

STUDI PERBANDINGAN KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV MENGGUNAKAN METODE SECTION TECHNIQUE DAN RNEA PADA PENYULANG RENON

I. N. Partawan¹, I. G. Dyana Arjana², A. I. Weking³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana

Email: partawaninyoman@yahoo.co.id¹, tony@ee.unud.ac.id², dyanaarjana@ee.unud.ac.id³

ABSTRAK

Ada beberapa teknik yang digunakan untuk melakukan analisis keandalan sistem distribusi jaringan distribusi 20 kV yaitu, metode Section Technique dan metode Realibility Network Equivalent Approach (RNEA). Pertambahan jumlah pelanggan penyulang Renon dalam setahun dari tahun 2012 sampai 2013 sebanyak 477 pelanggan menyebabkan peningkatan kebutuhan akan energi listrik. Meningkatnya kebutuhan akan energi listrik, menuntut suatu sistem tenaga listrik yang mempunyai keandalan dalam penyediaan dan penyaluran dayanya pada suatu jaringan distribusi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan perhitungan keandalan menggunakan metode section technique dan RNEA yang akan dibandingkan Electrical Transient Analisis Program (ETAP) Powerstation sebagai referensi. Hasil yang diperoleh setelah dilakukan analisis yaitu hasil perhitungan keandalan jaringan penyulang Renon dengan menggunakan ETAP Powerstation diperoleh System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) sebesar 0.66 kali/pelanggan/tahun dan System Average Interruption Duration Index (SAIDI) sebesar 2 jam/pelanggan/tahun. Perhitungan menggunakan metode Section Technique SAIFI sebesar 0.56 kali/pelanggan/tahun nilai SAIDI sebesar 1.61 jam/pelanggan/tahun. Perhitungan menggunakan metode RNEA nilai SAIFI sebesar 1.3 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 1.12 jam/pelanggan/tahun. Nilai perhitungan dengan menggunakan program ETAP Powerstation sebagai referensi. Persentase tingkat ketelitian metode RNEA dan ETAP Powerstation untuk nilai SAIFI sebesar 96 % dan SAIDI sebesar 44 %.Persentase perhitungan dengan RNEA hasilnya cukup jauh dari program ETAP karena dilakukan penyederhanaan jaringan dan dalam perhitungan banyak hal-hal yang diabaikan.Persentase tingkat ketelitian metode RNEA dan ETAP untuk nilai SAIFI sebesar 14 % dan SAIDI sebesar 19%. Persentase perhitungan dengan metode section technique hasil perhitungan mendekati program ETAP karena data-data yang digunakan pada metode section technique dan ETAP hampir sama.

Kata kunci:Metode Section Technique, Metode RNEA, Program ETAP Powerstation, Indeks keandalan.

1. PENDAHULUAN

Secara umum keandalan sistem tenaga listrik dapat didefinisikan sebagai suatu kemampuan sistem untuk memberikan suatu pasokan tenaga listrik yang cukup dengan kualitas yang memuaskan. Ada beberapa teknik yang digunakan untuk melakukan analisis keandalan sistem distribusi jaringan distribusi 20 kV yaitu, metode Section Technique dan metode RNEA.Beberapa penyulang yang terdapat di kota Denpasar masih beroperasi secara radial, salah satunya yaitu penyulang Renon. Sistem jaringan tipe radial memiliki

kontinuitas dan stabilitas yang kurang dibandingkan jaringan spindel [1]. Penyulang Renon dengan jumlah pelanggan pada tahun 2012 sebanyak 6.617 pelanggan sedangkan pada tahun 2013 sebanyak 7.094 pelanggan. Pertambahan jumlah pelanggan dalam setahun sebanyak 477 pelanggan.

Penyulang Renon terdiri dari 40 transformator distribusi dengan panjang 12,857 km dan beban sebesar 6.203 kVA Dengan kondisi yang telah dijabarkan sehingga perlu dilakukan studi perbandingan keandalan sistem distribusi 20 KV menggunakan metode section technique dan

RNEA pada penyulang Renon yang akan dibandingkan dengan hasil simulasi dengan *running software* ETAP yang dijadikan sebagai referensi sehingga dapat diketahui perbedaan dari metode yang digunakan.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem ketenagalistrikan adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu sama lain dihubungkan oleh jaringan transmisi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi [2].

