pISSN : 0852-0232, eISSN : 2656-582X DOI : 10.14710/gt.v21i3.xxxxx

SIMULASI *MANUVER* PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH PENYULANG TANJUNG JATI B 03 PT PLN (PERSERO) BERBASIS ARDUINO MEGA 2560 DENGAN MONITORING VT SCADA 12.1

Aulia Nurul Yunizah[1)], Fakhruddin Mangkusasmito[2)]
[1)]Program Studi Str. Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
*)E-mail : fakhm17@gmail.com

ABSTRACT

A protection system is necessary in a distribution network to ensure the network remains reliable. The purpose of protection equipment in a distribution network is to minimize damage to the system. In addition, protective equipment is also useful for minimizing the spread of faults so that outages can be limited to smaller areas. Given these functions, network maneuvers are necessary, utilizing protective equipment to prevent faults from spreading further. To facilitate learning about network maneuvers, a maneuver simulation tool was developed for this final project. The results of experiments conducted on this simulation tool showed that the PMT was set to a current of 0.5 A, the recloser was set to a current of 0.5 A, and the LBS was set to a current of 0.4 A.

Keywords: *Maneuver, PMT, recloser, LBS, SCADA, ETAP simulation*

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan penting bagi masyarakat dalam kehidupan sehari- hari. Mengingat keberadaannya yang sangat penting tersebut, diharapkan penyediaan energi listrik dapat stabil dan terus- menerus. Oleh karena itu faktor keandalan dan keamanan distribusi tenaga listrik harus diperhatikan dan dijalankan dengan baik oleh perusahaan penyedia tenaga listrik, dalam hal ini adalah PT Perusahaan Listrik Negara (PLN). Keandalan pada sistem distribusi yang dimaksud adalah ukuran tersedianya pasokan listrik dan seberapa sering terjadi pemadaman listrik serta berapa lama pemadaman terjadi (berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan kondisi pemadaman). Dalam hal ini kualitas energi listrik yang dihasilkan berupa tingkat kestabilan frekuensi dan tegangan.

Keandalan sistem distribusi sangat diperlukan oleh pemasok tenaga listik maupun pemakai tenaga listik. Sementara itu kondisi secara *riil* di lapangan, masih terdapat pemadaman listrik yang disebabkan oleh adanya gangguan karena cuaca, pepohonan, binatang, dan hal lainnya. Oleh karena itu PT PLN (Persero) harus memiliki sistem proteksi tenaga listrik yang dapat diandalkan guna menunjang kontinuitas dan meminimalisir daerah yang padam. Selain untuk meminimalisir terjadinya perluasan yang disebabkan oleh gangguan, sistem proteksi juga digunakan sebagai pelindung peralatan serta wilayah yang diprioritaskan, sehingga peralatan dan wilayah tersebut dapat terjaga dari gangguan.

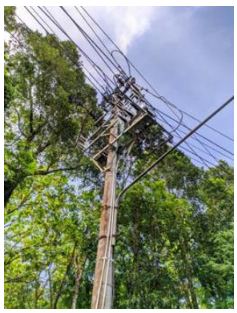
Manuver jaringan distribusi merupakan suatu proses pelimpahan beban untuk menghindari pemadaman luas dan mengurangi waktu pemadaman. *Manuver* jaringan sendiri bersifat sementara dengan menutup (memasukkan) atau membuka (melepas) peralatan-peralatan proteksi atau *switching* seperti ABSW, LBS, dan PMT.

Peran saklar pada peralatan proteksi sangatlah penting. Oleh karenanya dalam Tugas Akhir ini penulis ingin menyimulasikan suatu proses *manuver* yang dilakukan di Jaringan Tegangan Menengah yang saat ini sedang diterapkan di jaringan distribusi ULP Bangsri pada penyulang Tanjung Jati B 3. Penulis akan menjelaskan tentang mekanisme sistem kerja proteksi dalam *manuver*. Hal ini memiliki tujuan dalam menjaga keandalan sistem saat terjadinya gangguan pada jaringan distribusi ULP Bangsri.

METODE PENELITIAN

LBS *(Load Break Switch)*

LBS *(Load Break Switch)* adalah alat pemutus atau penyambung sirkuit pada sistem distribusi listrik dalam keadaan berbeban. LBS biasa dipasang dalam saluran distribusi tenaga listrik (Tupan, Nurhasanah, & Wijono, 2017). LBS berfungsi sebagai pemutus otomatis untuk membebaskan daerah (section) tertentu yang terganggu dari suatu sistem distribusi sehingga daerah yang tidak terganggu dapat terus berjalan 1.



