

Analisis Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Program Analisis Kelistrikan Transien dan Metode *Section Technique*

Henki Projo Wicaksono, I.G.N. Satriyadi Hernanda¹⁾, dan Ontoseno Penangsang²⁾.
 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
 E-mail: Didit@ee.its.ac.id¹⁾

Abstrak - Studi keandalan sistem distribusi 20 kV yang dilakukan yaitu dengan menggunakan contoh penyulang. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui keandalan sistem distribusi 20 kV pada penyulang yang dianalisis. Metode yang digunakan yaitu metode *Section Technique*, langkah-langkah yang dilakukan antara lain pengumpulan data, pengolahan data, serta menganalisis keandalan sistem distribusi 20 kV. Hasil yang didapat dari perhitungan menggunakan metode *Section Technique* adalah nilai indeks keandalan sistem penyulang berupa indeks SAIFI = 2.4982 kali/tahun, SAIDI = 7.6766 jam/pertahun, dan CAIDI = 3.072852 jam/tahun. Kemudian hasil perhitungan tersebut dibandingkan dengan running program analisis kelistrikan transien, dan didapatkan hasil nilai indeks keandalan sistem penyulang berupa indeks SAIFI = 2.9235 kali/tahun, SAIDI = 7.8902 jam/pertahun, dan CAIDI = 2.699 jam/tahun. Untuk meningkatkan nilai keandalan yaitu dengan mengurangi frekuensi terjadinya gangguan dan dilakukan pemeliharaan jaringan secara preventif dan mengoptimalkan kondisi *tie switch* pada jaringan distribusi.

Kata kunci: Indek Keandalan, Pemeliharaan, *Section Technique*, *Tie Switch*.

I. PENDAHULUAN

Peran utama dari sistem distribusi tenaga listrik adalah menyalurkan energi listrik secara andal dan terus menerus dari sistem transmisi menuju ke beban dan pelanggan. Secara umum sistem didefinisikan sebagai kumpulan sejumlah sub-sistem atau komponen yang berhubungan satu sama lain guna menjalankan fungsi tertentu [1]. Sedangkan secara umum keandalan sistem tenaga listrik dapat didefinisikan sebagai suatu kemampuan sistem untuk memberikan suatu pasokan tenaga listrik yang cukup dengan kualitas yang memuaskan. Semakin meningkatnya kebutuhan akan tenaga listrik, menuntut suatu sistem tenaga listrik yang mempunyai keandalan dalam penyediaan dan penyaluran dayanya pada suatu jaringan distribusi. Indeks-indeks yang digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan suatu sistem distribusi antara lain adalah SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*) [2].

Dalam proses distribusi listrik terdapat banyak komponen yang terlibat di dalamnya. Agar proses penyaluran daya listrik terhadap konsumen tetap memuaskan, maka tingkat keandalan dalam penyulang tersebut harus selalu dijaga. Dengan

demikian perlu dilakukan studi tentang perhitungan tingkat keandalan di suatu sistem distribusi 20 Kv untuk mengetahui apakah sistem tersebut sudah memberikan pelayanan yang memuaskan terhadap konsumen. Ada beberapa teknik analitik yang digunakan untuk melakukan evaluasi sistem keandalan jaringan distribusi 20 kV, salah satunya adalah menggunakan metode *Section Technique*, yaitu metode yang melakukan evaluasi keandalan dengan cara memecah sistem dalam bagian-bagian yang lebih kecil atau *section* terlebih dahulu, sehingga kemungkinan terjadi kesalahan dapat diminimalkan, serta waktu yang dibutuhkan lebih singkat [3]. Supaya hasil yang didapatkan lebih valid maka dibandingkan dengan *running* program analisis kelistrikan transien.

II. KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV

A. Laju Kegagalan

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 :

$$\lambda = \frac{d}{T} \dots \dots \dots (1)$$

= Laju kegagalan konstan (kegagalan/tahun)

d = banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu

T = jumlah selang waktu pengamatan (tahun)

Nilai laju kegagalan akan berubah sesuai dengan umur dari sistem atau peralatan listrik selama beroperasi.