2.2 Keandalan dan Ketersediaan Jaringan Distribusi

Keandalan (*reliability*) didefinisikan sebagai peluang suatu komponen atau sistem memenuhi fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu yang diberikan selama digunakan dalam kondisi beroperasi. Dengan kata lain keandalan adalah peluang tidak terjadinya kegagalan selama beroperasi [2].

2.3 Konfigurasi Jaringan Distribusi Primer

Sistem jaringan distribusi primer mempunyai saluran yang berfungsi sebagai sarana untuk menyalurkan daya listrik ke beban yang disebut penyulang (*feeder*). Jumlah penyulang yang ada di suatu kawasan/daerah biasanya lebih dari satu. Semakin besar dan kompleks beban yang dilayani di suatu kawasan/daerah, maka semakin banyak pula jumlah penyulang yang diperlukan. Beberapa penyulang berkumpul di suatu titik yang disebut gardu hubung (GH) [3].

2.4 Metode *Realibility Network Equivalent Approach* (RNEA)

Metode RNEA digunakan untuk menganalisis sistem distribusi radial yang kompleks secara sederhana. Prinsip utama pada metode ini adalah elemen ekuivalen dapat digunakan untuk mengganti bagian jaringan distribusi dan menyusun kembali sistem distribusi yang besar ke dalam bentuk seri dan sederhana. Metode ini merupakan metode pendekatan untuk mengevaluasi sistem distribusi yang menggunakan proses berulang dan berurutan untuk mengevaluasi indeks keandalan per titik beban (*load point*) [4].

2.5 Metode *Section Technique*

Dalam perkembangan dunia kelistrikan, semakin banyak metode yang digunakan dalam mencari nilai keandalan salah satunya metode *section technique*. Metode *section technique* di dalam perhitungannya membagi suatu topologi jaringan menjadi beberapa *section* dan lebih mudah dikerjakan. Dengan menggunakan metode ini maka dapat diketahui area mana pada jaringan yang perlu diperbaiki keandalannya. Baik melalui pemeliharaan maupun otomatisasi sistem.

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 penganalisaan apa yang terjadi jika gangguan terjadi. Kemudian masing-masing kegagalan peralatan dianalisis dari semua titik beban (*load point*) [5].

3. METODE PENELITIAN

Berdasarkan data-data yang telah diperoleh, maka penelitian akan dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Data pemadaman dan jumlah pelanggan tiap *load point* digunakan untuk menganalisa indeks keandalan SAIFI dan SAIDI dengan metode RNEA. Data panjang penyulang, data indeks kegagalan saluran udara, data indeks kegagalan peralatan, dan data indeks kegagalan saluran udara digunakan untuk menganalisa indeks SAIFI dan SAIDI dengan metode *section technique*.
2. Diagram segaris sederhana digambar dengan menggunakan metode RNEA (*Reliability Network Equivalent Approach*) yaitu dengan mengelompokkan transformator yang ada pada penyulang Renon berdasarkan letak pengamanan menjadi 5 titik beban (*load point*).
3. Indeks keandalan SAIFI dan SAIDI dianalisis berdasarkan diagram segaris

sederhana yang digambar menggunakan metode RNEA.

4. Diagram segaris dibagi jaringan menjadi beberapa *section* berdasarkan pengamanyang ada dan membagi jaringan *section* kedalam beberapa *line* sesuai metode *section technique*.
5. Indeks keandalan SAIFI dan SAIDI dianalisa berdasarkan metode *section technique*.
6. Menggambarkan diagram segaris secara keseluruhan digambar pada program ETAP *Powerstation* kemudian data dimasukkan yaitu panjang saluran, jenis penghantar, jumlah pelanggan, kapasitas dan daya transformator pada penyulang Renon. Selanjutnya menjalankan program *reliability analysis* untuk mendapatkan nilai SAIFI dan SAIDI.
7. Hasil nilai indeks keandalan berupa SAIFI dan SAIDI dengan menggunakan metode RNEA dan metode *section technique* dibandingkan dengan indeks keandalan hasil dari simulasi program ETAP *Powerstation*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Sistem Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Renon

