

ANALISA KEHANDALAN SISTEM JARINGAN SUPLAJ ASIAN GAMES 2018 DENGAN PENAMBAHAN GH BARU DI KOMPLEK GOR JAKABARING

Ardi Meisandi¹, Yuslan Basir², Dyah Utari Y.W.³
email :ardimeisandi93@gmail.com

Abstrak: Manuver jaringan distribusi adalah kegiatan modifikasi terhadap operasi normal akibat dari adanya gangguan atau pemeliharaan listrik sehingga tetap tercapai kondisi penyaluran yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyulang mana yang akan dimanuver jika terjadi gangguan dan kehandalan sistem jaringan dengan menghitung nilai SAIFI, SAIDI pada Gardu Hubung GOR. Dari hasil pembahasan menunjukkan paada saat keadaan normal, Penyulang Sriwijaya merupakan prioritas utama penyaluran daya di GH GOR karena tidak terjadi drop tegangan. Penyulang Unglen merupakan prioritas kedua penyaluran daya di GH GOR Lama dengan tegangan terendah di GH GOR sebesar 19946 volt, persentase drop tegangan sebesar 0.11% dari tegangan kirim dan rugi daya sebesar 8 kW. Pada saat terjadi gangguan Penyulang yang paling tepat untuk melakukan manuver adalah Penyulang Meranti dengan tegangan terendah 19548 volt dengan persentase 0.74% diikuti Penyulang Gurami 19516 volt dengan persentase 1.68% dan Padjajaran 18764 volt dengan persentase 6.22%. Untuk indeks SAIDI SAIFI yang terbaik adalah Penyulang Unglen merupakan prioritas utama pada GH GOR Lama. Apabila Penyulang Unglen mengalami gangguan maka Penyulang yang paling tepat untuk melakukan manuver adalah Penyulang Gurami dengan nilai indeks SAIDI 0.081 diikuti dengan penyulang Meranti 0.137 dan Penyulang Padjajaran 0.507.

Kata kunci: manuver, drop tegangan, gangguan, SAIFI, SAIDI.

***Abstract:** Maneuver of distribution system is modification activities toward normal operation as a result of electricity power disturbance or electricity maintenance so that the good condition of electricity distribution still achieved. This study aims to find out which feeders will be maneuvered if electricity disturbance occurs and to find out the distribution system reliability by calculating values of SAIFI, SAIDI in the sport centre connect substation. From the analysis results, in normal circumstances Sriwijaya feeder is the main priority of power distribution on the connect substation because there is no voltage drop. Unglen feeder is the second priority of power distribution on the connect substation with the lowest voltage 19946 volts, 0.11% voltage drop percentage of the send voltage and 8 kW power loss. When electricity disturbance occurs, the most appropriate feeder to maneuver is the Meranti feeder with 19548 volts with 0.74% voltage drop percentage, followed by Gurami feeder with the lowest voltage 19516 volts with 1.68% voltage drop percentage and Padjajaran feeder with the lowest voltage 18764 volts with 6.22% voltage drop percentage. Unglen feeder is the main priority in sport centre connect substation with the best SAIFI and SAIDI index. If Unglen feeder has electricity disturbance then the most appropriate feeder for maneuver is Gurami feeder with 0.081 SAIDI value, followed by Meranti feeder with 0.137, and Padjajaran feeder with 0.507.*

Keyword: maneuver, drop voltage, disturbance, SAIFI, SAIDI

¹Alumni Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tridianti Palembang.

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tridianti Palembang.

PENDAHULUAN

Pada tahun 2018 kota Palembang ditunjuk menjadi salah satu tempat penyelenggara Asian Games 2018 selain Jakarta. Tempat pelaksanaannya berada di kompleks Jakabaring Sport City yang memiliki banyak fasilitas olahraga, dan semua fasilitas tersebut membutuhkan suplai listrik yang handal agar pelaksanaan dapat berjalan lancar. Komplek Jakabaring Sport City disuplai dari 3(tiga) Gardu Induk yaitu, Penyulang Baru dari GI

New Jakabaring, Penyulang Unglen dan Meranti dari GI Bungaran, dan Penyulang Gurami dari GI Sungai Kedukan yang satu sama lain saling terinterkoneksi. Untuk menjaga keandalan jika dibutuhkan manuver antar penyulang diperlukan analisa guna menentukan prioritas yang paling baik ditinjau dari segi rugi-rugi tegangan dan daya serta dari indeks SAIDI SAIFI nya.

