Mega 2560,” Universitas Diponegoro, Semarang, 2017.
- [4] I. Setiono, *Sistem Proteksi Tenaga Listrik*. Semarang: Tiga Media, 2018.
- [5] “Arduino Mega 2560 Rev3,” *Arduino Official Store*.
<https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3> (accessed Jun. 30, 2019).