Salah satu wilayah kerja PT. PLN (Persero) Distribusi Bali Area Jaringan Bali Selatan yang memiliki tingkat kebutuhan listrik yang cukup besar yakni di daerah Renon. Daerah Renon merupakan pusat pemerintahan di Bali dan merupakan daerah perkotaan dengan tingkat pertumbuhan penduduk serta perkembangan industri yang semakin pesat, sehingga kebutuhan listrik untuk mendukung aktifitas penduduk akan semakin meningkat. Kebutuhan listrik untuk daerah Renon disuplai Gardu Induk Sanur melalui transformator III. Jumlah pelanggan penyulang Renon sebanyak 7.094 pelanggan. Penyulang Renon terdiri dari 40 transformator distribusi dengan panjang 12.8km dan beban sebesar 6.203 kVA. Pada tahun 2013 penyulang Renon mengalami gangguan sebanyak 2 kali.

4.1.1 Data Jaringan Sistem Distribusi Penyulang Renon

Data yang digunakan dalam perhitungan keandalan sistem distribusi penyulang Renon adalah sebagai berikut :

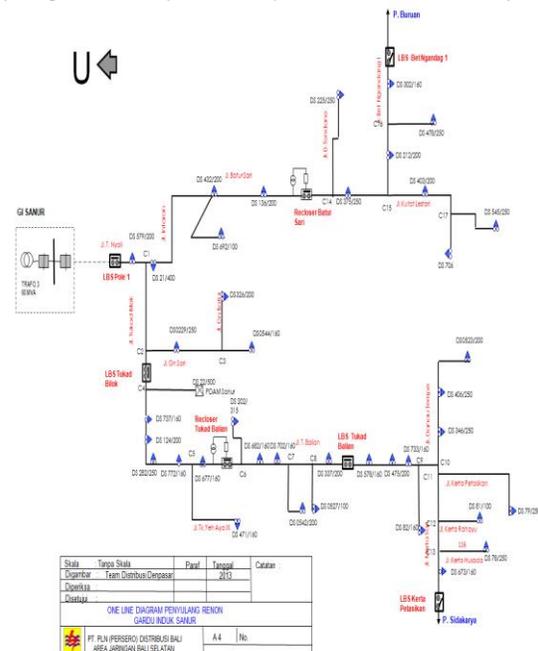
1. Data kapasitas dan beban transformator pada sistem distribusi penyulang Renon
2. Data panjang saluran jaringan distribusi penyulang Renon
3. Data jenis penghantar jaringan distribusi penyulang Renon
4. Data jumlah pelanggan penyulang Renon
5. Data gangguan penyulang Renon

Data diatas akan digunakan untuk analisis keandalan sistem jaringan distribusi penyulang Renon dengan menggunakan metode *Section Technique* dan metode RNEA yang nantinya hasil analisis akan dievaluasi dengan hasil *runningsimulasi* sistem jaringan distribusi penyulang Renon pada *software* ETAP.

4.2 Tingkat Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Penyulang Renon

4.2.1 Perhitungan Keandalan Dengan Metode *Section Technique*

Untuk perhitungan keandalan menggunakan metode *Section Technique* ini dilakukan berdasarkan analisis perhitungan yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya.