Manuver Jaringan Distribusi

Manuver atau memanipulasi jaringan distribusi adalah serangkaian kegiatan membuat

modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat dari adanya gangguan atau pekerjaan pemeliharaan jaringan sehingga tercapai kondisi penyaluran yang maksimum atau pekerjaan jaringan yang membutuhkan pemadaman tenaga listrik, sehingga dapat mengurangi daerah pemadaman dan agar tetap tercapai kondisi penyaluran tenaga listrik yang semaksimal mungkin.

Drop Tegangan Dan Rugi-Rugi

1. Drop Tegangan

Drop tegangan adalah selisih antara tegangan ujung pengirim dan tegangan ujung penerimaan yang disebabkan oleh hambatan dan arus, pada saluran bolak-balik besarnya tergantung dari impedansi dan admitansi saluran serta pada beban dan factor daya. Sedangkan Rugi Daya adalah sesuatu yang hilang selama proses pendistribusian melalui jaringan yang akan mengurangi efisiensi dari system tersebut.

Dalam system arus bolak - balik 3 fasa, kerugian tegangan dipengaruhi oleh Resistansi dan Reaktansi. Bila arus I mengalir dalam konduktor dengan resistansi R dan induktif reaktansi X, rugi tegangan yang hilang pada saluran tersebut adalah sebesar:

$$V = 3 \times I \times L \times \{ (R \cos \phi) + (X \sin \phi) \} \dots\dots(1)$$

Dimana:

- Cos φ = Faktor daya dari saluran
- V = Drop Voltage (volt)
- I = Arus (Ampere)
- L = Panjang penyulang (km)

2. Rugi Daya pada Saluran Distribusi

Rugi-rugi daya adalah besarnya daya yang hilang pada suatu jaringan, yang besarnya sama dengan daya yang disalurkan dari sumber dikurangi besarnya daya yang diterima.

Besarnya rugi-rugi daya satu fasa dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = I^2 \times R \times L \text{ (Watt)} \dots\dots\dots(2)$$

Untuk mengetahui besar rugi-rugi daya pada jaringan tiga fasa dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = 3 \times I^2 \times R \times L \text{ (Watt)} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- P = Rugi daya pada jaringan (Watt)
- I = Arus beban pada jaringan (Ampere)

R = Tahanan murni (Ohm)

L = Panjang Saluran (km)

Laju Kegagalan dan Indeks Kegagalan

1. Angka/Laju Kegagalan (Failure rate), (λ)

Banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu t₁ sampai t₂ disebut laju kegagalan (failure rate). Ini dapat dinyatakan sebagai peluang bersyarat, yaitu kegagalan-kegagalan yang terjadi dalam selang waktu t₁ dan t₂, dimana sebelum periode t₁ tidak terjadi kegagalan, dan ini merupakan awal dari selang.

Jadi laju kegagalan (λ) adalah harga rata-rata dari jumlah kegagalan per satuan waktu pada suatu selang waktu pengamatan (T). Laju kegagalan ini dihitung dengan satuan kegagalan per tahun. Untuk selang waktu pengamatan diperoleh :

$$\lambda = \frac{\text{Total number of failures}}{\text{Total of unit test or operating times}} = \frac{N}{\sum T_i} \dots\dots\dots(4)$$

Atau

$$\lambda = \frac{f}{T} \dots\dots\dots(5)$$

(Pabla,2007)

Dimana :

λ = Failure Rate (angka/laju kegagalan konstan)
 N atau f = Total Number of failure (jumlah kegagalan selama selang waktu)

∑T_i atau T = (jumlah selang waktu pengamatan)

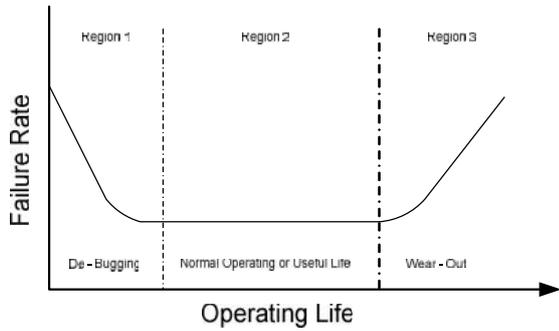
Untuk menghitung lama gangguan rata-rata (Average Annual Outage Time), (U_s)

$$\dots\dots\dots(6)$$

(Pabla, 2007)