B. Metode *Section Technique*[3]

Section Technique merupakan suatu metode terstruktur untuk menganalisis suatu sistem. Metode ini dalam mengevaluasi keandalan sistem distribusi didasarkan pada bagaimana suatu kegagalan dari suatu peralatan mempengaruhi operasi sistem. Efek atau konsekuensi dari gangguan individual peralatan secara sistematis diidentifikasi dengan penganalisisan apa yang terjadi jika gangguan terjadi. Kemudian masing-masing kegagalan peralatan dianalisis dari semua titik beban (*load point*). Pendekatan yang dilakukan dari bawah ke atas dimana yang dipertimbangkan satu mode kegagalan pada suatu waktu.

Indeks keandalan yang dihitung adalah indeks-indeks titik beban (*load point*) dan indeks-indeks sistem baik secara *section* maupun keseluruhan. Indeks *load point* antara lain:

a) Frekuensi gangguan (*failure rate*) untuk setiap *load point* λ_{LP} , merupakan penjumlahan laju kegagalan semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*, dengan persamaan:

$$\lambda_{LP} = \sum_{i=K} \lambda_i \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

λ_i = laju kegagalan untuk peralatan K
 K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*

b) Lama/durasi gangguan tahunan rata-rata untuk *load point* U_{LP} , dengan persamaan:

$$U_{LP} = \sum_{i=K} U_i = \sum_{i=K} \lambda_i \times r_j \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

r_j = waktu perbaikan (*repairing time* atau *switching time*)

Berdasarkan indeks-indeks *load point* ini, diperoleh sejumlah indeks keandalan untuk mengetahui indeks keandalan sistem secara keseluruhan yang dapat dievaluasi dan bisa didapatkan dengan lengkap mengenai kinerja sistem. Indeks-indeks ini adalah frekuensi dan lama pemadaman rata-rata tahunan.

Pada metode *Section Technique*, ada 3 indeks keandalan yang dihitung yaitu: SAIFI, SAIDI, dan CAIDI.

1. SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)
 Persamaannya adalah:

$$SAIFI = \frac{\sum N_{LP} \times \lambda_{LP}}{\sum N} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

N_{LP} = jumlah konsumen pada *load point*
 N = jumlah konsumen pada *section*
 λ_{LP} = frekuensi gangguan peralatan pada *load point*

2. SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)
 Persamaannya adalah:

$$SAIDI = \frac{\sum N_{LP} \times U_{LP}}{\sum N} \dots \dots \dots (5)$$

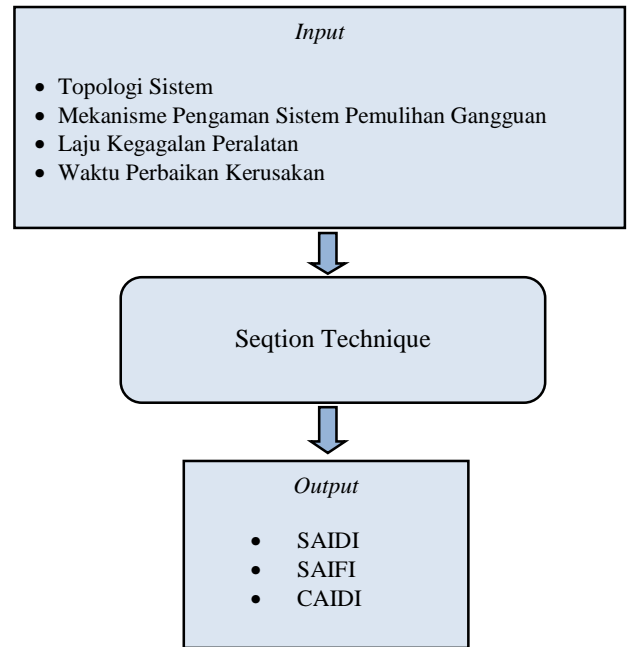
Dimana:

N_{LP} = jumlah konsumen pada *load point*
 N = jumlah konsumen pada *section*
 U_{LP} = durasi gangguan peralatan pada *load point*

3. CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*)
 Persamaannya adalah:

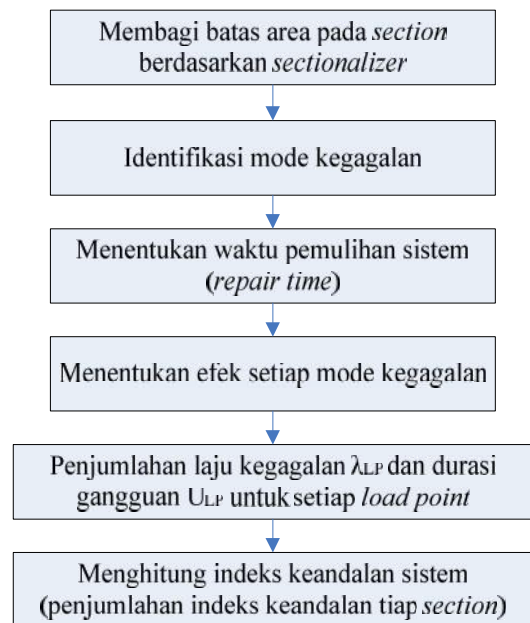
$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \dots \dots \dots (6)$$

Secara singkat sistem kerja metode *Section Technique* adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Input dan Output dari *Section Technique*

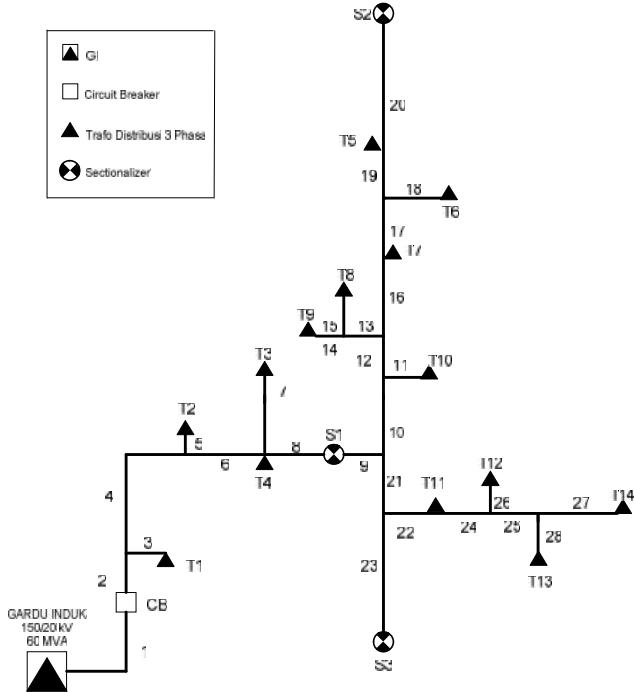
Berikut ini adalah alur pengerjaan *Section Technique* sebagaimana terlihat pada gambar 2



Gambar 2. Alur Pengerjaan *Section Technique*

C. Single Line Diagram Yang di Evaluasi

Dalam melakukan analisis, kita terlebih dahulu mengetahui single line diagram yang akan di evaluasi sehingga kita tahu komponen apa saja yang ada pada *plant* dan titik beban (*load point*) *plant* tersebut. Sebagai contoh *Plant* yang akan di evaluasi adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Single line diagram penyulang yang dianalisis

Penyulang di atas disuplai dari gardu induk dengan daya 60 MVA. Penyulang ini memiliki variasi beban di *load point* berupa beban industri dan rumah tangga. penyulang yang dianalisis memiliki 14 *load point* berupa trafo distribusi dengan total pelanggan 477. Penyulang ini terbagi menjadi 28 *line* dengan total panjang 12.361 km. Pada penyulang yang dianalisis jumlah *sectionalizer* adalah 3 buah, dan penyulang terbagi menjadi 2 *section*. Dari jumlah *load point* dan panjang penghantar, penyulang ini tergolong penyulang yang kecil, dan dari pembagian *sectionnya*, penyulang ini merupakan penyulang dengan *section* yang sedikit yaitu 2 *section*, tetapi memiliki beban yang cukup bervariasi.

Data jumlah pelanggan tiap *load point* penyulang yang dianalisis dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1.

Jumlah pelanggan tiap *load point* penyulang yang dianalisis Section I

No	Load Point	Jml Pelanggan
1	1	8
2	2	3
3	3	1
4	4	208

Tabel 2.