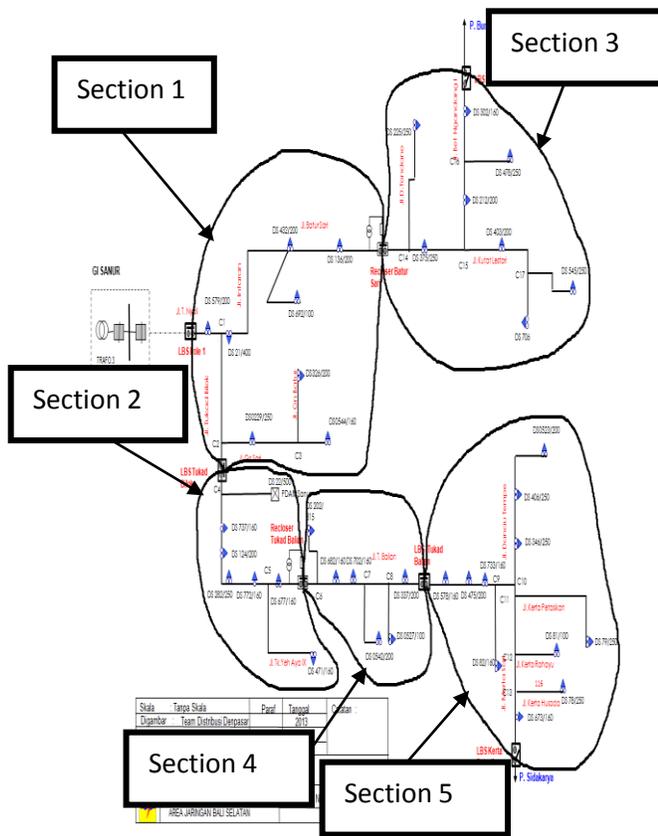


Gambar 1 Diagram Segaris Penyulang Renon[6].

Keterangan

- = Gardu
- = Penghantar
- = Recloser
- = Load Break Switch (LBS)

Sistem jaringan distribusi listrik penyalang Renon memiliki topologi jaringan yang cukup rumit, untuk mempermudah analisis keandalan sistem jaringan distribusi analisis dilakukan dengan memecah sistem jaringan penyalang Renon menjadi beberapa *section*. Gambar 1 adalah diagram jaringan penyalang Renon.



Gambar 2 Pembagian penyalang Renon menjadi 5 *section*

Gambar 2 merupakan pembagian penyalang Renon menjadi lima *section*. Dalam mencari laju dan durasi kegagalan peralatan digunakan persamaan 1 dan 2 [7]:

- a) Laju kegagalan peralatan untuk setiap *load point* λ_{LP} , merupakan penjumlahan laju kegagalan semua peralatan yang

berpengaruh terhadap *load point*, dengan menggunakan persamaan 1:

$$\lambda_{LP} = \sum_{i=K} \lambda_i \dots\dots\dots(1)$$

Dengan : λ_i = laju kegagalan untuk peralatan K

K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *Load Point*

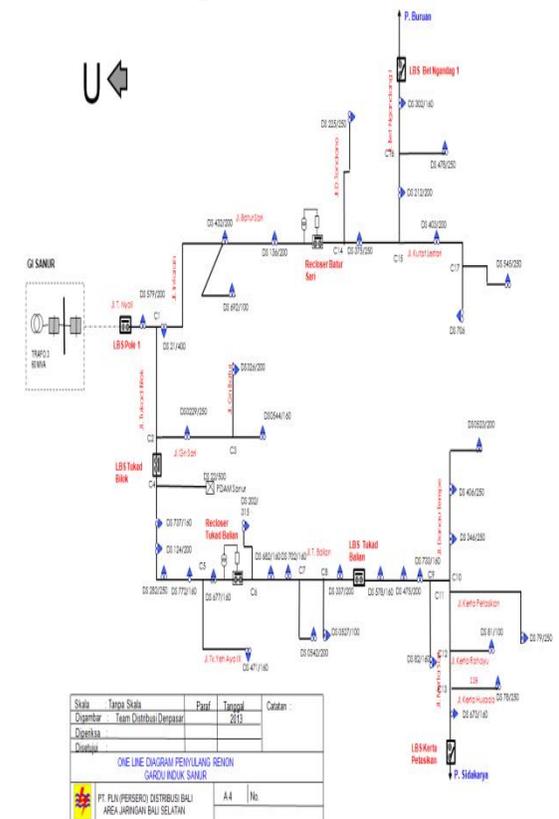
- b) Durasi kegagalan peralatan untuk setiap *load point* U LP, merupakan penjumlahan durasi kegagalan semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*, dengan menggunakan persamaan 2:

$$U_{LP} = \sum_{i=K} U_i = \sum_{i=K} \lambda_i \times r_j \dots\dots\dots(2)$$

Dengan : r_j = waktu perbaikan (*repairing time* atau *switching time*).

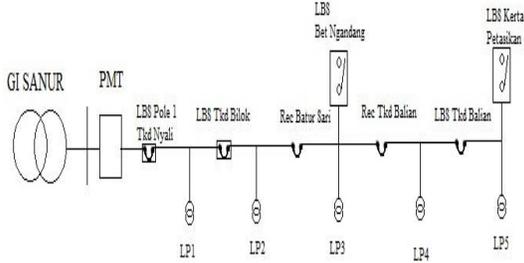
4.2.2 Perhitungan Keandalan Dengan Metode RNEA

Gambar 3 adalah *single line* diagram penyalang Renon sebelum dilakukan pemodelan dengan metode RNEA :



Gambar 3 Diagram Segaris Penyalang Renon sebelum pemodelan dengan metode RNEA [6].