Dimana (t) : lamanya gangguan (jam)

Laju kegagalan ini merupakan fungsi dari waktu atau umum dari sistem atau saluran selama beroperasi. Fungsi waktu ini dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1 Laju kegagalan sebagai fungsi waktu

Dari gambar diatas laju kegagalan dibagi dalam tiga selang waktuyaitu:

a. Selang Waktu Kegagalan Awal (De Bugging)

Pada selang waktu kegagalan awal ini laju kegagalan akan menurun dengan cepat sesuai bertambahnya waktu. Kegagalan pada daerah ini disebabkan oleh kesalahan dalam perencanaan dan pembuatan jaringan serta pemasangan saluran tersebut.

b. Selang waktu Kegagalan Normal (Normal Operating or Useful Life)

Pada daerah waktu ini besarnya laju kegagalan dapat dianggap tetap. Hal ini disebabkan sistem atau saluran siap beroperasi dengan mantap. Sehingga kemungkinan terjadi kegagalan adalah sama pada setiap waktu. Laju kegagalan pada daerah ini tidak teratur disebabkan oleh tekanan yang tiba-tiba diluar kekuatan sistem atau saluran yang telah direncanakan.

c. Selang waktu Kegagalan Akhir (Wear-Out)

Laju kegagalan pada daerah ini bertambah besar dengan bertambahnya waktu. Hal ini disebabkan karena bertambahnya umur sistem atau saluran dan kegagalan ini dapat ditanggulangi dengan mengadakan pemeliharaan (maintenance).

Waktu perbaikan (r) adalah lama waktu yang diperlukan dari saat terjadinya gangguan sampai waktu saluran dapat bekerja kembali secara normal.

m (mean time between failure) adalah waktu rata-rata sistem saluran bekerja sesuai fungsi yang diharapkan.

$$m = 1/\lambda \dots\dots\dots(7)$$

(Momoh, 2008)

Kehandalan dalam bentuk matematisnya dapat ditulis sebagaiberikut :

$$R(t) = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(8)$$

(Pabla, 2007)

Dimana:

R(t)=kehandalan selama periode waktu t

= laju kegagalan

t = waktu perbaikan

e = fungsi ekponensial

2. Indeks Gangguan Tambahan

Indeks keandalan yang telah di perhitungkan kembali menggunakan konsep klasik adalah laju kegagalan rata-rata, lamanya gangguan rata-rata dan waktu kegagalan tahunan.

Indeks Berorientasikan Pelanggan :

1) *System Avarage Interruption Frequency Index (SAIFI)*

SAIFI merupakan suatu indeks yang menyatakan banyaknya gangguan (pemadaman) yang terjadi dalam selang waktu tertentu (1 tahun) pada pelanggan dalam suatu sistem secara keseluruhan.

$$SAIFI = \frac{\text{jumlah gangguan pelanggan}}{\text{jumlah pelanggan}}$$

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N} \dots\dots\dots(9)$$

(Willis, 2004)

Dimana λ_i adalah laju kegagalan unit dan N_i adalah banyak pelanggan pada suatu titik

2) *Costumer Avarage Interruption Frequency Index (CAIFI)*

CAIFI merupakan suatu indeks yang menyatakan banyaknya gangguan yang terjadi dalam selang waktu tertentu (1 tahun) pada pelanggan dalam ruang lingkup yang lebih kecil (feeder)

$$CAIFI = \frac{\text{jumlah gangguan pelanggan}}{\text{jumlah pelanggan terganggu}}$$

$$CAIFI = \frac{\lambda_i N_i}{U_i N} \dots\dots\dots(10)$$

(Willis, 2004)

3) System Avarage Interruption Duration Index (SAIDI)

SAIDI merupakan suatu indek yang menyatakan lamanya gangguan (pemadaman) yang terjadi dalam selang waktu tertentu (1 tahun) pada pelanggan dalam suatu sistem secara keseluruhan.

$$SAIDI = \frac{\text{jumlah durasi gangguan pelanggan}}{\text{jumlah pelanggan}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i} \dots\dots\dots(11)$$

(Momoh, 2008)

Dimana U_i adalah annual outage time dan N_i adalah jumlah pelanggan pada satu titik

4) Costumer Avarage Interruption Duration Index (CAIDI)

CAIDI merupakan suatu indeks yang menyatakan lamanya gangguan yang terjadi dalam selang waktu tertentu (1 tahun) pada pelanggan dalam ruang lingkup yang lebih kecil (feeder).

$$CAIDI = \frac{\text{jumlah durasi gangguan pelanggan}}{\text{jumlah pelanggan terganggu}}$$

$$CAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i} \dots\dots\dots(12)$$

(Momoh, 2008)

Dimana λ_i adalah laju kegagalan, U_i adalah annual outage time dan N_i adalah jumlah pelanggan pada satu titik

5) Avarage Service Availability (unvailability) Index (ASAI/ASUI)

ASAI merupakan suatu indeks yang menyatakan kemampuan suatu sistem untuk menyediakan/menyuplai suatu sistem dalam jangka waktu 1 tahun sedangkan ASUI merupakan indeks yang menyatakan ketidakmampuan suatu sistem untuk menyediakan/menyuplai suatu sistem.

$$ASAI = \frac{\text{jumlah jam pelanggan terpenuhi}}{\text{jumlah jam seharusnya}}$$

$$ASAI = \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N_i}{\sum N_i \times 8760} \dots\dots\dots(13)$$

$$ASUI = 1 - ASAI$$

$$ASUI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i \times 8760} \dots\dots\dots(14)$$

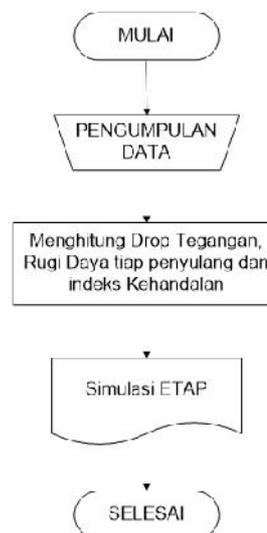
Dimana 8760 adalah jumlah jam dalam 1 tahun. (Momoh, 2008)

ETAP (Electrical Transient Analysis Program)

ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) adalah *software* analisis untuk mendesain dan mensimulasi suatu rangkaian tenaga. ETAP dapat melakukan penggambaran *single line diagram* secara grafis dan mengadakan beberapa analisis yakni *Load Flow* (aliran daya), *Short Circuit* (hubung singkat), *motor starting*, harmonisa, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *cable derating*. ETAP juga menyediakan *fasilitas library* yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan.

Program ini pertama kali dikembangkan oleh Brown, K, Shokooh, F, Abcede, H, dan Donner, G, pada Oper. Technology. Inc, Irvine, CA. USA,1990 pada paper “ *Interactive simulation of Power system: ETAP Application and Techniques*”. Program ETAP kemudian digunakan untuk studi analisis stabilitas transient dalam sistem tenaga listrik oleh Ramasudha, K; Prakash, V V S, 2003 pada paper “ *Power System Simulation Using Electrical Transient Analysis Program (ETAP)*”.

DIAGRAM ALIR PENELITIAN



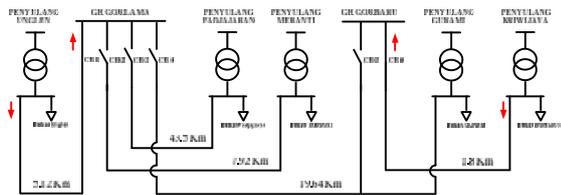
Gambar 2 Flowchart Perhitungan Drop Tegangan, Rugi Daya, dan Indeks Keandalan

HASIL DAN ANALISA

Analisa Kehandalan Pada GH GOR Lama dan GH GOR Baru

Pada saat kondisi normal daya pada GH GOR Lama disuplai dari Penyulang Unglen sebagai prioritas utama dan GH GOR Baru disuplai dari Penyulang Sriwijaya sebagai prioritas utama.