Gambar 1. LBS

ABSW *(Air Break Switch)*

Air Break Switch (ABSW) adalah alat hubung yang berfungsi sebagai pemisah dan biasa dipasang pada jaringan luar. Penggunaan ABSW pada jaringan, antara lain digunakan untuk perlimpahan/penambahan dan pengurangan beban antar dua penyulang atau feeder, untuk pemisah jaringan secara manual baik dalam keadaan berbeban maupun tanpa beban dengan media pemutus udara dan alat ini dapat dioperasikan dalam keadaan terbuka (*normally open*) atau tertutup (*normally close*) 2.



Gambar 2. ABSW

Recloser

Recloser merupakan peralatan proteksi yang dapat menutup balik otomatis pada jaringan 20 kV. *Recloser* berfungsi untuk memutuskan saluran secara otomatis ketika terjadi gangguan pada jaringan distribusi dan akan segera menutup kembali beberapa waktu kemudian sesuai dengan settingan waktu. Biasanya alat ini di *setting* untuk dua kali bekerja, yaitu dua kali pemutusan dan dua kali penyambungan. Apabila hingga kerja *recloser* yang kedua keadaan masih membuka, berarti telah terjadi gangguan permanen pada jaringan distribusi 3.



Gambar 3. Recloser

Aplikasi ETAP *(Electrical Transient Analyzer Power)*

ETAP adalah suatu aplikasi yang berfungsi untuk mendesain dan mensimulasikan suatu sistem rangkaian tenaga listrik. Selain itu, ETAP juga dapat menganalisis suatu rangkaian yang lengkap dan akurat, ETAP mengintegrasi data-data rangkaian tenaa seperti kapasitas pembangkit, panjang jaringan, resistansi jaringan per-km, kapasitas busbar, rating transformator, impedansi urutan nol, positif dan negatif suatu peralatan listrik seperti transformator, generator, dan penghantar 4.

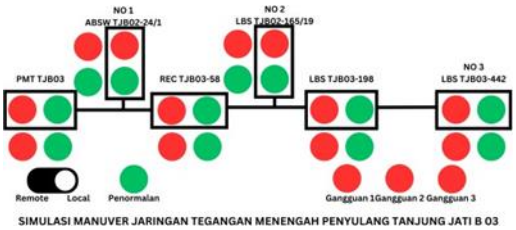
Aplikasi VTScada

VTScada merupakan perangkat lunak yang dirancang untuk menampilkan satu set alat pemantauan dan control yang mudah melalui perngkat keras HMI (Human Machine Interface). VT Scada ini menggunakan sistem “tag” atau “plug and play” dan untuk komunikasi melalui ethernet umumnya menggunakan library Modbus.



Gambar 4. VTScada 12.1

Desain Alat



SIMULASI MANUVER JARINGAN TEGANGAN MENENGAH PENYULANG TANJUNG JATI B 03

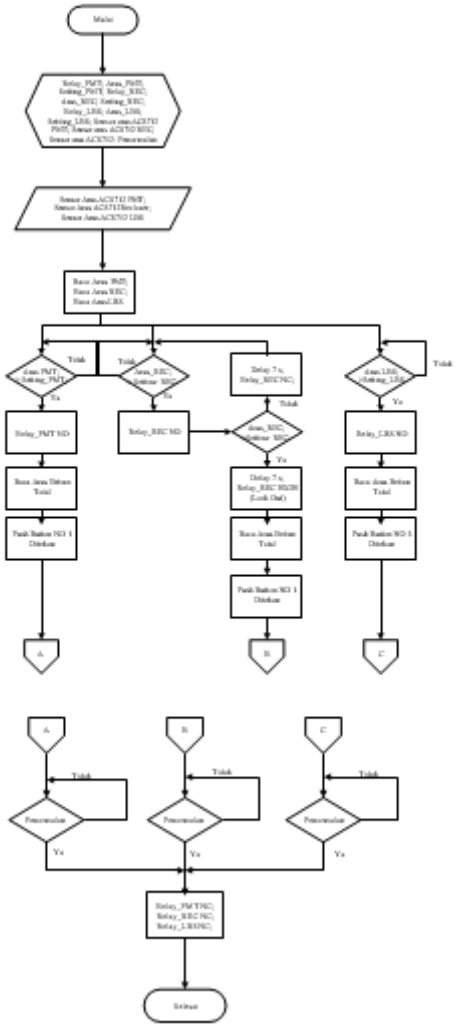
Berdasarkan alat di atas, dapat diketahui bahwa TJB 03 memiliki 3 zona. Zona 1 yaitu area di sekitar PMT hingga *recloser* TJB03-58. Zona 2

yaitu area sekitar *recloser* TJB03- 58 hingga LBS TJB03-198. Zona 3 berada di sekitar area LBS TJB03-198 hingga LBS TJB03-442.

