
ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI PADA PENYULANG JAMAICA PLN AREA BANGKA

Tomy Dwi Prasetyo¹⁾ Asmar²⁾, Muhammad Jumnahdi³⁾

Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro¹⁾
Dosen Pembimbing Utama²⁾, Dosen Pembimbing Pendamping³⁾
Universitas Bangka Belitung

ABSTRACT

Increasing public demand for electrical energy makes the electrical system required to have a high level of reliability in order to meet the supply of electrical energy to consumers. The reliability index is a measure of reliability expressed in the magnitude of probability. The reliability evaluation of radial configurations requires considerable and complex calculations. The Section Technique method is used to analyze the reliability of the distribution system, by dividing several parts of the distribution feeder, each equipment failure is analyzed from all load points. A bottom-up approach where one model of failure is considered at the time. As a sample in this study, a Jamaica feeder was taken, which was a radial configuration. From this reliability study obtained the value of load point index and system index. To find the value of load point index, SAIFI, and SAIDI, calculations have been done using section technique method. The results of the study showed that the value of SAIFI of Jamaican feeder was 6,660 (off/customer/year), and SAIDI value was 21,389 (hour/customer/year).

Keywords: Reliability, Section Technique Method, SAIDI, SAIFI

INTISARI

Semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan energi listrik membuat sistem tenaga listrik dituntut untuk mempunyai tingkat keandalan yang tinggi guna memenuhi pasokan energi listrik ke konsumen. Indeks keandalan merupakan ukuran keandalan yang dinyatakan dalam besaran probabilitas. Evaluasi keandalan konfigurasi radial membutuhkan perhitungan yang cukup rumit dan sangat banyak. Metode *Section Technique* digunakan untuk menganalisis keandalan sistem distribusi, dengan membagi beberapa bagian penyulang distribusi, masing-masing kegagalan peralatan dianalisis dari semua titik beban (*load point*). Pendekatan yang dilakukan dari bawah ke atas dimana yang dipertimbangkan satu model kegagalan pada suatu waktu. Sebagai sampel dalam penelitian ini diambil penyulang Jamaica, yang merupakan penyulang berkonfigurasi radial. Dari studi keandalan ini didapatkan nilai indeks *load point* dan indeks sistem. Untuk mencari nilai indeks *load point*, SAIFI, dan SAIDI, telah dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *section technique*. Hasil studi menunjukkan, nilai SAIFI penyulang Jamaica adalah sebesar 6,660 (padam/pelanggan/tahun), dan nilai SAIDI sebesar 21,389 (jam/pelanggan/tahun).

Kata Kunci : Keandalan, Metode *Section Technique*, SAIDI, SAIFI

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. PLN (Persero) Area Bangka bergerak di bidang pelayanan distribusi listrik. Merupakan salah satu perusahaan listrik di Kepulauan Bangka Belitung yang berada di bawah wewenang PT. PLN (Persero) Wilayah Bangka Belitung. Pada penelitian ini, penulis melakukan perhitungan nilai keandalan pada penyulang Pangkalpinang 5 (Jamaika). Penyulang Jamaica sendiri adalah salah satu penyulang yang disuplai dari pembangkit listrik di Merawang sampai dengan Bandara Depati Amir Pangkalpinang.

Penyulang Jamaica memiliki 57 *load point* berupa trafo distribusi dengan total pelanggan 3.588 sampai dengan Desember 2016. Penyulang ini terbagi menjadi 75 *line* dengan total panjang 43,441 km. Pada penyulang yang dianalisis jumlah *sectionalizer* ada 8 buah, dan penyulang terbagi menjadi 8 seksi dengan 2 cabang pada seksi 5 dan 6. Dari jumlah *load point* dan panjang penghantar, penyulang ini tergolong penyulang yang cukup panjang. Penyulang Jamaica memiliki konfigurasi radial saat pengoperasian normal, sebagai cadangan suplai listrik ke bandara Depati Amir, penyulang Jamaica bisa diparalel dengan penyulang Thailand dari GI Air Anyir.