Metode RNEA digunakan untuk menganalisis sistem distribusi radial yang kompleks secara sederhana. Prinsip utama pada metode ini adalah elemen ekuivalen dapat digunakan untuk mengganti bagian jaringan distribusi dan menyusun kembali sistem distribusi yang besar ke dalam bentuk seri dan sederhana. Gambar 5 adalah pemodelan penyulang Renon dengan menggunakan metode RNEA :



Gambar 5 Diagram Segaris Sederhana Penyulang Renon per titik beban

Dari gambar 6 dapat dijelaskan bahwa, penyulang Renon merupakan penyulang yang dayanya di suplai dari Gardu Induk Sanur. Pemodelan diagram segaris penyulang Renon dengan metode RNEA pada gambar terdiri dari :

- a. Dua Penutup Balik (*Recloser*) yaitu : *Recloser* Batur Sari dan *Recloser* Tukad Balian.
- b. Empat LBS (*Load Break Switch*) yaitu : LBS Bet Ngandang , LBS Tukad Balian , LBS Tukad Bilok dan LBS Kerta Petasikan.
- c. Lima Titik Beban (*Load Point*) yaitu :
 1. Titik Beban (*Load Point*) 1 : DS579, DS021, DS229, DS326, DS544, DS692, DS432, DS 136.
 2. Titik Beban (*Load Point*) 2 : DS22, DS737, DS124, DS282, DS772, DS 677, DS471.
 3. Titik Beban (*Load Point*) 3 : DS225, DS375, DS212, DS478, DS302, DS403, DS706, DS545
 4. Titik Beban (*Load Point*) 4 : DS202, DS682, DS702, DS542, DS527, DS337.
 5. Titik Beban (*Load Point*) 5 : DS578, DS475, DS733, DS 82, DS346, DS406, DS523, DS 79, DS81, DS 78, DS673.

Berdasarkan gambar 6 diagram segaris pada penyulang Renon dapat diperoleh data jumlah pelanggan masing-

masing titik beban (*Load Point*) pada tabel. Sesuai data yang diperoleh dari bagian operasi jaringan distribusi PT PLN (Persero) AJ Bali Selatan untuk tahun 2013 total listrik padam yang terjadi pada penyulang Renon baik akibat gangguan maupun karena pemeliharaan jaringan distribusi, transmisi serta pemeliharaan pembangkit adalah sebanyak dua kali dengan total waktu padam 77 menit. Tabel 1 merupakan jumlah pelanggan penyulang Renon per titik beban

Tabel 1 Data Jumlah Pelanggan Penyulang Renon per titik beban

Titik beban	Jumlah pelanggan
I	1976
II	1337
III	1310
IV	757
V	1714
Jumlah	7.094

Tabel 2 Pelanggan Padam Bila Penyulang Terjadi Gangguan pada tiap seksi

Gangguan Pada seksi	Pelanggan padam pada seksi
I	I+II+III+IV+V
II	II+III+IV+V
III	III+IV+V
IV	IV+V
V	V

Tabel 2 merupakan jumlah pelanggan pada bila penyulang mengalami gangguan pada tiap seksi. Dengan mengasumsikan jumlah pelanggan selama tahun 2013 adalah tetap sebesar 7.094 pelanggan, maka nilai indeks keandalan SAIFI dan SAIDI penyulang Renon dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [7]:

- Perhitungan SAIFI sesuai rumus 3 :
SAIFI untuk bulan April 2013 adalah :

$$SAIFI = \frac{\sum N Lp \times \lambda Lp}{\sum N} \dots \dots \dots (3)$$

$$= \frac{(7094 \text{ pelanggan} \times 1 \text{ kali})}{7904 \text{ pelanggan}}$$

$$SAIFI = 1 \text{ kali/pelanggan/tahun}$$
- Perhitungan SAIDI sesuai rumus 4 :
SAIDI untuk bulan Februari 2013 :

$$SAIDI = \frac{\sum N Lp \times ULp}{\sum N} \dots \dots \dots (4)$$

$$= \frac{(7094 \text{ pelanggan} \times 65 \text{ menit})}{7904 \text{ pelanggan}}$$

$$= 65 \text{ menit/pelanggan/tahun}$$

$$\text{SAIDI} = 1.08 \text{ jam/pelanggan/tahun}$$

$$\text{SAIFI} = 1.12 \text{ jam/pelanggan/tahun}$$

Dengan cara yang sama akan diperoleh nilai indeks SAIDI 1.12 jam/pelanggan/tahun dan SAIFI 1.3 kali/pelanggan/tahun.