Ketika zona 1 mengalami gangguan, maka PMT TJB03 akan *trip*. Sedangkan ketika zona 2 mengalami gangguan, maka *recloser* TJB03-58 akan *reclose*. *Recloser* yang *reclose* ini ketika mendeteksi kembali gangguan maka *recloser* akan *lock out*. Lalu untuk zona 3 mengalami gangguan maka LBS TJB03-198 akan *trip*.

Flowchart

Berikut adalah *flowchart* yang diterapkan dalam penelitian ini.



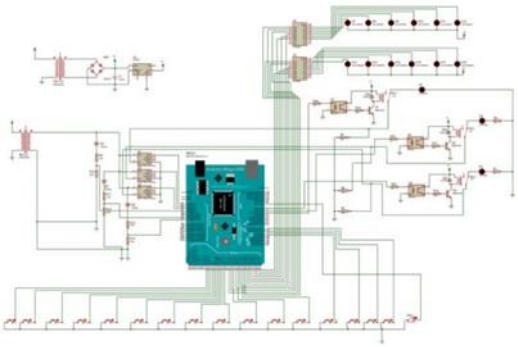
Gambar 5. Flowchart sistem

Dari *flowchart* di atas, input yang dibutuhkan yaitu *relay* PMT, *relay recloser*, *relay* LBS, sensor arus ACS712 untuk PMT, sensor arus ACS712 untuk *recloser*, sensor arus ACS712 untuk LBS, *setting* arus PMT, *setting* arus *recloser*, dan *setting* arus LBS.

Program diawali dengan pembacaan sensor arus, kemudian pada saat arus pada PMT melebihi arus *setting* pada PMT maka PMT akan dalam keadaan *HIGH* atau trip. Apabila arus pada *recloser* melebihi arus *setting* pada *recloser* maka dalam waktu 0,1 detik *recloser* akan dalam keadaan *HIGH*, 7 detik kemudian *recloser* akan *LOW* atau *reclose*, apabila arus *recloser* masih melebihi arus *setting* pada *recloser*, *recloser* akan kembali *HIGH* dan *recloser* akan dalam keadaan *lockout*. Apabila arus pada LBS melebihi arus *setting* pada LBS, maka LBS akan dalam keadaan *HIGH* atau trip.

Setelah proses di atas selesai, maka untuk memulai kembali dapat ditekan tombol penormalan. Sehingga *relay* PMT, *recloser*, dan LBS akan kembali dalam kondisi LOW (*Normally Close*) atau normal.

Cara Kerja Sistem



Gambar 6. Rangkaian Keseluruhan Alat

Cara kerja sistem alat simulasi ini adalah dimulai dari sumber PLN 220 VAC yang mengalir ke transformator *step down* 5 Ampere dan 3 Ampere yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 220 VAC menjadi 12 VAC. Tegangan PLN yang mengalir pada transformator 5 Ampere akan dihubungkan dengan beban lampu jaringan dan catu daya 12 VAC akan dihubungkan beban lampu indikator. Sedangkan tegangan PLN yang melalui transformator 3 Ampere menurunkan tegangan menjadi 12 VAC yang akan dihubungkan dengan rangkaian catu daya 12 VDC dan akan men-*supply module relay* dan *relay* dan catu daya 5 VDC untuk men-*supply push button*.

Awal sistem dimulai dengan menghidupkan saklar beban untuk menghidupkan beban dan saklar kontrol guna menghidupkan rangkaian kontrol. Setelah sistem menyala, beban pada lampu dapat dikontak melalui *push button* alat maupun *push button* pada aplikasi VTScada. Melalui *push button* dapat mengatur beban mana yang akan dinyalakan dan akan dipadamkan.

Dari *push button* ini akan diolah melalui Arduino Mega 2560 untuk kemudian akan digunakan untuk menghidupkan maupun mematikan

relay dengan jenis SPDT (*Single Pole Double Throw*) yang berarti mempunyai 2 kontak dan 2 kondisi yang dimiliki kontaknya. *Relay* ini memerlukan tegangan masukan sebesar 12 VDC.