1. Hasil Simulasi dan Perhitungan Drop Tegangan dan Rugi Daya pada Penyulang Unglen ke GH GOR



Gambar 3 Kondisi Normal GH GOR

Tabel 1 Hasil Simulasi Rugi Daya Penyulang Unglen ke GH GOR

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch	From-To Bus Flow	To-From Bus Flow	Losses	% Bus Voltage	Vd				
ID	MW	Mvar	MW	Mvar	kvar	From	To	% Drop	in Vaag
T1	0.862	0.142	0.563	0.110	0.1	2.1	100.0	99.8	0.26
SKTM	-0.862	-0.142	0.563	0.110	0.1	0.0	99.8	99.8	0.01
Line1	0.862	0.142	-0.563	-0.110	0.0	-0.4	99.8	99.8	0.00
Line2	0.537	0.231	-0.437	-0.221	0.2	-0.7	99.8	99.7	0.05
Line7	0.226	0.110	-0.226	-0.110	0.0	-0.6	99.8	99.8	0.01
SKTM:GRIHANSUNDEL	0.261	0.152	-0.261	-0.152	0.0	0.0	99.7	99.7	0.00
Line5	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.0	-0.6	99.7	99.7	0.00
U481	0.597	0.332	-0.532	-0.306	4.4	24.6	99.7	99.7	2.14
Line9	0.121	0.077	-0.120	-0.079	0.0	-1.5	99.6	99.7	0.02
U442	0.002	0.003	-0.004	-0.021	0.8	2.0	99.3	99.7	2.19
Line11	0.130	0.054	0.130	0.054	0.0	0.1	99.7	99.7	0.00
T129	0.090	0.015	-0.010	-0.015	0.4	0.2	99.7	99.8	3.05
Line13	0.002	0.000	-0.003	-0.021	0.0	-1.2	99.7	99.7	0.01
U141	0.067	0.024	0.066	0.022	0.6	2.1	99.7	99.6	2.25
Line15	0.000	-0.001	0.000	0.001	0.0	-0.7	99.7	99.7	0.00
U162	0.002	0.002	-0.003	-0.020	0.8	1.6	99.7	99.7	2.33
SKTM1	0.000	-0.001	0.000	0.001	0.0	0.0	99.7	99.7	0.00
Line17	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.0	-0.7	99.7	99.7	0.00
SKTM:GHOR:GH	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	99.7	99.7	0.00
					0.0	20.1			

Tabel 2 Tegangan terendah dan Rugi Daya Penyulang Unglen ke GH GOR

No	Kondisi Normal Penyulang Unglen sebagai Penyuplai utama GII GOR			
	Kondisi	Jarak (km)	Simulasi	Manual
1	Tegangan Terendah (Volt)	5,12	19946	19948
2	Rugi Daya (kW)		8	8,1

Dari Tabel diatas maka dapat diketahui besar total rugi daya Penyulang Unglen sampai ke GH sebagai penyuplai utama berdasarkan simulasi

ETAP sebesar 8 KW dan tegangan terendah 19.946 kV.

2. Hasil Simulasi dan Perhitungan Drop Tegangan dan Rugi Daya pada Penyulang Sriwijaya ke GH GOR

Tabel 3 Hasil Simulasi Rugi Daya Penyulang Sriwijaya ke GH GOR Baru

Branch Losses Summary Report

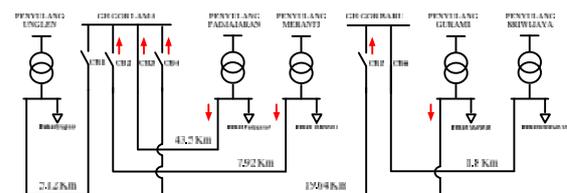
CKT / Branch	From-To Bus Flow	To-From Bus Flow	Losses	% Bus Voltage	Vd				
ID	MW	Mvar	MW	Mvar	kvar	From	To	% Drop	in Vaag
T1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	100.0	100.0	0.00	
SKTM:GHANEW	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	100.0	100.0		

Tabel 4 Tegangan terendah dan Rugi Daya Penyulang Sriwijaya sampai GH GOR

No	Kondisi Normal Penyulang Sriwijaya sebagai Penyuplai utama GH GOR			
	Kondisi	Jarak (km)	Simulasi	Manual
1	Tegangan Terendah (Volt)	0	20000	19999,6
2	Rugi Daya (kW)		-	0,68

Karena tidak ada beban pada Penyulang Sriwijaya dari Tabel diatas maka dapat diketahui besar total rugi daya Penyulang Sriwijaya sampai ke GH sebagai penyuplai utama berdasarkan simulasi ETAP sebesar 0 kW dan tegangan terendah 20.000 kV.