Jumlah pelanggan tiap *load point* penyulang yang dianalisis Section II

No	Load Point	Jml Pelanggan
1	5	63
2	6	1

3	7	1
4	8	28
5	9	89
6	10	2
7	11	74
8	12	34
9	13	102
10	14	43

Dapat dilihat dari tabel bahwa beban dari penyulang ini bervariasi, itu dapat dilihat dari jumlah pelanggan yang banyak berbeda. Pelanggan di penyulang ini terdiri dari pelanggan industri dan pelanggan rumah tangga. Pelanggan di *load point* paling sedikit yaitu dengan jumlah 1 pelanggan dan pelanggan paling banyak dengan jumlah 208 pelanggan.

Selain pembagian jumlah pelanggan, penyulang ini juga terbagi menjadi 28 *line*/saluran udara dengan total panjang mencapai 12,361 km. Penyulang ini merupakan penyulang dengan jumlah *line* yang tidak terlalu banyak dan *line* yang tidak terlalu panjang. Data panjang saluran pada penyulang ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.

Panjang tiap saluran penyulang yang dianalisis

Komponen	Panjang (km)	Komponen	Panjang (km)
Line 1	0.257	Line 15	0.095
Line 2	0.323	Line 16	0.443
Line 3	0.645	Line 17	0.389
Line 4	0.249	Line 18	0.654
Line 5	0.157	Line 19	0.337
Line 6	0.983	Line 20	0.554
Line 7	0.549	Line 21	0.253
Line 8	0.734	Line 22	0.689
Line 9	0.482	Line 23	1.787
Line 10	0.447	Line 24	0.078
Line 11	0.391	Line 25	0.117
Line 12	0.254	Line 26	0.254
Line 13	0.241	Line 27	0.447
Line 14	0.154	Line 28	0.398

D. Indeks Kegagalan Peralatan Sistem Distribusi

Berikut ini adalah tabel data kegagalan untuk saluran udara dan peralatan sistem distribusi yang melingkupi *failure rate*, *repair time*, dan *switching time* yang dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5. Data ini menjadi standar perhitungan dalam analisis keandalan penelitian ini.

Tabel 4.

Data indeks kegagalan saluran udara

Saluran Udara	
Sustained failure rate (/km/yr)	0.2
r (repair time) (jam)	3
rs (switching time) (jam)	0.15

Tabel 5.
Data indeks kegagalan peralatan

Komponen	(failure rate)	r (repair time) (jam)	rs (switching time) (jam)
Trafo Distribusi	0.005/unit/thn	10	0.15
Circuit Breaker	0.004/unit/thn	10	0.15
Sectionalizer	0.003/unit/thn	10	0.15

Sumber: SPLN No.59 : 1985, "Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV", Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, 1985 [4].

III. PERHITUNGAN DAN ANALISIS KEANDALAN

A. Analisis Indeks Keandalan Sistem Menggunakan Metode Section Technique

Dilakukan analisis evaluasi keandalan berdasarkan data yang telah didapat pada bab II dengan menggunakan data panjang line dan data jumlah pelanggan per load point. Standar yang digunakan dalam perhitungan menggunakan SPLN 59 : 1985 [4] untuk laju kegagalan dan waktu pemulihan peralatan sistem jaringan 20 kV. Perhitungan keandalan dalam tiap section dijelaskan sebagai berikut :

Section I

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 Section Technique worksheet berikut:

Tabel 6.
Section Technique worksheet section I

Data Pelalatan		Efek Sistem	
No. Gangguan	Peralatan	Load Point yang dipengaruhi Repair Time	Load Point yang dipengaruhi Switching Time
1	CB	LP1-LP14	-
2	T1	LP1	-
4	T3	LP3	-
5	T4	LP4	-
6	S1	LP1-LP14	-
7	L1	LP1-LP14	-
8	L2	LP1-LP14	-
9	L3	LP1-LP14	-
10	L4	LP1-LP14	-
11	L5	LP1-LP14	-
12	L6	LP1-LP14	-
13	L7	LP1-LP14	-
14	L8	LP1-LP14	-

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 7.
Indeks keandalan load point section I