Ketika alat disimulasikan dengan menggunakan sensor arus ACS712 dapat memantau keberadaan arus ketika keadaan normal dan saat terjadi gangguan. ACS712 akan membaca besar arus yang mengalir pada beban lampu dan apabila *push button* gangguan ditekan maka besar arus yang terbaca akan melebihi arus *setting* yang telah ditetapkan sehingga Arduino akan memerintahkan *relay* untuk trip. Koodinasi trip antara *relay* PMT dengan *relay recloser* ditentukan berdasarkan besar arus gangguan yang diberikan pada rangkaian beban. Besar arus gangguan ditentukan berdasarkan letak gangguan yang dihubungkan dengan rangkaian beban. Besar arus gangguan yang terletak setelah PMT dan sebelum *recloser* akan lebih besar dari besar arus gangguan yang terletak setelah *recloser*. Sehingga apabila gangguan yang diberikan terletak pada setelah PMT dan sebelum *recloser* maka peralatan proteksi yang akan bekerja adalah PMT dan apabila gangguan yang diberikan terletak setelah *recloser* maka alat yang akan bekerja adalah *recloser*. Hal ini dilakukan karena adanya *setting* arus yang telah ditentukan untuk membuat *relay* bekerja. Hal tersebut juga berlaku pada LBS. Ketika gangguan diberikan setelah LBS, maka LBS akan bekerja.

Pada simulasi ini jenis gangguan yang diberikan berupa gangguan permanen dan temporer dimana saat terjadi gangguan permanen ataupun temporer yang terletak setelah PMT dan sebelum *recloser* maka PMT akan langsung trip sedangkan gangguan yang terletak setelah *recloser* maka *recloser* akan *reclose* sebanyak satu kali sehingga akhirnya *recloser* akan *lock out*. Ketika gangguan diberikan setelah LBS, maka LBS akan trip. Jenis gangguan temporer dan permanen akan ditentukan oleh berapa kali *push button* gangguan ditekan.

Pada simulasi ini juga terdapat sensor tegangan yang ada pada sisi PMT, *recloser*, dan LBS yang berfungsi untuk memonitor tegangan yang ada. Pembacaan sensor dan *open close* peralatan proteksi dapat dimonitor dan dikontrol dengan menggunakan *software* VTScada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Alat

Tabel di bawah merupakan hasil pengujian alat ketika keadaan normal tanpa terjadinya gangguan.

Table 1. Hasil Pengukuran Kondisi Normal

Letak Sensor	Kondisi	Pembacaan Multimeter	Pembacaan SCADA
PMT	Normal		
Recloser	Normal		
LBS	Normal		

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa nilai arus dari PMT, *recloser*, dan LBS sebesar 0,082, 0,076, dan 0,035 A. Hal ini dikarenakan menggunakan resistor yang berbeda sesuai dengan skala yang telah ditentukan. Pada penyulang TJB03, beban PMT sebesar 107 A sehingga dengan skala 1:930, maka resistor yang digunakan sebesar 104 ohm. Lalu pada *recloser* beban terbaca sebesar 101 A sehingga menggunakan resistor sebesar 110 ohm. Sementara itu untuk beban pada LBS sebesar 47,4 A sehingga memerlukan resistor sebesar 235 ohm.

Table 2. Hasil Pengujian Gangguan Zona 1

Letak Sensor	Kondisi	Pembacaan Multimeter	Pembacaan SCADA
PMT	Gangguan Zona 1		
Recloser	Gangguan Zona 1		
LBS	Gangguan Zona 1		

Dari data hasil pengujian di atas, diketahui bahwa ketika diberi gangguan pada zona 1, maka nilai arus PMT menjadi 0,530 A atau terjadi kenaikan nilai arus pada PMT sebesar 0,445 A. Untuk nilai arus pada *recloser* dan LBS pada pengukuran sebesar 0,063 A dan 0,030 A. Pada sistem gangguan zona 1 ini, PMT memiliki *setting* arus sebesar 0,5 A. Dikarenakan nilai arus melebihi *setting* PMT, maka PMT yang dalam kondisi *Normally Close* langsung dalam kondisi trip.

Latar belakang penentuan *setting* PMT sebesar 0,5 A yaitu ketika dalam kondisi normal sebesar 0,085 A. Sedangkan apabila arus gangguan diaktifkan (tanpa beban awal) dihitung dengan beban sekitar 0,5 A. Oleh karenanya ditentukan *setting* PMT sebesar 0,5 A. Ketika sensor arus membaca arus melebihi *setting*, maka *relay* diperintahkan

untuk bekerja dan menyebabkan PMT dalam kondisi trip.

Table 3. Hasil Pengukuran Gangguan Zona 2

Letak Sensor	Kondisi	Pembacaan Multimeter	Pembacaan SCADA
PMT	Gangguan Zona 2		
Recloser	Gangguan Zona 2		
LBS	Gangguan Zona 2		

Dari data hasil pengujian di atas, diketahui bahwa ketika diberi gangguan pada zona 2, maka nilai arus *recloser* menjadi 0,505 A atau terjadi kenaikan sebesar 0,429 A. Untuk nilai arus pada PMT dan LBS dalam pembacaan multimeter sebesar 0,067 A dan 0,030 A. Pada sistem gangguan zona 2 ini, *recloser* memiliki *setting* arus sebesar 0,5 A. Dikarenakan nilai arus melebihi *setting recloser*, maka *recloser* dalam keadaan *reclose*, dan dikarenakan *recloser* masih membaca arus gangguan tersebut maka *recloser* dalam keadaan *lock out*.