4.2.3 Perhitungan Keandalan *Reliability Assessment Program ETAP*

Pada perhitungan nilai keandalan menggunakan program ETAP data-data yang digunakan adalah panjang saluran, perkiraan angka keluaran pada komponen sistem distribusi, jumlah pelanggan setiap load point pada jaringan distribusi penyulang Renon, dan waktu perbaikan komponen sistem distribusi. Untuk data perkiraan angka keluaran dan waktu perbaikan komponen data yang digunakan mengacu pada SPLN 59 : 1985 [7]. Setelah semua data yang diperlukan untuk mencari indeks parameter keandalan sistem distribusi penyulang Renon dengan menggunakan ETAP *Powerstation* telah dimasukkan, maka langkah selanjutnya adalah menjalankan program ini dengan *run*.

Pada perhitungan program ETAP memerlukan perhitungan yang cukup banyak untuk dapat mengetahui laju kegagalan setiap komponen yang ada pada jaringan yang di analisis.

Hasil nilai keandalan jaringan distribusi penyulang Renon dengan menggunakan *software* ETAP 7.0.0 adalah SAIFI sebesar 0.66 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 2.0 jam/pelanggan/tahun. Untuk *output* hasil *run* dengan menggunakan ETAP.

4.2.4 Perbandingan Tingkat Keandalan Penyulang Renon

Perhitungan indeks keandalan SAIFI dan SAIDI dengan menggunakan metode *section technique*, metode RNEA, dan ETAP *Powerstation* dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 3 Nilai Indeks Keandalan Penyulang Renon

	SAIFI	SAIDI
Program ETAP	0.66	2
Metode <i>Section Technique</i>	0.566	1.61
Metode RNEA	1.3	1.12

5. SIMPULAN

Simpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan keandalan jaringan penyulang Renon dengan menggunakan program ETAP diperoleh SAIFI sebesar 0.66 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 2 jam/pelanggan/tahun. Perhitungan menggunakan metode *section technique* SAIFI sebesar 0.56 kali/pelanggan/tahun SAIDI sebesar 1.61 jam/pelanggan/tahun. Perhitungan menggunakan metode RNEA SAIFI sebesar 1.3 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 1.12 jam/pelanggan/tahun.
2. Nilai perhitungan dengan menggunakan program ETAP *Powerstation* sebagai referensi. Persentase tingkat ketelitian metode RNEA dan ETAP untuk nilai SAIFI sebesar 96 % dan SAIDI sebesar 44 %. Persentase perhitungan dengan RNEA hasilnya cukup jauh dari program ETAP karena dilakukan penyederhanaan jaringan dan dalam perhitungan banyak hal-hal yang diabaikan. Persentase tingkat ketelitian metode RNEA dan ETAP untuk nilai SAIFI sebesar 14 % dan SAIDI sebesar 19%. Persentase perhitungan dengan metode *section technique* hasil perhitungan mendekati program ETAP karena data-data yang digunakan pada metode *section technique* dan ETAP hampir sama.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pabla, A.S. 1991. **Sistem Distribusi Daya Listrik**. Jakarta : Erlangga.
- [2] Marsudi, D. 2006. **Operasi Sistem Tenaga Listrik**. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [3] Hadi, A. 1991. **Sistem Distribusi Daya Listrik**. Jakarta : Erlangga.
- [4] Billinton, R, Wang, P, 1998. **Reliability Network Equivalent Approach to Distribution System Reliability Evaluation**. *IEEE Proc-Gener. Distrib*, vol.145, no.2.
- [5] Xie, K. Zhou, J. dan 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.
- [6] PT. PLN (Persero) Area Jaringan Bali Selatan. 2013. **Penyulang Renon**. Bali
- [7] SPLN 59 : 1985. **Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6kV**. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi, Perusahaan Umum Listrik Negara.