Load Point	Indeks Keandalan Load Point	
	(fault/yr)	U (hr/yr)
LP1	0.7914	2.4582
LP2	0.7914	2.4582
LP3	0.7914	2.4582
LP4	0.7914	2.4582
LP5	0.7864	2.4082
LP6	0.7864	2.4082

LP7	0.7864	2.4082
LP8	0.7864	2.4082
LP9	0.7864	2.3682
LP10	0.7864	2.4082
LP11	0.7864	2.4082
LP12	0.7864	2.4082
LP13	0.7864	2.4082
LP14	0.7864	2.4082

Dari tabel diatas diperoleh untuk LP1 sampai LP4 sebesar 0.7914 gangguan/tahun dan untuk LP5 – LP14 sebesar 0.7864. Diambil satu kasus pada LP1, LP1 di atas diperoleh dari penjumlahan failure rate peralatan yang mempengaruhi LP1 dan perkalian failure rate saluran udara dengan panjang salurannya. Dari tabel 4.2 juga diperoleh nilai U untuk LP1 sebesar 2.4582 jam/tahun. U LP1 diperoleh dari penjumlahan hasil perkalian peralatan dengan repair time atau switching time dimana peralatan tersebut mempengaruhi LP1. Perkalian dengan repair time atau switching time tergantung kondisi peralatan, apakah peralatan tersebut harus padam atau hanya mengalami kondisi switching time pada saat terjadi gangguan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 8 dan 9.

Tabel 8.
Perhitungan load point 1

Peralatan	Failure rate peralatan (unit/yr atau fault/yr/km)	Panjang saluran udara (km)	(fault/yr)
CB	0.004	-	0.004
T1	0.005	-	0.005
S1	0.003	-	0.003
L1	0.2	0.257	0.0514
L2	0.2	0.323	0.0646
L3	0.2	0.645	0.129
L4	0.2	0.249	0.0498
L5	0.2	0.157	0.0314
L6	0.2	0.983	0.1966
L7	0.2	0.549	0.1098
L8	0.2	0.734	0.1468
TOTAL			0.7914

Tabel 9.
Perhitungan U load point 1

Peralatan	(fault/yr)	Repair time (hour)	Switching time (hour)	U (hour/year)
CB	0.004	10	0.15	0.04
T1	0.005	10	0.15	0.05
S1	0.003	10	0.15	0.03
L1	0.0514	3	0.15	0.1542
L2	0.0646	3	0.15	0.1938
L3	0.129	3	0.15	0.387
L4	0.0498	3	0.15	0.1494
L5	0.0314	3	0.15	0.0942
L6	0.1966	3	0.15	0.5898
L7	0.1098	3	0.15	0.3294
L8	0.1468	3	0.15	0.4404
TOTAL				2.4582

Pada load point 1, kondisi yang dialami semua peralatan yang ada didalamnya hanya kondisi repair time dan tidak ada peralatan yang mengalami kondisi switching time, jadi untuk mencari U pada tabel 9, kondisi yang dipergunakan yaitu kondisi repair time. Dengan mengetahui indeks keandalan load point dapat diperoleh indeks keandalan section berdasarkan persamaan yang telah dijelaskan pada bab II.

Tabel 10.
Indeks keandalan *section I*

Load Point	Indeks Keandalan Section	
	SAIFI	SAIDI
LP1	0.013272956	0.041227673
LP2	0.004977358	0.015460377
LP3	0.001659119	0.005153459
LP4	0.046455346	0.144296855
LP5	0.103864151	0.318064151
Load Point	Indeks Keandalan Section	
	SAIFI	SAIDI
LP6	0.001648637	0.005048637
LP7	0.001648637	0.005048637
LP8	0.046161845	0.141361845
LP9	0.146728721	0.441865409
LP10	0.003297275	0.010097275
LP11	0.121999161	0.373599161
LP12	0.056053669	0.171653669
LP13	0.168161006	0.514961006
LP14	0.070891405	0.217091405
TOTAL	0.786819287	2.40492956

Berdasarkan tabel diatas, dapat diperoleh SAIFI dan SAIDI pada *section I* dengan nilai 0.786819287 kali/tahun untuk SAIFI dan 2.40492956 jam/tahun untuk SAIDI.