Latar belakang penentuan *setting recloser* sebesar 0,4 A yaitu ketika dalam kondisi normal sebesar 0,076 A. Sedangkan apabila arus gangguan diaktifkan (tanpa beban awal) dihitung dengan beban sekitar 0,4 A. Oleh karenanya ditentukan *setting recloser* sebesar 0,4 A. Ketika sensor arus membaca arus melebihi *setting*, maka *relay* diperintahkan untuk bekerja dan menyebabkan *recloser* dalam kondisi *lock out*.

Table 4. Hasil Pengukuran Gangguan Zona 3

Letak Sensor	Kondisi	Pembacaan Multimeter	Pembacaan SCADA
PMT	Gangguan Zona 3		
Recloser	Gangguan Zona 3		
LBS	Gangguan Zona 3		

Dari data hasil pengujian di atas, diketahui bahwa ketika diberi gangguan pada zona 3, maka nilai arus LBS menjadi 0,364 A atau terjadi kenaikan nilai arus pada PMT sebesar 0,328 A. Untuk nilai arus pada PMT dan *recloser* dalam pembacaan multimeter sebesar 0,075 A dan 0,67 A. Pada sistem gangguan zona 3 ini, LBS memiliki *setting* arus sebesar 0,3 A. Dikarenakan nilai arus melebihi *setting* LBS, maka LBS yang dalam kondisi *Normally Close* langsung dalam kondisi trip.

Latar belakang penentuan *setting* LBS sebesar 0,3 A yaitu ketika dalam kondisi normal sebesar 0,036 A. Sedangkan apabila arus gangguan diaktifkan (tanpa beban awal) dihitung dengan beban sekitar 0,32 A. Oleh karenanya ditentukan *setting* LBS sebesar 0,3 A. Ketika sensor arus membaca arus melebihi *setting*, maka *relay* diperintahkan untuk bekerja dan menyebabkan LBS dalam kondisi trip.

Analisis Pembahasan

Dalam pembahasan bab ini, penulis menganalisis nilai *drop* tegangan pada alat simulasi dan program simulasi di aplikasi ETAP. Hal ini ditujukan untuk mengetahui besaran skalanya. Sebelum membandingkan nilai *drop* tegangan alat dan ETAP, perlu diketahui bahwa berdasarkan SPLN No. 72 Tahun 1987 yaitu *drop* tegangan yangdiperbolehkan pada Jaringan Tegangan Menengah adalah 5% dari tegangan kerja untuk sistem radial.

Untuk menghitung rugi tegangan digunakan persamaan:

$$VD_{3p} = \sqrt{3} \times I \times L(R\cos\theta + X\sin\theta)$$

Dengan menggunakan tabel 5 yaitu data penyulang TJB 03, maka rumus di atas dapat dihitung dengan hasil tabel 6.

Table 5. Data Penyulang TJB 03

Wilayah	Panjang Jaringan (kms)	Impedansi (ohm/km)		Cos θ	I (A)
		R	X		
Zona 1	0,15	0,1344	0,3158	0,85	107
Zona 2	4,8	0,1344	0,3158	0,85	101
Zona 3	10,5	0,1344	0,3158	0,85	47,4

Table 6. Hasil Perhitungan drop tegangan TJB03

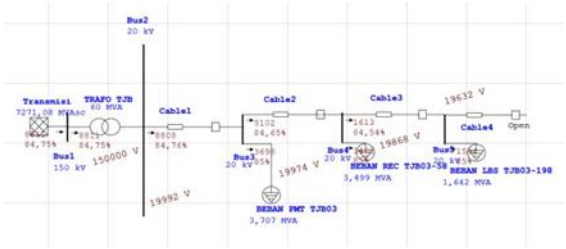
Wilayah	Perhitungan Jatuh Tegangan 3 phasa (V)	Tegangan Ujung (V)
Zona 1	7,094	19992,906
Zona 2	200,324	19792,582
Zona 3	205,654	19586,928

Selanjutnya ialah menganalisis hasil

perhitungan pada ETAP 16.0.0. Pada tabel 7 menunjukkan data input ETAP. Data yang dimasukkan ke dalam *software* disesuaikan dengan data beban, panjang jaringan, cos θ, dan nilai impedansi penghantar.

