

ANALISIS MANUEVER JARINGAN TERHADAP KEANDALAN KONTINUITAS PENYALURAN TENAGA LISTRIK PENYULANG DI AREA AMPENAN *[Analysis of Network Maneuvers Toward Continuity Reliability of Feeders Electric Power Transmission in Ampenan Area]*

Nurul Hidayah¹, Supriyatna², Agung Budi Muljono³

ABSTRAK

Manuver jaringan distribusi adalah kegiatan modifikasi terhadap operasi normal akibat dari adanya gangguan atau pekerjaan jaringan yang membutuhkan pemadaman tenaga listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui posisi manuver jaringan yang tepat menanggulangi beban penyulang yang mengalami gangguan dan mengetahui perubahan tingkat keandalan dalam 3 kondisi, yakni kondisi normal, kondisi gangguan, dan kondisi manuver jaringan, beserta probabilitas ketidakterlayanan pelanggan. Pada penelitian ini menggunakan metode deskriptif menggunakan data skunder PT.PLN (Persero) Cabang Mataram. Software yang digunakan adalah Matlab.V7.8.0 (R2009a) program Matpower 4.0. Hasil menunjukkan bahwa Penyulang Airlangga merupakan penyulang yang tepat mensupply Penyulang Perumnas yang mengalami gangguan dengan melakukan dua pertimbangan yakni sisa beban maksimal harus lebih besar dari beban hilang dan melihat losses terkecil dari kombinasi interkoneksi terhadap penyulang gangguan. Tingkat perbaikan keandalan dari kondisi gangguan ke kondisi manuver terhadap kondisi normal adalah SAIFI dari 85% menjadi 100% dan SAIDI dari 69% menjadi 94,8%.

Kata kunci: *Manuver, Indeks keandalan, Kontinuitas pelayanan, Gangguan.*

ABSTRACT

Maneuvering distribution network is a modification of the normal operating activities resulted from the disruption or work network that requires electrical power outage. This study aimed to determine the exact position maneuvers overcome network load feeders faulty and assess changes in the level of reliability in the three conditions, namely normal conditions, fault conditions, and conditions of maneuver network, along with the probability untreatment customers. In this study, descriptive method using secondary data PT.PLN (Persero) partnership Mataram. Software used is Matlab.V7.8.0 (R2009a) program Matpower 4.0. The results showed that the feeders are feeders right Airlangga feeders Perumnas supply is fault by two considerations namely residual maximum load must be greater than the burden of lost and saw the smallest losses from a combination of interconnecting the feeders interference. Improvement reliability level of fault conditions to conditions maneuver toward normal conditions is SAIFI from 85% to 100% and SAIDI from 69% to 94.8%.

Key words: *Maneuver, Reliability Index, Continuity treatment, fault*

PENDAHULUAN

Pengoperasian sistem tenaga listrik ditemui berbagai persoalan. Hal ini antara lain karena pemakaian tenaga listrik selalu berubah dari waktu ke waktu, biaya bahan bakar yang relatif tinggi serta kondisi alam lingkungan yang sering mengganggu jalannya operasi. Sistem kelistrikan Lombok juga sudah mengalami perubahan seiring dengan bertambahnya jumlah pembangkit dan beban serta komponen-komponen tenaga listrik sudah tidak dapat bekerja secara maksimal dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik.

Gangguan sistem tenaga listrik sering kali menyebabkan peralatan tidak dapat berfungsi dengan baik sehingga dapat

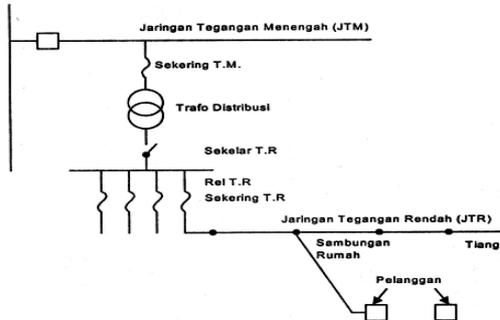
menyebabkan terjadinya suatu kegagalan dalam menjalankan fungsinya.