3. Hasil Simulasi dan Perhitungan Drop Tegangan dan Rugi Daya Penyulang Manuver ke GH GOR



Gambar 4 Manuver Penyulang Padjajaran ke GH GOR

Tabel 5 Hasil Simulasi dan Perhitungan Setelah Dilakukan Manuver

Penyulang	Setting Ecto	Kondisi Manuver		Tegangan Terendah (kV)		P (kW)	
		Vs (V)	Is (A)	Simulasi	Manual	Simulasi	Manual
Penyulang Padjajaran	360	19931	109.4	19764	18817	171.6	177.6
Penyulang Meranti	225	19692	106.6	19518	19512	41.3	42.2
Penyulang Gurah	360	19841	110.6	19516	19522	79	80.2

Perhitungan Indeks Keandalan

Setelah dilakukan perhitungan drop tegangan dan rugi daya selanjutnya akan dihitung nilai

indeks penyulang yang menyuplai GH GOR untuk melihat system keandalannya.

ANALISA DATA

Tabel 6 Banyaknya gangguan pada feeder di GH GOR

No	Penyulang/feeder	Jumlah Pelanggan	Banyak padam / Gangguan (kali)												Jumlah
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	
1	Unglen	1877	3	1	0	4	0	0	0	1	2	0	0	1	12
2	Meranti	4826	2	0	1	0	2	3	0	4	1	2	0	1	16
3	Gurami	4679	3	2	7	1	1	1	7	1	0	4	0	0	27
4	Padjajaran	9733										3	2	3	8

Tabel 7 Lamanya gangguan pada feeder di GH GOR

No	Penyulang/feeder	Jumlah Pelanggan	Lama padam / Gangguan (Menit)												Jumlah
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	
1	Unglen	1877	29	81	0	331	0	0	0	49	17	0	0	5	512
2	Meranti	4826	13	0	2	0	200	43	0	126	5	29	0	16	434
3	Gurami	4679	15	2	28	2	5	7	31	4	0	148	0	0	242
4	Padjajaran	9733										135	228	431	794

Dari analisa data dan hasil perhitungan yang dilakukan sesuai dengan rumus maka dapat dilihat nilai indeks yang didapatkan untuk masing-masing feeder ke arah GH GOR Jakabaring.

Tabel 8 Nilai indeks masing-masing feeder GH GOR

No	Penyulang/feeder	Nilai Indeks					
		SALFI	CALFI	SALDI	CALDI	ASAI	ASDI
1	Unglen	0.988	0.125	0.063	0.063	0.99908	0.00092
2	Meranti	0.207	0.495	0.137	0.105	0.99970	0.00030
3	Gurami	0.198	1.317	0.081	0.036	0.99980	0.00020
4	Padjajaran	0.276	0.251	0.507	0.815	0.99972	0.00028

Analisa Penyulang dalam keadaan normal

Pada saat kondisi normal, Penyulang Sriwijaya merupakan prioritas utama menyalurkan daya untuk GH GOR. Hasil tegangan terendah yang disalurkan ke GH GOR berdasarkan simulasi ETAP sebesar 20000 volt dengan persentase 0% dari total besarnya tegangan kirim 20000 volt dengan rugi daya sebesar 0 kW dan berdasarkan perhitungan manual tegangan yang tersalurkan ke GH GOR sebesar 19999.6 volt dengan rugi daya sebesar 0.68 kW. Sedangkan Penyulang Unglen merupakan prioritas kedua menyalurkan daya untuk GH GOR Lama. Hasil tegangan terendah yang disalurkan ke GH GOR berdasarkan simulasi ETAP sebesar 19946 volt dengan

persentase 0.11% dari total besarnya tegangan kirim 19968 volt dengan rugi daya sebesar 8 kW dan berdasarkan perhitungan manual tegangan yang tersalurkan ke GH GOR sebesar 19948 volt dengan rugi daya sebesar 8.1 kW.

Analisa Penyulang dalam keadaan gangguan

Saat Penyulang Unglen di GH GOR Lama mengalami gangguan dapat dilakukan manuver dari ketiga Penyulang lainnya yang terinterkoneksi di GH GOR Lama sehingga beban tetap tersalurkan maksimal.

- Manuver Pertama melalui Penyulang Meranti yang akan menyuplai GH GOR Lama, hasil tegangan terendah yang disalurkan ke GH GOR berdasarkan simulasi ETAP sebesar 19548 volt dengan persentase 0.74% dari total besarnya tegangan kirim 19692 volt dengan rugi daya sebesar 41,3 kW dan berdasarkan perhitungan manual tegangan yang tersalurkan ke GH GOR sebesar 19542 volt dengan rugi daya sebesar 42,2 kW.
- Manuver kedua melalui Penyulang Gurami yang akan menyuplai GH GOR Lama dan GH GOR Baru, hasil tegangan terendah yang disalurkan ke GH GOR berdasarkan simulasi ETAP sebesar 19516 volt dengan persentase 1.68% dari total besarnya tegangan kirim 19844 volt dengan rugi daya sebesar 79 kW dan berdasarkan perhitungan manual tegangan yang tersalurkan ke GH GOR sebesar 19522 volt dengan rugi daya sebesar 80,2 kW.