Table 7. Data Input ETAP

No.		Data
1.	Standar	IEC dengan frekuensi 50 Hz
2.	*Power Grid*	Tegangan 150 kV Arus hubung singkat 3 fasa = 27,99 kA
3.	Transformator GI Tanjung Jati B	Daya = 60 MVA Tegangan Nominal = 150 kV/20 kV Impedansi = 12,50% Frekuensi = 50 Hz
4.	Busbar	Tegangan sistem 20 kV
5.	Kabel AAAC 240 mm^2	Panjang jaringan sesuai dengan tabel 5.8 Impedansi saluran Z1 = Z2 = 0,1344 + j0,3158 Ω Z0 = 0,28 + j1,6034
6.	Beban	Tegangan 20 kV Arus beban = sesuai dengan tabel 5.8



Gambar 7. Hasil ETAP Drop Tegangan TJB03

Table 8. Data Hasil Simulasi ETAP

Wilayah	Jatuh Tegangan 3 phasa (V)	Tegangan Ujung (V)
Zona 1	26	19974
Zona 2	111	19868
Zona 3	236	19632

Untuk menghitung *drop* tegangan pada alat dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

VD = Vawal – Vakhir.

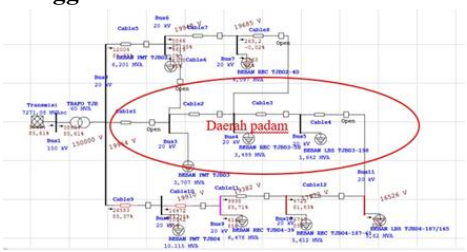
Berdasarkan rumus di atas dapat diketahui bahwa hasil perhitungan *drop* tegangan pada alat sebagai berikut.

Tabel 9. Data Hasil Perhitungan *Drop* Tegangan

Wilayah	VD(Volt)		
	Perhitungan Manual	Simulasi ETAP	Alat Simulasi
Zona 1	7,094	26	0,24
Zona 2	200,324	111	0,59
Zona 3	205,654	236	0,79

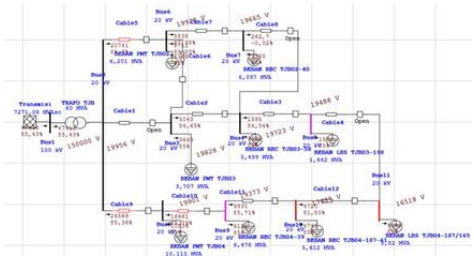
Berdasarkan hasil di atas, dapat diketahui bahwa perhitungan manual dan simulasi pada aplikasi ETAP hasilnya mendekati. Oleh karenanya, untuk simulasi *manuver* akan dihitung menggunakan aplikasi ETAP.

Gangguan Zona 1



Gambar 8. Hasil Simulasi ETAP Ketika Zona 1 Mengalami Gangguan

Ketika PMT TJB03 mengalami gangguan sehingga menyebabkan trip, maka pada TJB03 tidak mendapatkan *supply* tegangan. Untuk itu, sembari mencari letak gangguan yang terjadi pada TJB03, langkah yang dapat dilakukan untuk menekan angka SAIDI dan SAIFI adalah mengisi tegangan dari belakang. Hal ini dilakukan dengan cara mengubah posisi ABSW TJB02-24/1 menjadi *Normally Close* yang nantinya akan seperti gambar 9.



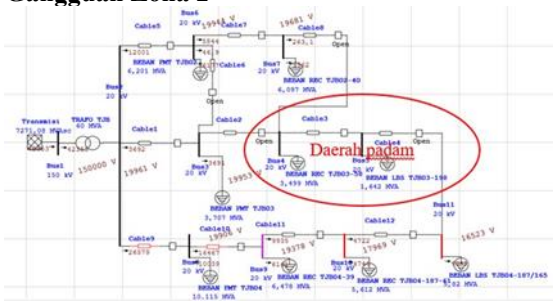
Gambar 9, 9 Ketika TJB03 di-supply TJB02 Melalui ABSW TJB02-24/1

Dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa hasil manuver beban TJB03 ke TJB02 sebagai berikut.