Kegagalan tersebut akan menyebabkan terganggunya penyediaan tenaga listrik dengan segala akibatnya bagi perusahaan listrik maupun konsumen, sehingga menurunkan nilai keandalan, termasuk keandalan dalam kontinuitas pelayanan pelanggan. Salah satu cara untuk menjaga kontinuitas pelayanan pelanggan adalah melakukan manuver jaringan.

Manuver atau manipulasi jaringan distribusi adalah serangkaian kegiatan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan atau pekerjaan jaringan yang membutuhkan

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat Indonesia

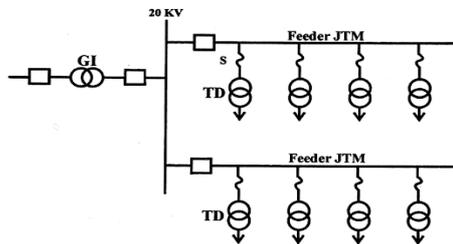
pemadaman tenaga listrik, sehingga dapat mengurangi daerah pemadaman dan agar tetap tercapai kondisi penyaluran tenaga listrik semaksimal mungkin.



Gambar 1. Jaringan Sistem Distribusi
 Sumber : Marsudi 2006, Operasi Sistem Tenaga Listrik

Sistem distribusi terdiri dari Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Baik JTM maupun JTR pada umumnya beroperasi secara radial. Dalam sistem yang perkembangannya masih baru, bebannya relatif masih rendah sehingga tidak diperlukan sistem transmisi. Ada berbagai konfigurasi Jaringan Distribusi Primer yaitu:

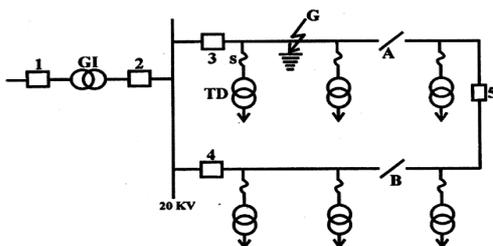
a. Konfigurasi Radial



Gambar 2. JTM Konfigurasi Radial
 Sumber : Marsudi 2006, Operasi Sistem Tenaga Listrik

Keuntungannya ada pada kesederhanaan dari segi teknis dan biaya investasi yang rendah. Adapun kerugiannya apabila terjadi gangguan dekat dengan sumber, maka semua beban saluran tersebut akan ikut padam sampai gangguan tersebut dapat diatasi.

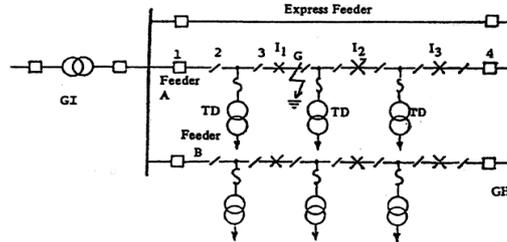
b. Konfigurasi Ring



Gambar 3. JTM Konfigurasi Ring
 Sumber : Marsudi 2006, Operasi Sistem Tenaga Listrik

Umumnya PMT no. 5 dibuka karena dalam JTM tidak tersedia sistem relay yang memadai untuk menutup.

c. Konfigurasi Spindel



Gambar 4. JTM Konfigurasi Spindel
 Sumber : Marsudi 2006, Operasi Sistem Tenaga Listrik

Keadaan normal semua PMT dan PMS dari setiap feeder yang keluar dari GI dalam keadaan masuk kecuali PMT dan PMS feeder yang ada di Gardu Hubung (GH). Hanya PMT dan PMS dari Express Feeder di GH yang dalam keadaan masuk.

Sebagai tolok ukur pada kegiatan operasi terdapat beberapa parameter, yaitu:

- a. Mutu listrik; Mutu tenaga listrik ini meliputi :
 - Kontinuitas penyediaan; apakah tersedia 24 jam sepanjang tahun. Mutu pelayanan antara lain tergantung dari lamanya pemadaman dan kerapnya pemadaman yang terjadi. (SPLN59, 1985 tentang keandalan pada sistem distribusi 20 kV dan 6 kV)
 - Nilai tegangan; apakah selalu ada dalam batas-batas yang diijinkan (JTM + 5% dan JTR maksimum 5% minimum 10%).
 - Nilai frekuensi; apakah selalu ada dalam batas-batas yang diijinkan (+ 5%).
 - Kedip tegangan; apakah besarnya dan lamanya masih dapat diterima oleh pemakai tenaga listrik.
 - Kandungan harmonisa; apakah jumlahnya masih dalam batas-batas yang diterima oleh pemakai tenaga listrik.
- b. Keandalan penyaluran tenaga listrik; Suatu besaran untuk membandingkan penampilan sistem distribusi. Dua indeks keandalan yang paling sering digunakan dalam sistem distribusi adalah indeks frekuensi pemadaman rata-rata (f) dan indeks lama pemadaman rata-rata (d). (SPLN59, 1985 tentang keandalan pada sistem distribusi 20kV dan 6kV).

Dua indeks keandalan tersebut dikenal dengan *Sistem Average Interruption Duration Index (SAIDI)* dan *Sistem Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*. Rumus perhitungannya yaitu :

$$f = \frac{\sum_{i=1}^m C_i \text{ pemadaman}}{N \text{ tahun}} \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

m = Jumlah pemadaman dalam satu tahun

C_i = Jumlah konsumen yang mengalami pemadaman

N = Jumlah konsumen yang dilayani

$$d = \frac{\sum_{i=1}^m C_i t_i \text{ jam}}{N \text{ tahun}} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

m = jumlah pemadaman dalam satu tahun

t_i = lamanya tiap-tiap pemadaman

C_i = jumlah konsumen yang mengalami pemadaman

N = jumlah konsumen yang dilayani.

Pengoperasian jaringan distribusi tegangan menengah tersebut dilaksanakan dengan :

1. Memanuver atau memanipulasi jaringan, dengan menggunakan telekontrol (pengontrolan *switch* jarak jauh) maupun dilokasi *switch* yang akan dibuka atau ditutup.
2. Menerima informasi - informasi mengenai keadaan jaringan dan kemudian membuat penilaian (*observasi*).
3. Menerima besaran - besaran pengukuran pada jaringan yang kemudian membuat penilaian (*observasi*).
4. Mengkoordinasikan pelaksanaannya dengan pihak-pihak lain yang bersangkutan.
5. Mengawasi jaringan secara kontinyu.
6. Mengusut dan melokalisir gangguan jaringan.
7. Mendeteksi gangguan jaringan sehingga titik gangguannya dapat ditemukan untuk diperbaiki.

Kegiatan operasi distribusi ini dibedakan dalam dua keadaan yaitu keadaan normal dan keadaan gangguan. Operasi sistem distribusi juga tergantung dari beberapa hal, antara lain berdasarkan pada konfigurasi dan pola jaringan sistem distribusi yang digunakan.

Tingkat kontinuitas pelayanan dari sarana penyalur disusun berdasarkan lamanya upaya menghidupkan kembali suplai, setelah mengalami pemutusan karena gangguan. Tingkatan-tingkatan itu antara lain, (SPLN 52, 1983 tentang pedoman penerapan standar ISO 3744 dan 3746) :

- Tingkat 1 : dimungkinkan padam berjam-jam. Yaitu waktu yang diperlukan untuk mencari dan memperbaiki bagian yang rusak karena gangguan.

- Tingkat 2 : padam beberapa jam. Yaitu waktu yang diperlukan untuk mengirim petugas ke lapangan, melokalisasi kerusakan dan melakukan manipulasi untuk menghidupkan sementara kembali dari arah atau saluran yang lain.
- Tingkat 3 : padam beberapa menit. Manipulasi oleh petugas yang *stand by* di gardu atau dilakukan deteksi atau pengukuran dan pelaksanaan manipulasi jarak jauh.
- Tingkat 4 : padam beberapa detik. Pengaman dan manipulasi secara otomatis.
- Tingkat 5 : tanpa padam. Dilengkapi instalasi cadangan terpisah dan otomatisasi penuh.

Probabilitas adalah nilai kebolehjadian diberikan pada suatu kejadian. Secara lebih rinci probabilitas ditetapkan sebagai fungsi real tertentu pada suatu kejadian. Nilai probabilitas berada pada interval 0 dan 1 dimana nilai probabilitas 1 menyatakan kejadian yang pasti terjadi dan nilai probabilitas 0 menyatakan kejadian yang tak mungkin terjadi.