Dampak yang terjadi dengan padamnya penyulang Jamaika sangat mempengaruhi penerbangan dari dan menuju pangkalpinang, juga sebagai salah satu gerbang pertama datangnya wisatawan domestik maupun internasional. maka dari itu penyulang Jamaika dituntut mempunyai kehandalan yang tinggi karena penyulang ini menyuplai pelanggan dengan tingkat kebutuhan suplai listrik kontinuitas yang tinggi.

Faktor faktor yang mempengaruhi keandalan sistem seperti umur komponen penyusun sistem, gangguan akibat kondisi alam dan konfigurasi sistem harus dapat dianalisis lebih jauh lagi. Dari segi gangguan akibat alam tim pemeliharaan area Bangka rutin melakukan penebangan atau perambasan pohon pada penyulang Jamaika ini. Untuk konfigurasi jaringan bandara disuplai dari dua sumber yang berbeda dengan pembangkit yang berbeda juga. Sedangkan dari komponen penyusun sistem area Bangka hanya melakukan pemeliharaan secara korektif, ketika peralatan tersebut rusak PLN area Bangka baru menggantinya. Untuk hal yang prediktif PLN Area Bangka melakukan uprating penyulang

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang permasalahan diatas yang menjadi rumusan masalah adalah menganalisis keandalan sistem distribusi 20 kV pada penyulang Jamaika di PT. PLN (Persero) Area Bangka dengan metode *section technique*.

1.3 Batasan Masalah

Pembahasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Analisis dari Penelitian ini adalah sistem distribusi di PT. PLN (Persero) Area Bangka, pada penyulang Jamaika dengan tegangan distribusi 20 kV.
2. Menghitung indeks keandalan SAIFI, SAIDI dan CAIDI berdasarkan laju kegagalan, waktu perbaikan serta jumlah peralatan pada setiap titik beban (*load point*).
3. Metode yang digunakan adalah metode *section technique*.

Data yang digunakan adalah data perusahaan PLN Area Bangka tahun 2016.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yang ingin dicapai adalah membandingkan nilai indeks keandalan SAIFI, SAIDI dan CAIDI dengan standar yang sudah ditetapkan PLN, sehingga dapat mengetahui keandalan sistem distribusi 20 kV pada penyulang Jamaika.

1.5 Manfaat Penelitian

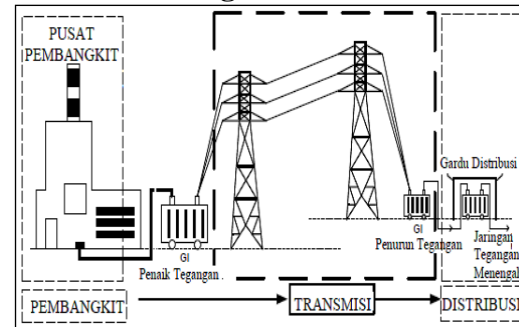
Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai acuan untuk mengetahui tingkat keandalan sistem jaringan distribusi PT.PLN (Persero) Area Bangka.
2. Menentukan prioritas tindakan perbaikan yang harus dilakukan terhadap kerusakan jaringan yang terjadi. Khususnya pada jaringan distribusi 20 kV.

3. Penelitian ini dapat menjadi salah satu acuan dalam meminimalisir permasalahan di sistem distribusi 20 kV secara teknis sehingga energi listrik dapat digunakan secara efisien khususnya PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan listrik di Indonesia.
4. Untuk menambah referensi-referensi bagi peneliti selanjutnya dalam sistem keandalan distribusi.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Tenaga Listrik



Sistem tenaga listrik sangatlah luas kompleks karena terdiri dari komponen peralatan atau mesin listrik seperti generator, transformator, beban dan alat-alat pengaman dan pengaturan yang saling berhubungan dan membentuk suatu sistem yang digunakan untuk membangkitkan, menyalurkan, dan menggunakan energi listrik. Terdapat tiga bagian penting dalam proses penyaluran tenaga listrik yang saling berkaitan dan membentuk suatu sistem tenaga listrik, yaitu :

- a. Sistem Pembangkitan
- b. Transmisi
- c. Distribusi

Sistem distribusi merupakan keseluruhan komponen dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan secara langsung antara sumber daya yang besar (GI) dengan konsumen tenaga listrik. Secara umum yang termasuk ke dalam sistem distribusi antara lain, :