Tabel 10. Data Hasil *Maniver* TBJ03 ke TJB02

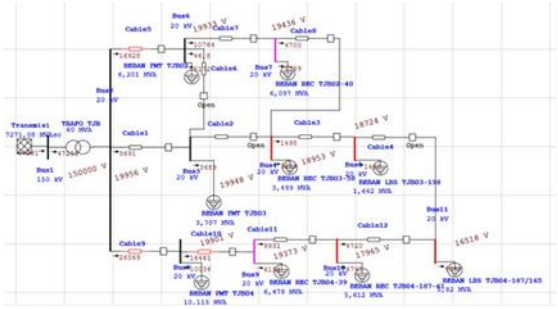
Peralatan Proteksi	Kondisi	Tegangan Ujung (V)
PMT TJB02	NC	19928
ABSW TJB02-24/1	NC	19828
REC TJB02-40	NC	19665
LBS TJB02-165/19	NO	-
PMT TJB03	*Trip*	-
REC TJB03-58	NC	19723
LBS TJB03-198	NC	19488
LBS TJB03-442	NO	-
PMT TJB04	NC	19901
REC TJB04-39	NC	19373
REC TJB04-187/161	NC	17965
LBS TJB04-187/165	NC	16518

Gangguan Zona 2



Gambar 10. Tampilan ETAP Ketika Zona 2 Mengalami Gangguan

Ketika *recloser* mengalami *lock out*, maka pada pada daerah setelah *recloser* mengalami pemadaman. Untuk itu, sembari mencari letak gangguan yang terjadi, langkah yang dapat dilakukan untuk menekan angka SAIDI dan SAIFI adalah mengisi tegangan dari belakang. Hal ini dilakukan dengan cara mengubah posisi LBS TJB02-165/19 menjadi *Normally Close* yang nantinya akan seperti gambar 11.



Gambar 11. LBS TJB02-165/19 Normally Close

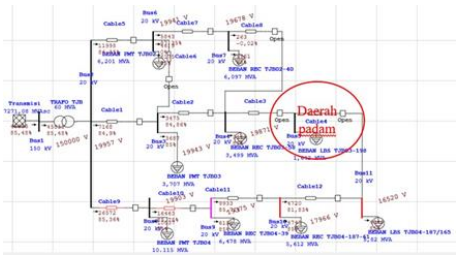
Dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa hasil manuver beban TJB03 ke TJB02 sebagai berikut.

Tabel 11. Data Hasil LBS TJB02-165/19 *Normally Close*

Peralatan Proteksi	Kondisi	Tegangan Ujung (V)
PMT TJB02	NC	19933
ABSW TJB02-24/1	NO	-
REC TJB02-40	NC	19436
LBS TJB02-165/19	NC	18953
PMT TJB03	NC	19948

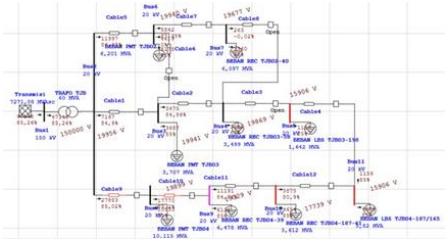
REC TJB03-58	*Lock Out*	-
LBS TJB03-198	NC	18724
LBS TJB03-442	NO	-
PMT TJB04	NC	19901
REC TJB04-39	NC	19373
REC TJB04-187/161	NC	17965
LBS TJB04-187/165	NC	16518

Gangguan Zona 3



Gambar 12. Tampilan Aplikasi ETAP Ketika Zona 3 Mengalami Gangguan

Ketika LBS mengalami trip, maka pada daerah setelah LBS akan mengalami pemadaman. Untuk itu, sembari mencari letak gangguan yang terjadi, langkah yang dapat dilakukan untuk menekan angka SAIDI dan SAIFI adalah mengisi tegangan dari belakang. Hal ini dilakukan dengan cara mengubah posisi LBS TJB03-442 menjadi *Normally Close* yang nantinya akan seperti gambar 13 di bawah. Namun perlu digaris bawahi, pada penyulang TJB04 sudah mengalami *overload* beban, sehingga kemungkinan akan terasa di sisi pelanggan apabila tetap dilanjutkan.



Gambar 13. LBS TJB03-442 Normally Close

Dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa hasil *manuver* beban TJB03 ke TJB04 sebagai berikut.

Tabel 12. Hasil Simulasi TJB03-442 *Normally Close*

Peralatan Proteksi	**Kondisi**	**Tegangan Ujung (V)**
PMT TJB02	NC	19940
ABSW TJB02-24/1	NO	-
REC TJB02-40	NC	19677
LBS TJB02-165/19	NO	-
PMT TJB03	NC	19956
REC TJB03-58	NC	19941
LBS TJB03-198	NO	-
LBS TJB03-442	NC	15906
PMT TJB04	NC	19899
REC TJB04-39	NC	19329
REC TJB04-187/161	NC	17739
LBS TJB04-187/165	NC	15906

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari laporan yang berjudul, "Simulasi *Manuver* Pada Jaringan Tegangan Menengah Penyulang Tanjung Jati B 03 Berbasis Arduino Mega 2560 dengan Monitoring VTScada 12.1" adalah sebagai berikut:

1. Ketika tombol gangguan 1 ditekan, arus PMT akan naik menjadi 0,530 A, sedangkan arus *recloser* 0,063 A dan LBS 0,030 A. Dikarenakan adanya kenaikan arus dan kenaikan tersebut melebihi nilai *setting*, maka PMT akan dalam kondisi trip
2. Ketika tombol gangguan 2 ditekan, arus *recloser* akan naik menjadi 0,505 A,

sedangkan untuk arus PMT 0,067 A dan LBS 0,030 A. Pada *recloser* terdapat waktu *reclose* 7 detik. Ketika dalam kurun waktu tersebut masih terdapat arus berlebih, maka *recloser* akan dalam keadaan *lock out*.