Jadi probabilitas kejadian E (P[E]) harus memenuhi persamaan 0 ≤ P[E] ≤ 1

Probabilitas suatu kejadian tidak dianggap sama, tergantung dari berapa banyak suatu kejadian terjadi.

$$P(E) = \frac{n(E)}{n(S)} \dots\dots\dots(3)$$

Pada aliran daya, bus-bus dibagi menjadi 3 macam, yaitu:

- a. *Slack bus* atau *swing bus* atau bus referensi
- b. *Voltage controlled bus* atau bus generator
- c. *Load bus* atau bus beban

Pada tiap-tiap bus terdapat empat besaran, yaitu:

- a. Daya real atau daya aktif P
- b. Daya reaktif Q
- c. Harga skalar tegangan |V|
- d. Sudut fasa tegangan θ

Pada tiap-tiap bus hanya ada dua macam besaran yang ditentukan sedangkan kedua besaran yang lain merupakan hasil dari perhitungan. Besaran-besaran yang ditentukan itu adalah:

- a. *Slack bus* ; harga skalar |V| dan sudut fasanya θ
- b. *Voltage controlled bus*; daya real P dan harga skalar tegangan |V|
- c. *Load bus* ; daya real P dan daya reaktif Q

Slack bus berfungsi untuk menyuply kekurangan daya real P dan daya reaktif Q pada sistem.

Tujuan Penelitian ini adalah Untuk mengetahui posisi manuver jaringan yang tepat untuk menanggulangi beban penyulang yang mengalami gangguan atau pemeliharaan dan Untuk mengetahui tingkat keandalan penyulang terhadap pemadaman pelanggan untuk 3 kondisi: normal, gangguan, dan manuver jaringan dan probabilitas ketidakterlayanan pelanggan pada titik-titik LBS ketika terjadi gangguan pada penyulang Area Ampenan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui peran manuver jaringan terhadap tingkat keandalan kontinuitas penyaluran tenaga listrik sistem distribusi pada penyulang yang ada di Area Ampenan. Penelitian ini menggunakan Metode deskriptif dimana sistem analisis aliran daya yang diamati dalam 3 kondisi, yaitu: kondisi normal, kondisi gangguan atau pemeliharaan, dan kondisi manuver jaringan.

Aliran daya dengan metode Newton-Raphson menggunakan *software* Matlab v 7.8.0 (R2009a), program Matpower 4.0

Proses penelitian dilaksanakan sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Mencari informasi dengan cara membaca dan mempelajari yang berhubungan dengan masalah yang dibahas dari berbagai media informasi (internet).

2. Pengumpulan Data

Data merupakan faktor utama dalam penelitian ini. Metode pengumpulan data yang diambil dalam penelitian ini adalah metode studi documenter

3. Menentukan penyulang yang akan dimanuver

4. Membuat simulasi aliran daya

5. Khususnya untuk kondisi manuver jaringan akan dimanipulasi sesuai dengan pertimbangan-pertimbangan:

- Membandingkan waktu rata-rata pemulihan gangguan dengan waktu rata-rata untuk manuver
- Diasumsikan setiap *line* terdapat LBS
- Kemungkinan untuk manuver jaringan sesuai dengan sisa beban maksimum

6. Menghitung nilai indeks kegagalan SAIDI dan SAIFI

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, akan ditunjukkan hasil dari penyulang yang tepat untuk menanggulangi beban hilang pada penyulang

yang mengalami gangguan dan perubahan indeks keandalan kontinuitas pelayanan pelanggan untuk tiga kondisi.

Penyederhanaan *Single line* penyulang-penyulang tersebut dapat dilihat pada Gambar 5, *line* yang berwarna merah menunjukkan bahwa LBS dalam status *Normally Open*

Tabel 1. Beban Maksimal Delapan Penyulang Ampenan

No.	Penyulang	Beban Normal (kW)	Beban Maksimal (kW)	Daya Sisa (kW)
1	Cemara	2.918,45	8.086	5.167,56
2	Gunung Sari	4.358,93	6.75	2.391,07
3	Perumnas	4.675,06	8.422	3.746,94
4	Mataram	2.899,60	6.75	3.850,40
5	Airlangga	2.002,37	6.75	4.747,63
6	Dasan Agung	2.945,99	6.75	3.804,01
7	Batu Layar	2.425,39	6.75	4.324,61
8	Pagesangan	3.229,02	6.75	3.520,98