1. Gardu Induk (GI)
2. Jaringan Tegangan Menengah
3. Gardu Distribusi (Transformator)
4. Jaringan Tegangan Rendah

2.2 Keandalan

Keandalan sistem merupakan kemampuan dari suatu sistem (sistem distribusi listrik) untuk melakukan pekerjaan berdasarkan fungsinya selama kurun waktu tertentu. Keandalan suatu sistem jaringan distribusi dapat dinilai dari banyaknya gangguan yang terjadi dan berapa lama waktu yang diperlukan untuk memperbaiki gangguan tersebut (Ali A. Chowdory, 2009). Keandalan merupakan peluang bekerjanya suatu peralatan atau sistem sesuai dengan fungsinya pada waktu tertentu dan kondisi tertentu. Peluang yang merepresentasikan indeks keandalan memiliki rentang nilai 0 (nol) sampai dengan 1 (satu). Keandalan sistem atau peralatan bernilai 0 berarti memiliki peluang sukses 0% dan keandalan sistem atau peralatan bernilai 1 memiliki peluang sukses 100 %. Nilai keandalan ini

adalah fungsi terhadap waktu, artinya keandalan sebuah sistem atau peralatan akan bervariasi sesuai dengan waktu dimana evaluasi keandalan tersebut dilakukan sistem atau peralatan yang sama dan diukur saat waktu operasi yang sama akan mungkin memiliki keandalan yang berbeda jika kondisi operasi kedua sistem atau peralatan sejenis tersebut berbeda.

2.3 Metode section technique

Metode ini didasarkan pada bagaimana pengaruh dari kegagalan suatu peralatan terhadap operasi sistem. Efek dari gangguan peralatan tersebut secara sistematis diidentifikasi dengan menganalisis apa yang terjadi pada sistem jika gangguan peralatan terjadi. Masing-masing kegagalan peralatan dianalisis dari semua titik beban (*load point*). Pendekatan yang dilakukan dari bawah ke atas dimana yang dipertimbangkan satu model kegagalan pada suatu waktu.

2.4 Indeks kegagalan peralatan sistem distribusi

Berikut adalah indeks kegagalan peralatan untuk perhitungan keandalan sistem distribusi dengan metode *section technique* berdasarkan SPLN No. 59 Tahun 1985 Mengenai “Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV” yang terdiri dari data kegagalan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan data kegagalan serta waktu perbaikan peralatan yang ada pada sistem distribusi.

Tabel 2.1. Data indeks kegagalan saluran udara tegangan menengah (SPLN 59 ;1985)

Saluran Udara	
Angka keluar (λ /km/tahun)	0,2
Waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kawat penghantar udara (r)(jam)	3
Menerima panggilan adanya pemadaman dan waktu yang dibutuhkan untuk perjalanan ke G.I (jam)	0,5
Waktu yang dibutuhkan untuk sampai dari satu gardu ke gardu berikutnya (jam)	0,16

Tabel 2.2. Data indeks kegagalan peralatan (SPLN 59 ;1985)

Peralatan	λ (unit/tahun)	r (repair time) (jam)	r_s (switching time) (jam)
Trafo	0.005	10	0.15
Pemutus	0.004	10	0.15
Pemisah	0.003	10	0.15
Penutup balik	0.005	10	0.25

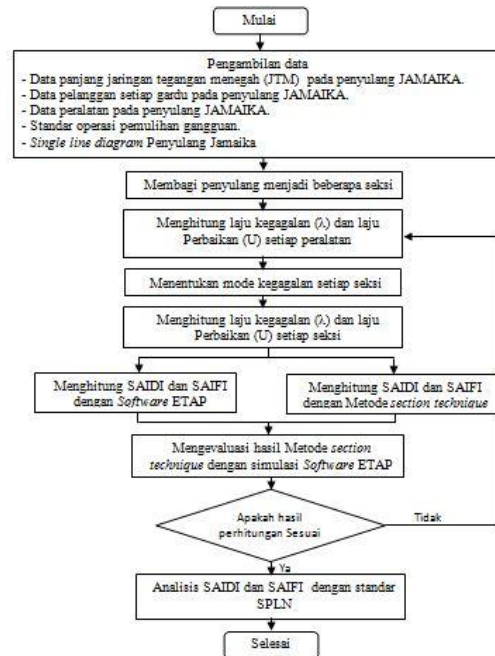
3. Metode Penelitian

3.1 Langkah Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan yang ditempuh oleh penulis antara lain yaitu tahapan pertama penginputan data, dilakukan dengan meminta data pelanggan dan panjang penyulang Jamaika ke