- Manuver ketiga melalui Penyulang Padjajaran yang akan menyuplai GH GOR Lama, hasil tegangan terendah yang disalurkan ke GH GOR berdasarkan simulasi ETAP sebesar 18764 volt dengan persentase 6.22% dari total besarnya tegangan kirim 19931 volt dengan rugi daya sebesar 171,6 kW dan berdasarkan perhitungan manual tegangan yang tersalurkan ke GH GOR sebesar 18817 volt dengan rugi daya sebesar 177,6 kW.

Dari hasil simulasi dan perhitungan untuk persentase drop tegangan Penyulang Unglen, Meranti dan Gurami masih sesuai dengan standar PLN sebesar 5% (SPLN 72 : 1987) sedangkan untuk Penyulang Padjajaran sudah melebihi dari nilai standar yang telah ditentukan.

Analisa Nilai Indeks SAIDI, SAIFI, CAIDI, CAIFI, ASAI DAN ASUI

Dari segi pelayanan pada pelanggan, menunjukkan bahwa:

- a. Untuk Indeks SAIFI, terlihat pada feeder Unglen memiliki nilai yang paling kecil yaitu 0.088, diikuti oleh feeder Padjajaran 0.276, feeder Meranti 0.297, dan feeder Gurami 0.498. Artinya feeder Unglen memiliki sistem yang lebih handal dibandingkan ketiga feeder lainnya. Untuk feeder Gurami memiliki nilai SAIFI yang paling tinggi dari feeder-feeder yang lainnya, tetapi masih dalam batas target PT. PLN ini menandakan pada feeder tersebut banyak mengalami gangguan (pemadaman) dalam satu tahun.
- b. Untuk indeks SAIDI, terlihat pada feeder Unglen memiliki nilai yang paling kecil yaitu 0.063, diikuti oleh feeder Gurami 0.081, feeder Meranti 0.137 dan feeder Padjajaran 0.507. Artinya feeder Unglen memiliki kinerja sistem yang lebih baik dibandingkan 3 feeder lainnya, sehingga hanya mengalami pemadaman dalam jangka waktu yang lebih singkat.
- c. Untuk indeks CAIFI, memberikan kontribusi banyaknya gangguan dalam ruang lingkup lebih kecil terdapat pada feeder Unglen sebesar 0.125 dan yang terbesar terdapat pada feeder Gurami sebesar 1.347.
- d. Untuk indeks CAIDI, memberikan kontribusi lamanya gangguan dalam ruang lingkup lebih kecil terdapat pada feeder Gurami sebesar 0.036 dan yang paling besar pada feeder Padjajaran sebesar 0.845.
- e. Untuk indeks ASAI, memberikan kontribusi kemampuan suatu system untuk menyuplai dalam jangka waktu 1 tahun, yang paling besar terdapat pada feeder Gurami sebesar 0.99980, dan yang paling kecil terdapat pada feeder Unglen sebesar 0.99908.
- f. Untuk indeks ASUI, memberikan kontribusi ketidakmampuan/ketidakersediaan suatu sistem untuk menyuplai dalam jangka waktu 1 tahun, yang paling besar terdapat pada feeder Unglen sebesar 0.00092 dan yang paling kecil terdapat pada feeder Gurami sebesar 0.00020.

Dari hasil simulasi dan perhitungan untuk nilai indeks SAIDI SAIFI Penyulang Unglen,

Gurami, Meranti dan Padjajaran masih sesuai dengan standar yang ditentukan oleh PT. PLN sebesar 6.2 kali/pelanggan untuk nilai indeks SAIFI dan 5.8 jam/pelanggan untuk nilai indeks SAIDI.

Analisa Penyebab Perbedaan Nilai Indeks Antara Satu Feeder dengan Feeder Lainnya

Berdasarkan hasil yang didapat sebelumnya diperoleh bahwa feeder Unglen memiliki nilai indeks yang lebih baik dibandingkan dengan feeder lainnya, selain dari faktor data sebelumnya dapat disimpulkan faktor lain yang menyebabkan perbedaan nilai indeks antara feeder ini yaitu panjang pendeknya jalur suatu feeder, dimana dengan semakin panjangnya jalur suatu feeder maka kemungkinan terjadinya gangguan/kegagalan akan semakin besar dibandingkan dengan feeder yang jalurnya lebih pendek. Ini terlihat pada feeder Unglen yang memiliki jalur lebih pendek dibandingkan feeder lainnya. Ada beberapa tindakan yang bisa dilakukan jika nantinya akan terjadi tingkat kegagalan pada GH. GOR Jakabaring yaitu :

- a. Melakukan perawatan terhadap rele, sehingga nantinya rele dapat bekerja dengan baik.
- b. Melakukan perawatan terhadap PMT.
- c. Melakukan rekonfigurasi feeder yang mana sekarang telah dilakukan dengan penambahan GH Baru dan Feeder Baru untuk menyuplai venue-venue Asian Games 2018.

SIMPULAN

Dari perhitungan dan analisa keandalan sistem distribusi pada GH. GOR Jakabaring yang dilakukan dengan menghitung drop tegangan, rugi daya dan nilai indeks maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Jumlah beban pada sistem GH GOR ialah sebesar 12 MVA. Dalam keadaan normal, Penyulang Sriwijaya merupakan prioritas utama penyaluran daya system GH GOR dengan kapasitas Trafo 60 MVA memiliki tegangan terendah di GH GOR sebesar 20000 volt, dengan rugi daya sebesar 0 kW, sedangkan untuk Penyulang Unglen merupakan prioritas kedua penyaluran daya di GH GOR Lama jika penyulang Sriwijaya

mengalami gangguan dengan kapasitas Trafo 30 MVA memiliki tegangan terendah di GH GOR sebesar 19946 volt, dengan rugi daya sebesar 8 kW dan memiliki nilai indeks SAIDI SAIFI yang terbaik dari penyulang lainnya.

2. Pada saat penyulang Unglen terjadi gangguan, Penyulang yang paling tepat untuk melakukan manuver adalah Penyulang Meranti dengan tegangan terendah 19548 volt diikuti Penyulang Gurami 19516 volt, sedangkan untuk Penyulang Padjajaran tidak direkomendasikan untuk melakukan manuver karena memiliki tegangan terendah sebesar 18764 volt yang telah melebihi dari nilai standar PLN sebesar 5% SPLN 72:1987, dilihat dari nilai indeks Penyulang yang paling tepat untuk melakukan manuver adalah Penyulang Gurami dengan nilai indeks SAIDI 0.081 diikuti dengan penyulang Meranti 0.137 dan Penyulang Padjajaran 0.507.

Pabla, A.S. 2007, Electric Power Distribution fifth Edition, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. New Delhi.

Willis, H. Lee. 2004, Power Distribution Planning Reference Book. Second Edition, Revised and Expanded, Raleigh, North Carolina, U.S.A. New York-Basel: Marcel Dekker, Inc.

Hermawan, R. 2014. "Analisa Rugi Daya Saluran pada Penyulang Arwana sebelum dan setelah perbaikan". Palembang: Jurusan Teknik Elektro Universitas Tridinanti : 2013

Sarimun, Wahyudi N. 2011. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Penerbit : Garamond. Bekasi.

a_no.name. Manual Help Etap Power Station 12.6.0

DAFTAR PUSTAKA

Anita, Ayu. 2016. *Analisis Manuver Jaringan Tenaga Listrik Penyulang Rayon Ampere PLN Palembang*, Palembang; Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti Palembang.

AsianGames2018. https://id.wikipedia.org/wiki/Asian_Games_2018 di akses pada tanggal 7 Desember 2016 pukul 15:15.

Haren, Puja Anugrah. 2013. *Pengertian ATS*. <http://harenpuja16.blogspot.co.id/2013/05/pengertian-ats.html> di akses pada tanggal 25 November 2016 pukul 23:26.

Morhelmubarak

<https://www.scribd.com/doc/9293763/Stu-di-Keterandalan-Sistem-Jaringan-Distribusi-Udara-20-kV-Pada-GH-Kandis> di akses pada tanggal 27 Februari 2017 pukul 9:45.

Momoh, A. James. 2008, Electric Power Distribution, Automation, Protection, And Control, CRC Press Taylor & Francis Group Boca Raton London New York.