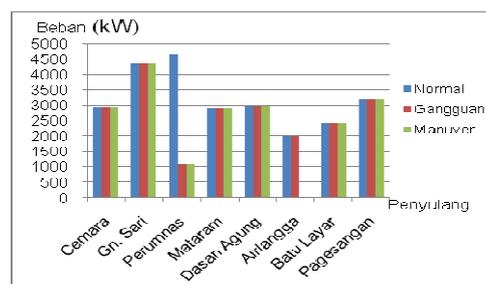
Sumber : PT. PLN (Persero) Sektor Ampenan

Pada penelitian ini diasumsikan pada kondisi gangguan, penyulang gangguan adalah Penyulang Perumnas, gangguan yang terjadi adalah gangguan Jaringan Tegangan Menengah (JTM). Standar perbaikan untuk gangguan JTM adalah 120 menit (2 jam). Waktu manuver jaringan adalah 20 menit (1/3 jam).

Penyulang Perumnas terjadi pemutusan pada LBS SMU 2. Setelah terjadi pemutusan di *line* tersebut maka *line* yang terhubung setelah bus yang terjadi pemutusan akan mengalami pemadaman.

Tabel 2. Jumlah Beban (kW) Terlayani Pada 3 Kondisi

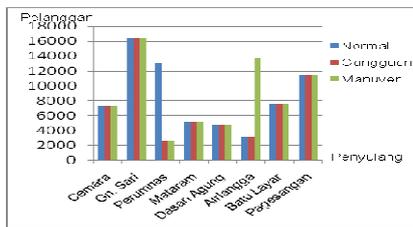
No.	Penyulang	Beban (KW)		
		Normal	Gangguan	Manuver
1	Cemara	2.918,45	2.918,45	2.918,45
2	Gn. Sari	4.358,93	4.358,93	4.358,93
3	Perumnas	4.675,06	1.099,11	1.099,11
4	Mataram	2.899,60	2.899,60	2.899,60
5	Dasan Agung	2.945,99	2.945,99	2.945,99
6	Airlangga	2.002,37	2.002,37	5.578,33
7	Batu Layar	2.425,39	2.425,39	2.425,39
8	Pagesangan	3.229,02	3.229,02	3.229,02
Total		25.454,81	21.878,86	25.454,81



Gambar 6. Jumlah Beban (kW) Terlayani

Tabel 3. Jumlah Pelanggan Terlayani Pada 3 Kondisi

No.	Penyulang	Pelanggan		
		Normal	Gangguan	Manuver
1	Cemara	7.401	7.401	7.401
2	Gn. Sari	16.401	16.401	16.401
3	Perumnas	13.138	2.561	2.561
4	Mataram	5.19	5.19	5.19
5	Dasan Agung	4.704	4.704	4.704
6	Airlangga	3.187	3.187	13.764
7	Batu Layar	7.622	7.622	7.622
8	Pagesangan	11.354	11.354	11.354
Total		68.997	58.42	68.997



Gambar 7. Jumlah Pelanggan Terlayani di Area Ampenan

- Daya yang tidak terlayani
 = Daya normal – Daya gangguan
 = 25.454,81 – 23.337,90
 = 2.116,91 kW
- Pelanggan yang tidak terlayani
 = Pel. normal – Pel. gangguan
 = 68.997 – 62.494
 = 6.503 pelanggan

Sehingga tingkat keandalan kontinuitas pelayanan pelanggan di Area Ampenan dapat dihitung menggunakan persamaan 1 dan 2.

- Kondisi Normal
 Pada kondisi normal, semua pelanggan di Area Ampenan terlayani. Sehingga nilai SAIFI dan SAIDI bernilai 0
- Kondisi Gangguan

$$SAIFI = \frac{10.577}{68.997}$$

$$SAIFI = 0,31 \text{ kali/pelanggan}$$

$$SAIDI = \frac{(2 \times 10.577)}{68.997}$$

$$SAIDI = 0,15 \text{ jam/pelanggan}$$

Sedangkan untuk mengetahui nilai probabilitas ketidakterlayanan pelanggan ketika terjadi gangguan LBS *open* adalah menggunakan persamaan 3.