pada pihak PLN, setelah itu penulis melakukan perhitungan dan rekapitulasi data, jika terdapat data yang kurang penulis meminta konfirmasi kepada pihak PLN, dan jika ternyata setelah di konfirmasi masih terdapat selisih penulis melakukan tinjauan lapangan untuk di masukan ke dalam perhitunga metode *section technique* ini.

Berikut adalah *flow chart* dalam analisis keandalan sistem distribusi dengan metode *section technique* seperti pada gambar 3.1.

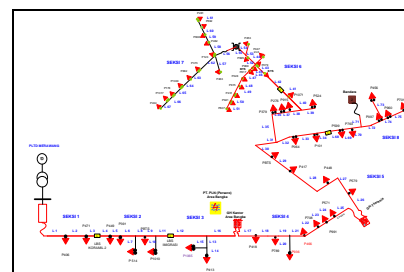


Gambar 3.1 *flow chart* proses perhitungan keandalan penyulang Jamaika

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Single Line Diagram Penyulang Jamaika

Dalam melakukan analisis, hal yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah mengetahui *single line* diagram penyulang, sehingga dapat diketahui komponen apa saja yang ada pada *plant* dan titik beban.



Gambar 4.1 *Single line diagram* penyulang Jamaika

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat merupakan gambar penyulang Jamaika yang disuplai dari PLTD Merawang. Penyulang yang dianalisis memiliki 57 *load point* berupa trafo distribusi dengan total pelanggan 3.588. Penyulang ini terbagi menjadi 75 *line* dengan total panjang 43,441 km. Pada penyulang yang dianalisis jumlah *sectionalizer* adalah 8 buah, dan penyulang terbagi menjadi 8 *section*. Dari jumlah *load*

point dan panjang penghantar, penyulang ini tergolong penyulang yang cukup panjang.

4.2 Perhitungan Keandalan Dengan Metode Section Technique

Dilakukan analisis evaluasi keandalan berdasarkan data yang telah dengan menggunakan data panjang line dan data jumlah pelanggan per load point . Standar yang digunakan dalam perhitungan menggunakan SPLN 59 : 1985. Perhitungan

keandalan dalam tiap section dijelaskan sebagai berikut :

Untuk mengetahui bagaimana pengaruh suatu kegagalan peralatan dalam sistem dapat dilihat dalam daftar mode kegagalan. Daftar mode kegagalan yang terdapat pada section ini ditampilkan dalam Tabel berikut:

Tabel 4.1 Mode kegagalan setiap section

MODE KEGAGALAN	SECTION YANG TERPENGARUH
Section 1	Section 1; Section 2; Section 3; Section 4; Section 5; Section 6; Section 7; Section 8;
Section 2	Section 2; Section 3; Section 4; Section 5; Section 6; Section 7; Section 8;
Section 3	Section 3; Section 4; Section 5; Section 6; Section 7; Section 8;
Section 4	Section 4; Section 5; Section 6; Section 7; Section 8;
Section 5	Section 5; Section 6; Section 7; Section 8;
Section 6	Section 6; Section 7;
Section 7	Section 7;
Section 8	Section 8;

Selanjutnya menghitung nilai frekuensi kegagalan dan durasi / lama kegagalan tiap load point . Nilai frekuensi kegagalan dan durasi / lama kegagalan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Rekapitulasi perhitungan laju kegagalan dan durasi kegagalan setiap load point

NAMA PERALATAN	λ lp	U lp
Section 1	1,514	4,739
Section 2	2,277	7,028
Section 3	0,294	0,973
Section 4	0,898	2,961
Section 5	1,542	5,032
Section 6	0,504	1,952
Section 7	0,784	2,758
Section 8	1,397	4,829

Kegagalan section 1 tidak dipengaruhi kegagalan section yang lain.

$$\lambda_{section 1} = 1,414$$

$$\lambda_{lp} = \lambda_{section 1} = 1,414$$

$$\Sigma U_{section 1} = U_{lp} = 4,339$$

$$MTTR_{section_1} = \frac{\Sigma U_{section 1}}{\lambda_{section 1}} = 3,069$$

Kegagalan section 2 juga dipengaruhi oleh kegagalan section 1

$$\lambda_{section 2} = \Sigma \lambda_{lp 1} + \Sigma \lambda_{lp 2} = 1,414 + 2,277 = 3,691$$

$$\lambda_{section 2} = 3,691$$

$$\Sigma U_{section 2} = \Sigma U_{lp 1} + U_{lp 2} = 4,339 + 7,028 = 11,368$$

$$MTTR_{section_2} = \frac{\Sigma U_{Section 2}}{\lambda_{Section 2}} = 3,080$$

Selanjutnya untuk mencari durasi dari kegagalan (U) per section dengan mengalikan laju kegagalan (λ) section dengan durasi perbaikan peralatan (MTTR) section di dapatlah U untuk setiap section, contoh untuk section 1

$$U_{section 1} = \lambda_{section 1} \times MTTR_{section 1} = 1,414 \times 3,069 = 4,339$$

Perhitungan diatas adalah untuk mencari laju kegagalan (λ), durasi perbaikan peralatan (MTTR) dan durasi dari kegagalan tersebut (U) untuk setiap section, berikut rekapitulasi untuk section 1 sampai dengan section 8 seperti dalam tabel 4.6.

Tabel 4.3 Rekapitulasi perhitungan laju kegagalan dan durasi kegagalan setiap section

SECTION N	λ SECTION	MTTR SECTION	U SECTION
Section 1	1,514	3,131	4,739
Section 2	3,791	3,104	11,768
Section 3	4,085	3,119	12,741
Section 4	4,983	3,151	15,701
Section 5	6,525	3,177	20,733
Section 6	7,029	3,227	22,685
Section 7	7,813	3,256	25,443
Section 8	7,923	3,226	25,562

SAIFI untuk lp1 diperoleh dari mengalikan jumlah konsumen pada lp1 tersebut dengan λ section 1 kemudian membaginya dengan total konsumen keseluruhan. Hal ini dapat dilihat sebagai berikut:

$$SAIFI_{lp} = \frac{\Sigma \lambda_{section . N lp}}{\Sigma N_{total}} = \frac{1,514 \times 122}{3.660} = 0,043 \text{ kali/tahun}$$

Sedangkan SAIDI untuk lp1 diperoleh dari mengalikan jumlah konsumen pada lp1 tersebut dengan U section 1 kemudian membaginya dengan total

konsumen keseluruhan. Hal ini dapat dilihat sebagai berikut:

$$SAIDI_{lp} = \frac{\sum U_{section} \cdot N_{lp}}{\sum N_{total}} = \frac{4,739 \times 122}{3.660} = 0,132 \text{ jam/tahun}$$

Perhitungan tersebut digunakan untuk mencari indeks kehandalan penyulang yaitu SAIFI dan SAIDI, berikut rekapitulasi hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI Setiap *Section*, seperti pada tabel 4.7

Tabel 4.4 Rekapitulasi perhitungan laju SAIDI dan SAIFI setiap *section*

Section	SAIFI	SAIDI
Section 1	0,043	0,132
Section 2	0,127	0,394
Section 3	0,069	0,217
Section 4	0,406	1,278
Section 5	2,008	6,379
Section 6	1,446	4,66
Section 7	1,810	5,893
Section 8	0,753	2,429
Total Jamaika	6,660	21,389

Berdasarkan tabel diatas, dapat diperoleh SAIFI dan SAIDI pada penyulang Jamaika dengan nilai total 6.660 kali/tahun untuk SAIFI dan 21.389 jam/tahun untuk SAIDI.

Setelah nilai indeks keandalan setiap *section* diketahui, maka dapat diperoleh nilai indeks keandalan penyulang Jamaika. Untuk memperoleh nilai CAIDI penyulang Jamaika tetap dengan cara membagi SAIDI total dengan SAIFI total. Berikut perhitungan nilai indeks keandalan penyulang Jamaika:

$$SAIDI/ SAIFI = 21,389 / 6,660 = 3,211 \text{ Jam / Tahun}$$

Sebagai perbandingan perhitungan, penulis melakukan perhitungan dengan bantuan *software power station* ETAP 12.6. berikut hasil perhitungan untuk penyulang Jamaika.

ETAP		
Project:	12.6.01	Page: 1
Location:	12.6.01	Date: 07/10/2017
Contract:		SN:
Engineer:	Study Case: RA	Revision: Base
Filename: C:\ba_sml		Config: Normal
SUMMARY		
System Indices		
SAIFI	6.6604 f/customer.yr	
SAIDI	21.3899 hr/customer.yr	
CAIDI	3.212 hr/customer interruption	

Gambar 4.2 hasil perhitungan menggunakan *software* ETAP

4.3 Analisis Keandalan Penyulang Jamaika

Berdasarkan rumus perhitungan kehandalan pada Bab II didapatkan bahwa panjang penyulang sangat mempengaruhi total nilai SAIDI dan SAIFI sistem, semakin panjang penyulang semakin tinggi nilai SAIDI dan SAIFI sistem tersebut. Sedangkan untuk jumlah pelanggan tidak mempengaruhi SAIDI dan SAIFI sistem, jumlah pelanggan hanya mempengaruhi SAIDI dan SAIFI pada masing masing *Load point* . Berikut tabel perhitungan perbandingan Panjang Penyulang dan jumlah pelanggan.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari perhitungan dan analisis pada tugas akhir ini, didapat kesimpulan sebagai berikut:

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode *section technique* nilai SAIFI penyulang yang dianalisis adalah 6,660 kali/tahun dan telah sesuai dengan standar yang ditentukan PLN dengan batas atas yaitu 44.8 kali/tahun. Nilai SAIDI penyulang yang dianalisis adalah 21,389 jam / tahun juga telah sesuai dengan standar yang ditentukan PLN dengan batas atas yaitu 294 jam/tahun. Nilai CAIDI penyulang yang dianalisis yaitu 3,211 jam/tahun.

1. Dengan demikian penyulang Jamaika dikategorikan penyulang yang cukup handal karena berdasarkan indeks kehandalan penyulang yang sudah ditetapkan PLN masih berada di bawah standar PLN yang berarti baik.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam perhitungan nilai kehandalan pada penyulang Jamaika ini, penulis menyarankan memperhatikan laju kegagalan setiap peralatan penyusun di penyulang Jamaika di perhatikan. Karena setiap peralatan yang sudah terpasang mempunyai umur teknis sesuai dengan batas jam operasi masing masing.

DAFTAR PUSTAKA

Chowdbury, A., & Koval, D. 2009. Power Distribution System Reliability Practical Methods And Applications. New Jersey. IEEE Press

Gonen, Turan.(2007). Electric power distribution system engineering second edition. California. Penerbit CRC Press

Herdianto, 2012, Studi Analisis Keandalan Sistem Distribusi Pabrik Semen Tuban Menggunakan Metode Reliability Index Assessment (RIA) dan Program Analisis Kelistrikan. Volume 1, No. 1 <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/155> , 1 Nopember 2016.

Pabla, A.S.(1991). System distribusi daya listrik. Jakarta. Penerbit Erlangga

SPLN No. 59. 1985. Keandalan Pada System Distribusi 20 kV dan 6 kV. Jakarta. PT. PLN (Persero)

SPLN No. 68-2. 1986. Tingkat Jaminan System Tenaga Listrik Bagian Dua. Jakarta. PT. PLN (Persero)

Wayan, I, 2008, Evaluasi Keandalan Penyulang Dengan Metode Realibility Network Equivalent Approach. Volume 7, No. 1 <http://ojs.unud.ac.id/index.php/JTE/article/view/256> , 6 Nopember 2016.

Wicaksono, Henki Projo , 2012, Analisis Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Program Analisis Kelistrikan Transien dan Metode Section

Technique. Volume 1, No. 1 <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/860> , 1 Nopember 2016.

Xie, K., Zhou, J., & Billinton, R. 2008. Fast Algorithm For The Reliability Evaluation Of Large Scale Electrical Distribution Networks Using The Section Technique. IET Gener. Transm. Distrib., Vol. 2, No.5,pp.701-707