SAIFI untuk LP1 diperoleh dari mengalikan jumlah konsumen pada load point tersebut dengan LP1 kemudian membaginya dengan total konsumen keseluruhan. Hal ini dapat dilihat sebagai berikut:

$$\frac{\lambda_{LP1} * N_{LP1}}{N \text{ Total}} = \frac{0.7914 * 8}{477} = 0.013272956 \text{ kali/tahun}$$

Sedangkan SAIDI untuk LP1 diperoleh dari mengalikan jumlah konsumen pada load point tersebut dengan U LP1 kemudian membaginya dengan total konsumen keseluruhan. Hal ini dapat dilihat sebagai berikut:

$$\frac{U_{LP1} * N_{LP1}}{N \text{ Section i}} = \frac{2.4582 * 8}{477} = 0.041227673 \text{ jam/tahun}$$

Section II

Daftar mode kegagalan yang terdapat pada *section* ini ditampilkan dalam *Section Technique worksheet* berikut:

Tabel 11.
Section Technique worksheet section II

Data Pelalatan		Efek Sistem	
No. Gangguan	Peralatan	Load Point yang dipengaruhi Repair Time	Load Point yang dipengaruhi Switching Time
1	T5	LP5	-
2	T6	LP6	-
3	T7	LP7	-
4	T8	LP8	-
5	T9	LP9	-
6	T10	LP10	-
7	T11	LP11	-
8	T12	LP12	-
9	T13	LP13	-
10	T14	LP14	-
11	S1	LP5-LP14	LP1-LP4
12	S2	LP5-LP14	LP1-LP4
13	S3	LP5-LP14	LP1-LP4
14	L9	LP5-LP14	LP1-LP4

15	L10	LP5-LP14	LP1-LP4
16	L11	LP5-LP14	LP1-LP4
17	L12	LP5-LP14	LP1-LP4
18	L13	LP5-LP14	LP1-LP4
19	L14	LP5-LP14	LP1-LP4
20	L15	LP5-LP14	LP1-LP4
21	L16	LP5-LP14	LP1-LP4
22	L17	LP5-LP14	LP1-LP4
23	L18	LP5-LP14	LP1-LP4
24	L19	LP5-LP14	LP1-LP4
25	L20	LP5-LP14	LP1-LP4

Data Pelalatan		Efek Sistem	
No. Gangguan	Peralatan	Load Point yang dipengaruhi Repair Time	Load Point yang dipengaruhi Switching Time
26	L21	LP5-LP14	LP1-LP4
27	L22	LP5-LP14	LP1-LP4
28	L23	LP5-LP14	LP1-LP4
29	L24	LP5-LP14	LP1-LP4
30	L25	LP5-LP14	LP1-LP4
31	L26	LP5-LP14	LP1-LP4
32	L27	LP5-LP14	LP1-LP4
33	L28	LP5-LP14	LP1-LP4

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 12.
Indeks keandalan *load point section II*

Load Point	Indeks Keandalan Load Point	
	(fault/yr)	U (hr/yr)
LP1	1.7018	0.25527
LP2	1.7018	0.25527
LP3	1.7018	0.25527
LP4	1.7018	0.25527
LP5	1.7068	5.2184
LP6	1.7068	5.2184
LP7	1.7068	5.2184
LP8	1.7068	5.2184
LP9	1.7068	5.2184
LP10	1.7068	5.2184
LP11	1.7068	5.2184
LP12	1.7068	5.2184
LP13	1.7068	5.2184
LP14	1.7068	5.2184

Dengan mengetahui indeks keandalan *load point* dapat diperoleh indeks keandalan *section* berdasarkan persamaan yang telah dijelaskan pada bab II.

Tabel 13.
Indeks keandalan *section II*

Load Point	Indeks Keandalan Section	
	SAIFI	SAIDI
LP1	0.028541719	0.004281258
LP2	0.010703145	0.001605472
LP3	0.003567715	0.000535157
LP4	0.099896017	0.014984403
LP5	0.225426415	0.689222642
LP6	0.003578197	0.010940042
LP7	0.003578197	0.010940042
LP8	0.100189518	0.306321174
LP9	0.318459539	0.973663732
LP10	0.007156394	0.021880084
LP11	0.264786583	0.809563103
LP12	0.1216587	0.371961426
LP13	0.364976101	1.115884277
LP14	0.153862474	0.470421803
TOTAL	1.706380713	4.802204612

Berdasarkan tabel diatas, dapat diperoleh SAIFI dan SAIDI pada *section* II dengan nilai 1.706380713 kali/tahun untuk SAIFI dan 4.802204612 jam/tahun untuk SAIDI.

Setelah mengetahui nilai indeks keandalan tiap *section* dapat diperoleh nilai indeks keandalan sistem jaringan penyulang yang dianalisis dengan menjumlahkan indeks keandalan tiap *section*. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 14.

Indeks keandalan sistem penyulang yang dianalisis		
Section	Indeks Keandalan Sistem	
	SAIFI	SAIDI
I	0.786819287	2.40492956
II	1.706380713	4.802204612
Total	2.4932	7.207134172

Nilai SAIFI dan SAIDI diperoleh dengan menjumlahkan besarnya indeks keandalan tiap *section*. Untuk penyulang yang dianalisis diperoleh nilai SAIFI sebesar 2.4932 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 7.207134172 jam/tahun. Besar nilai CAIDI diperoleh dengan membagi nilai SAIDI dengan SAIFI sehingga didapat nilai sebesar 2.890716417 jam/tahun.

Nilai SAIFI dan SAIDI yang didapat dibandingkan dengan standar PLN, dimana standar yang digunakan yaitu SPLN 68-2 : 1986 [5] dengan nilai SAIFI 3.2 kali/tahun dan SAIDI 21 jam/tahun. Terlihat bahwa nilai SAIFI dan SAIDI penyulang yang dianalisis tergolong handal dan memenuhi standar PLN.

B. Analisis Indeks Keandalan Sistem Menggunakan Program Analisis Kelistrikan Transien

Berdasarkan hasil *running* didapatkan indeks keandalan penyulang yang dianalisis sebagai berikut :

Tabel 15.

Indeks keandalan sistem penyulang yang dianalisis		
Indeks Keandalan penyulang yang dianalisis		
SAIFI	SAIDI	CAIDI
2.9235	7.8902	2.699

Dari nilai SAIFI dan SAIDI diatas dibandingkan dengan standar PLN, dimana standar yang digunakan yaitu SPLN 68-2 : 1986 [5] dengan nilai SAIFI 3.2 kali/tahun dan SAIDI 21 jam/tahun. Terlihat bahwa nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang yang dianalisis dapat dikatakan handal dan memenuhi standar PLN.

IV. 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 2.4932 kali/tahun dan telah sesuai dengan standar yang ditentukan PLN yaitu 3.2 kali/tahun. Nilai SAIDI penyulang yang dianalisis adalah 7.207134172 jam / tahun juga telah sesuai dengan standar yang ditentukan PLN yaitu 21 jam/tahun. Nilai CAIDI penyulang yang dianalisis yaitu 2.890716417 jam/tahun.

- Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan program analisis kelistrikan transien nilai SAIFI penyulang yang dianalisis adalah 2.9235 kali/tahun dan telah sesuai dengan standar yang ditentukan PLN yaitu 3.2 kali/tahun. Nilai SAIDI penyulang yang dianalisis adalah 7.8902 jam / tahun juga telah sesuai dengan standar yang ditentukan PLN yaitu 21 jam/tahun. Nilai CAIDI penyulang yang dianalisis yaitu 2.699 jam/tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Artana, Ketut Buda, *Network Simple System*, Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, (2007).
- [2] Brown, Richard E., "*Electric Power Distribution Reliability Second Edition*", CRC Press Taylor & Francis Group, United States of America, (2009).
- [3] Xie K., Zhou J., dan Billinton R., "*Fast algorithm for the reliability evaluation of large scale electrical distribution networks using the section technique*", IET Gener. Transm. Distrib., Vol. 2, No.5, (2008) 701-707.
- [4] SPLN No.59 : 1985, "Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV", Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, (1985).
- [5] SPLN No.68-2 : 1986, "Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian dua: Sistem Distribusi", Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, (1985).