- Kondisi Manuver

$$P(E) = \frac{10.577}{68.997}$$

$$P(E) = 0,15 \text{ pelanggan}$$

Pemilihan penyulang yang akan menanggulangi beban hilang pada penyulang gangguan berdasarkan dua parameter, yaitu sisa beban maksimal dan *losses*.

- Manuver Berdasarkan Besarnya Sisa Beban Maksimal
 Manuver dapat dilakukan apabila sisa beban maksimal lebih besar dari pada beban yang hilang. Berdasarkan beban yang hilang, Penyulang Perumnas manuver hanya dapat dilakukan melalui dua penyulang yaitu Penyulang Airlangga dan Penyulang Dasan Agung
- Manuver Berdasarkan Besarnya *Losses*
 Besar *losses* 8 penyulang yang didapatkan pada aliran daya menggunakan *software* Matlab berdasarkan beberapa kombinasi hubungan interkoneksi terhadap Penyulang Perumnas dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. *Losses* Kombinasi Hubungan Interkoneksi Penyulang Perumnas

No.	Penyulang Interkoneksi	Losses		Perubahan Losses (%)	
		P (kW)	Q (kVAr)	P	Q
1	Airlangga	1.347,03	1.230,51	1,95	4,57
2	Dasan Agung	1.513,67	1.383,80	14,56	17,60
3	Pagesangan	1.465,84	1.558,56	10,94	32,45
4	Pagesangan Airlangga	1.537,07	1.733,68	16,33	47,34
5	Airlangga Dasan Agung	1.348,32	1.230,11	2,05	4,54

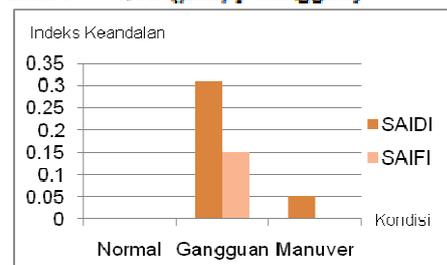
Kombinasi penyulang dari Tabel (4) didapat *losses* terendah Penyulang Perumnas-Airlangga, berarti Penyulang Airlangga adalah penyulang yang paling tepat untuk menanggulangi beban hilang dari Penyulang Perumnas.

$$SAIFI = \frac{0}{68.997}$$

$$SAIFI = 0,00 \text{ (kali/pelanggan)}$$

$$SAIDI = \frac{(\frac{1}{3} \times 10.577)}{68.997}$$

$$SAIDI = 0,05 \text{ (jam/pelanggan)}$$



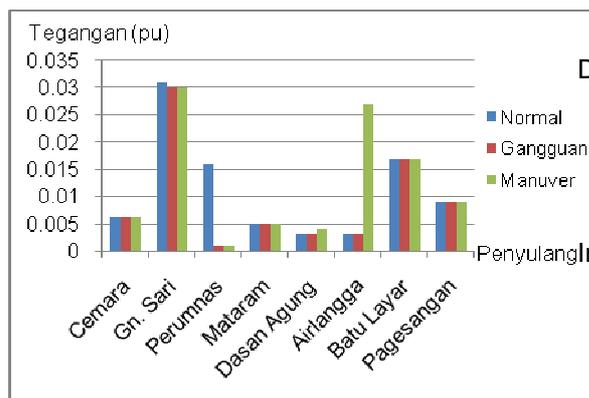
Gambar 8. SAIDI dan SAIFI Penyulang di Area Ampenan

Perbaikan indeks keandalan dari kondisi gangguan ke kondisi manuver jaringan terhadap kondisi normal untuk SAIDI dari 69% menjadi 95% dan untuk SAIFI dari 85% menjadi 100%.

Jatuh tegangan setiap kondisi pada masing-masing penyulang di Area Ampenan dapat dilihat pada Tabel (5) dan digambarkan pada Gambar (9).