3. Ketika tombol gangguan 3 ditekan, arus LBS akan naik menjadi 0,364 A, sedangkan untuk arus PMT 0,075 A dan *recloser* 0,067 A. Dikarenakan adanya kenaikan arus dan kenaikan tersebut melebihi nilai *setting*, maka LBS akan dalam kondisi trip.
4. Nilai *drop* tegangan ketika dihitung secara manual sebesar 7,094 V pada zona 1, 200,324 V pada zona 2, dan 205,654 pada zona 3. Untuk tegangan ujungnya sebesar 19586,928 V.
5. Nilai *drop* tegangan ketika dihitung menggunakan simulasi ETAP sebesar 26 V pada zona 1, 111 V pada zona 2, dan 236 V pada zona 3. Untuk tegangan ujungnya sebesar 19632 V.
6. Nilai drop tegangan pada alat simulasi *manuver* ini sebesar 0,24 V pada zona 1, 0,59 V pada zona 2, dan 0,79 pada zona 3. Untuk tegangan ujungnya sebesar 12,21 V.
7. Pada saat PMT TJB03 trip dan TJB03 di-*supply* dari TJB02 melalui ABSW TJB02-24/1, tegangan yang terbaca pada PMT TJB02 yaitu 19928 V, ABSW TJB02-24/1 19828 V, *recloser* TJB02-40 19665 V, *recloser* TJB03- 58 19723 V, LBS TJB03-442 19488 V, PMT TJB04 19901 V, *recloser* TJB04-39 19373 V, *recloser* TJB04- 187/161 17965 V, dan LBS TJB04- 187/165 16518 V.
8. Saat *recloser* TJB03-58 *lock out*, tegangan pada zona 2 di-*supply* dari LBS TJB02-165/19. Tegangan yang terbaca dalam kondisi tersebut adalah pada PMT TJB02 19933 V, *recloser* TJB02-40 19436 V, LBS TJB02- 165/19 18953 V, PMT TJB03 19948 V, LBS TJB03-198 18724, PMT TJB04 19901 V, *recloser* TJB04-39 19373 V, *recloser* TJB04-187/161 17965 V, dan LBS TJB04-187/165 16518 V.
9. Saat LBS03-198 trip, tegangan pada zona 3 di-*supply* dari LBS TJB03-442. Tegangan yang terbaca dalam kondisi tersebut adalah pada PMT TJB02 19940 V, *recloser* TJB02-40 19677 V, PMT TJB03 19956 V, *recloser* TJB03-58 19941 V, LBS TJB03-442 15906 V, PMT TJB04 19899 V, *recloser* TJB04-39 19329 V, *recloser* TJB04-187/161 17739 V, dan LBS TJB04-187/165 15906 V.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan YME Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga jurnal ini dapat diselesaikan dengan baik. Terima kasih penulis sampaikan kepada civitas akademika Program Studi D-IV Teknik Listrik Industri Universitas Diponegoro, keluarga, serta rekan-rekan mahasiswa atas bimbingan, dukungan, dan masukan yang diberikan. Penulis menyadari jurnal ini masih memiliki keterbatasan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga penelitian ini bermanfaat dan memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang ketenagalistrikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tupan, H. K., Nurhasanah, N., & Wijono. (2017). Optimalisasi Penempatan Load Break Switch (LBS) pada Penyulang Karpan 2 Ambon Menggunakan Metode Algoritma Genetika.
2. Juliasandi, A., & Alfi, I. (n.d.). Analisa kWh Terselamatkan pada Pemeliharaan ABSW (Air Break Switch) dengan Metode PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan) di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan D.I.Yogyakarta Rayon Purwokerto.
3. Setiawan, A. H. (2014). *Media Pembelajaran Sistem Proteksi Distribusi Jaringan Listrik Berbasis Adobe Flash.* Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta: (tidak diterbitkan).
4. Ullah, M., Qaiser, A., Saeed, Q., Abbasi, A.R., Ahmed, I., & Soomro, A. (2017). Load Flow, Voltage Stability & Short Circuit Analyses and Remedied for a 1240 MW Combined Cycle Power Plant Using ETAP.