Tabel 5. Jatuh Tegangan Tiap Penyulang di Area Ampenan

No.	Penyulang	Jatuh Tegangan (pu)		
		Normal	Gangguan	Manuver
1	Cemara	0,006	0,006	0,006
2	Gn. Sari	0,031	0,030	0,030
3	Perumnas	0,017	0,001	0,001
4	Mataram	0,005	0,005	0,005
5	Dasan Agung	0,003	0,003	0,004
6	Airlangga	0,003	0,003	0,027
7	Batu Layar	0,017	0,017	0,017
8	Pagesangan	0,009	0,009	0,009



Gambar 9. Jatuh Tegangan Tiap Penyulang di Area Ampenan

KESIMPULAN

Delapan Penyulang Area Ampenan yang dapat saling bermanuver adalah: Penyulang Cemara–Penyulang Gunung Sari, Penyulang Cemara–Penyulang Mataram, Penyulang Gunung Sari–Penyulang Batu Layar, Penyulang Perumnas–Penyulang Airlangga, Penyulang Perumnas–Penyulang Dasan Agung, Penyulang Perumnas–Penyulang Pagesangan, dan Penyulang Mataram–Penyulang Airlangga

Penyulang yang tepat untuk mensupply beban hilang pada Penyulang Perumnas adalah Penyulang Airlangga

Persentase perbaikan indeks keandalan dari kondisi gangguan ke kondisi manuver jaringan terhadap kondisi normal untuk SAIDI dari 69% menjadi 95% dan untuk SAIFI dari 85% menjadi 100%. Sehingga

manuver jaringan dapat memperbaiki indeks keandalan kontinuitas pelayanan pelanggan ketika gangguan jaringan.

SARAN.

Manuver jaringan perlu dilakukan ketika mengalami gangguan atau pemeliharaan jaringan yang membutuhkan waktu pemulihan lebih lama dari pada waktu yang dibutuhkan untuk melakukan manuver jaringan.

Perlu menambahkan LBS *Motorise* untuk mempersingkat waktu yang dibutuhkan untuk membuka *switch* sehingga mempersingkat waktu pemadaman pelanggan.

Memperbaharui data penomoran trafo distribusi pada *single line* untuk mempermudah penelitian-penelitian yang akan dilakukan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Cekdin, Cekmas, 2007, "Sistem Tenaga Listrik-Contoh Soal dan Penyelesaiannya menggunakan Matlab", Andi, Yogyakarta
- Dermawan, Dodk Arwin, "Simulasi Multi Atribut Di Dasarkan pada Agen Untuk Keandalan Distribusi Energi Listrik Menggunakan Metode LVQ", Institut Teknologi Sepuluh November Kampus ITS, Keputih-Sukolilo, Surabaya
- Irfan Januario, 2011, "Evaluasi Keandalan Penyulang Pada Sistem Kelistrikan Lombok Dengan Metode Reliability Network Equivalent Approach (RNEA)", Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Mataram
- Ismaidah, Indah., 2009, "Evaluasi Pemasangan Dan Rencana Relokasi Automatic Vacuum Switch (Avs) Guna Peningkatan Keandalan Jaringan Pada Penyulang Cemara", Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Mataram
- Mahendra, miko., 2011, "Pengaruh Penambahan PLTU Teluk Sirih 100 Megawatt pada Sistem Sumatera Bagian Tengah", Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang
- Manuaba, IBG. dkk., 2004, "Studi Keandalan Penyulang 20 KV Di Gardu Induk Padang Sambilan Menggunakan Metode Simulasi Monte Carlo", Fakultas Teknik Universitas Udayana
- Marsudi, Djiteng, 2006, "Operasi Sistem Tenaga Listrik", Graha Ilmu, Yogyakarta
- Marsudi, Djiteng, 2005, "Pembangkitan Energi Listrik", Erlangga, Yogyakarta
- Saodah, Siti., 2008, "Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik

- Berdasarkan SAIDI dan SAIFI*”, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional.
- SPLN 52, 1983, “*Pedoman Penerapan Standar ISO 3744 dan 3746*”, Kebayoran Baru. Jakarta
- SPLN 109-3, 1996, “*POLA SCADA.*” *Bagian 3 : Pengatur Wilayah.* Kebayoran Baru. Jakarta
- SPLN59, 1985, “*Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*”, Kebayoran Baru. Jakarta
- Stevenson, William G., 1983, “*Analisis Sistem Tenaga Listrik*”, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta