



# JURNAL AMPERE

VOL. 2 NO. 1  
Januari - Juni 2017



ISSN : 2477-2755



9 772477 275007

Penerbit : Prodi Teknik Elektro Univ.PGRI Palembang

# JURNAL AM PERE

## **Pelindung**

Muhammad Firdaus ( Univ. PGRI Palembang )

## **Pengarah**

M. Saleh Al Amin ( Univ. PGRI Palembang )

Adiguna ( Univ. PGRI Palembang )

Aan Sefentry ( Univ. PGRI Palembang )

## **Pimpinan Editorial**

Emidiana ( Univ. PGRI Palembang )

## **Dewan Editorial**

Sabilal Rasyad ( Politeknik Negeri Sriwijaya )

Nefo Alamsyah ( Univ. Tridinanti Palembang )

M. Saleh Al Amin ( Univ. PGRI Palembang )

Alimin Nurdin ( Univ. PGRI Palembang )

## **Staff Editor**

Nita Nurdiana ( Univ. PGRI Palembang )

Endang Kurniawan ( Univ. PGRI Palembang )

## **Alamat Redaksi :**

Program Studi Teknik Elektro Universitas PGRI Palembang  
Jalan Jend. A. Yani Lorong Gotong Royong 9/10 Ulu Palembang Sumatera Selatan  
Telp. 0711-510043 Fax. 0711-514782 e-mail : ampere\_pgri@yahoo.com

# JURNAL AMPERE

Volume 2, Nomor 1, Januari – Juni 2017

## DAFTAR ISI

<b>Artikel Penelitian</b>	<b>Halaman</b>
1. <b>Studi Penerapan Over Load Shediing (OLS) Relay pada Sisi Sekunder Transfor mator Daya 20 MVa Penyulang Aries 20 KV di Gardu Induk Lahat, Dian Eka Putra, Andi Siahaan.....</b>	<b>1-11</b>
2. <b><i>Pengaruh Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah Terhadap Kinerja Alternator, Emidiana.....</i></b>	<b>12-18</b>
3. <b>Analisa Penurunan Faktor Kerja Transformator Daya 30 MVA, Irine Kartika Febrianti., .....</b>	<b>19-22</b>
4. <b>Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Gardu Induk Talang Ratu Palembang, Nita Nurdiana .....</b>	<b>23-30</b>
5. <b>Aplikasi Linier Programming Pada Sistim Optimasi Saluran Transmisi, Masayu Anisa, A.N Afandi, Sabilal Rasyad, Evelina, Taufik Roseno.....</b>	<b>31-38</b>
6. <b>Analisa Perkiraan Kemampuan Daya Yang dibutuhkan Untuk Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Surya Darma.....</b>	<b>39-53</b>
7. <b>Analisa Penghematan Konsumsi Energi Pada Sistem Pengkondisian Udara dan Sistem Penerangan di Area Produksi PT. Siwijaya Alam Segar Palembang, Dina Fitria, Yudi Irwansi, Yuwon.....</b>	<b>54--66</b>
Petunjuk Untuk Penulisan .....	iii
Daftar Pustaka .....	iv



# STUDI KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV GARDU INDUK TALANG RATU PALEMBANG

**Nita Nurdiana**

*Dosen Tetap Yayasan pada Prodi Teknik Elektro*

*Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang*

*Email: [nita78nurdiana@gmail.com](mailto:nita78nurdiana@gmail.com)*

## ABSTRAK

Pemanfaatan energi listrik harus diimbangi dengan menjaga kualitas energi listrik. Hal ini dilakukan untuk memenuhi pertumbuhan energi listrik serta memenuhi permintaan daya yang meningkat setiap tahun. Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan yang paling banyak mengalami gangguan. Satu masalah utama dalam operasi sistem distribusi adalah mengatasi gangguan, sebab banyak gangguan yang terjadi akan mempengaruhi indeks keandalan. Dalam penelitian ini dilakukan studi keandalan jaringan distribusi untuk mengetahui nilai indeks keandalan pada jaringan distribusi pada penyulang Jambi, salah satu penyulang yang dimiliki Gardu Induk Talang Ratu. Hasil perhitungan menunjukkan nilai SAIFI, SAIDI dan CAIDI untuk penyulang Jambi sebesar 2,791 kali/tahun, 8,372 jam/tahun dan 2,999 jam/pelanggan. Hasil ini menunjukkan bahwa Nilai indeks SAIFI untuk penyulang Jambi di GI talang Ratu (2,791 gangguan/pelanggan.tahun) masih memenuhi standar yang ditetapkan yaitu 3 kali/pelanggan/tahun. Sedangkan nilai indeks SAIDI 8,372 jam/pelanggan/tahun jauh diatas standar yang ingin dicapai oleh PT. PLN (Persero). Yaitu 1,67 jam/pelanggan/tahun.

**Kata Kunci :** SAIDI, SAIFI, CAIDI, keandalan, sistem distribusi.

## PENDAHULUAN

Sistem distribusi tenaga listrik memegang peranan utama dalam menyalurkan energi listrik. Sistem ini dituntut memiliki tingkat keandalan yang tinggi dan mampu secara kontinu menyalurkan energi listrik dari sistem transmisi menuju ke beban dan pelanggan. Keandalan sistem distribusi tenaga listrik sangat mempengaruhi kualitas energi listrik yang diterima pelanggan. Mutu, Kontinuitas dan ketersediaan pelayanan daya listrik pada pelanggan merupakan faktor yang mempengaruhinya

Pemadaman listrik merupakan salah satu gangguan yang menyebabkan keandalan berkurang. Durasi pemadaman yang lama maupun yang singkat dan seberapa sering sistem mengalami gangguan dalam setahun mempengaruhi indeks keandalan sistem, Menggunakan indeks keandalan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) dan SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dapat diketahui keandalan sistem tersebut.

Gardu induk Talang Kelapa merupakan salah satu Gardu Induk yang menyuplai daya listrik bagi masyarakat Palembang. Gardu Induk ini memiliki lima penyulang yaitu Penyulang Bandung, Penyulang Surabaya, Penyulang Jambi, Penyulang Tarakan, Penyulang Manado. Dari kelima penyulang yang dimiliki GI Talang Ratu, pada tahun 2013 penyulang Jambi merupakan penyulang yang paling banyak mengalami gangguan dalam setahun yaitu sebanyak 89 kali/ tahun. Untuk itu maka diperlukan suatu perhitungan untuk mengetahui sampai seberapa jauh indeks keandalannya

## KAJIAN PUSTAKA

### Keandalan Sistem Distribusi

Dalam Jurnal Nasional Teknik Elektro Universitas Negeri Padang, Volume 1, Nomor 1 tahun 2012, Pulungan, Basrah, dkk. membahas Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv di Wilayah Area Pelayanan Jaringan (APJ) Padang PT PLN (Persero) Cabang Padang. Masih dalam tahun 2012, Shinta Sari K., pada tahun dalam skripsinya membahas Analisis Keandalan Distribusi 20 kV di Wilayah Tegal Jawa Tengah”, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Dalam prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3 tahun 2011 pada hal 463-470, Ir. Rudyanto Thayib, Msc membahas mengenai perhitungan Indeks keandalan sistem tenaga Listrik Interkoneksi Sumatera Bagian Selatan. Siti Saodah, tahun 200 membahas Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIDI dan SAIFI. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi. Yogyakarta : Institut Teknologi Nasional.

Kehandalan suatu sistem dapat dilihat dari tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem, untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi operasi tertentu.

Pemutusan beban yang diakibatkan adanya gangguan pada sistem distribusi berkaitan erat dengan keandalan pada sistem distribusi tersebut. Keandalan sistem distribusi berbanding terbalik dengan tingkat pemutusan beban sistem. Keandalan sistem akan semakin berkurang apabila frekuensi pemutusan beban pada sistem semakin tinggi. Tingkatan keandalan dalam pelayanan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) hal antara lain (SPLN 52-3, 1983 : 5):

- Tingkat 1: Dimungkinkan padam berjam-jam, yaitu waktu yang diperlukan untuk mencari dan memperbaiki bagian yang rusak karena adanya gangguan.
- Tingkat 2: Padam beberapa jam, yaitu waktu yang diperlukan untuk mengirim petugas ke lapangan, melokalisir gangguan dan melakukan manipulasi untuk dapat menghidupkan sementara dari arah atau saluran yang lain.
- Tingkat 3: Padam beberapa menit, manipulasi oleh petugas yang *stand by* di gardu atau dilakukan deteksi/pengukuran dan pelaksanaan manipulasi jarak jauh.
- Tingkat 4: Padam beberapa detik, pengamanan dan manipulasi secara otomatis.
- Tingkat 5: Tanpa padam, dilengkapi instalasi cadangan terpisah dan otomatis.

### Indeks Keandalan Sistem Distribusi

Dalam menentukan keandalan suatu sistem dapat dilakukan melalui pemeriksaan dengan cara perhitungan maupun analisa terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau pada periode tertentu. Dari hasil yang didapat dibandingkan dengan standar yang ditetapkan sebelumnya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi indeks keandalan dalam suatu sistem distribusi sesuai standar IEEE P1366 antara lain :

- Pemadaman/ Interruption of Supply.  
Terhentinya pelayanan pada satu atau lebih konsumen, akibat dari salah satu atau lebih komponen mendapat gangguan.
- Keluar/Outage.  
Keadaan dimana suatu komponen tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya, diakibatkan karena beberapa peristiwa yang berhubungan dengan komponen tersebut. Suatu outage dapat

atau tidak dapat menyebabkan pemadaman, hal ini masih tergantung pada konfigurasi sistem.

- Lama keluar/Outage Duration.  
Periode dari saat permulaan komponen mengalami outage sampai saat dapat dioperasikan kembali sesuai dengan fungsinya.
- Lama pemadaman / interruption Duration.  
Waktu dari saat permulaan terjadinya pemadaman sampai saat menyala kembali. Jumlah total konsumen terlayani / Total Number of Costumer Served. Jumlah total konsumen yang terlayani sesuai dengan periode laporan terakhir.
- Periode laporan.  
Periode laporan diasumsikan sebagai satu tahun

Terdapat tiga parameter dasar dalam keandalan yang biasa digunakan untuk mengevaluasi sistem distribusi radial yaitu Laju kegagalan ( $\lambda$ ), waktu pemadaman rata-rata ( $r$ ) dan waktu pemadaman tahunan ( $U$ ).

### 1. Laju Kegagalan ( *Failure Rate* )

Laju kegagalan menurut Sulasno (2001:130) merupakan nilai rata-rata dari jumlah kesalahan persatuan waktu pada selang waktu pengamatan waktu tertentu ( $T$ ), dan dinyatakan dalam satuan kegagalan per tahun. Pada suatu pengamatan, nilai laju kegagalan dinyatakan sebagai berikut

$$\lambda = \frac{f}{T} \text{ (Sulasno, 2001 : 130)}$$

Dimana:

$\lambda$  = Laju kegagalan (kegagalan/tahun)

$f$  = Banyaknya kegagalan selama selang waktu ( $T$ )

$T$  = selang waktu pengamatan (tahun)

Untuk menghitung lama gangguan rata-rata (Average Annual outage Time) :

$$U_s = \frac{\sum t}{T} \text{ (Wilis, 2004: 110)}$$

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

### 2. Laju perbaikan ( $r$ )

Berapa lama waktu yang dibutuhkan suatu alat yang gagal atau keluar untuk beroperasi kembali dengan cara diganti atau diperbaiki dalam satuan jam dikenal sebagai Laju perbaikan.

Dalam perhitungannya untuk mendapatkan waktu kegagalan rata-rata yang dialami oleh sebuah alat, maka :

$$r = \frac{U}{\lambda} = \frac{\sum i \lambda_i r_i}{\sum i \lambda_i}$$

Dimana :

$U$  = Waktu kegagalan per tahu (Jam/tahun).

$\lambda$  = Angka kegagalan per tahun (Gangguan/tahun)

$r$  = Waktu kegagalan (Jam)

### 3. Laju perbaikan per tahun ( U )

Untuk mengetahui besarnya laju perbaikan per tahun harus diketahui banyaknya waktu perbaikan rata - rata per tahun pada suatu alat. Diperoleh dengan cara mengalikan angka kegagalan waktu keluar alat tersebut, maka :

$$U = \sum_i \lambda_i r_i$$

Dimana :

U = Waktu kegagalan per tahun (Jam/tahun).

$\lambda$  = Angka kegagalan per tahun (Gangguan/tahun)

r = Waktu kegagalan (Jam)

### 4. SAIDI (Sistem Average Interruption Duration Index)

SAIDI atau *Sistem Average Interruption Duration Index* merupakan indeks rata - rata dari jumlah durasi gangguan pada pelanggan selama 1 tahun. Indeks ini ditentukan dengan membagi jumlah seluruh durasi gangguan pada pelanggan tiap tahun dengan total jumlah pelanggan yang dilayani dengan hasil jam/pelanggan, dengan rumus :

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{jumlah lamanya gangguan pada pelanggan}}{\text{jumlah seluruh pelanggan}}$$
$$\text{SAIDI} = \frac{\sum U_i . N_i}{\sum N_i} \text{ jam/pelanggan\_tahun}$$

(Willis, 2004:112)

Dimana :

$U_i$  = lama gangguan rata-rata

$N_i$  = banyak pelanggan pada suatu titik

### 5. SAIFI (Sistem Average Interruption Frequency Indeks)

SAIFI atau *Sistem Average Interruption Frequency Index* merupakan indeks rata - rata dari jumlah gangguan per tahun. Indeks ini ditentukan dengan cara membagi jumlah gangguan per tahun yang terjadi pada pelanggan yang dilayani dengan jumlah total keseluruhan pelanggan yang dilayani.

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{Total gangguan yang dialami pelanggan}}{\text{jumlah seluruh pelanggan}}$$
$$\text{SAIFI} = \frac{\sum \lambda_i . N_i}{\sum N_i}$$

(Willis, 2004, : 111)

Dimana :

$\lambda_i$  = laju kegagalan unit

$N_i$  = banyak pelanggan pada suatu titik.

### 6. Customer Average 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



$$CAIDI = \frac{\text{jumlah lamanya gangguan pada pelanggan}}{\text{jumlah pelanggan yang mengalami gangguan}}$$

$$CAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum \lambda_i N_i} \text{ jam/pelanggan\_pemutusan}$$

(Willis, 2004 :112)

Dimana :

$U_i$ = lama gangguan rata-rata

$N_i$ = jumlahpelanggan pada satu titik.

### Indeks Kegagalan Peralatan Sistem Distribusi

Tabel data kegagalan untuk saluran dan peralatan sistemdistribusi yang melingkupi *failure rate*, *repair time*, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1  
Data Indeks KegagalanPeralatan dan Saluran Sistem Distribusi

Peralatan	Laju Kegagalan ( $\lambda$ ) (Gangguan/Unit/Tahun)	Repair Time (r) (Waktu/Jam)
Trafo Distribusi	0,003	10
Pemutus Tenaga (Circuit Breaker)	0,004	10
Sakelar Pisah (Air Break Switch)	0,003	0,15
Penutup balik (Recloser)	0,005	0,25
Pelindung Jaringan	0,003	10
Saluran Udara	0,2	3
Saluran Kabel	0,07	10
Bus	0,002	10
Penyambung Kabel	0,001	15
Sakelar Beban	0,003	0,15

Sumber :SPLN 59:1985

### METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah metode wawancara dan dokumenter data di pengaturan beban GI Talang Ratu dan pengolahan data yang digunakan adalah cara sistem analisis berdasarkan data yang ada.

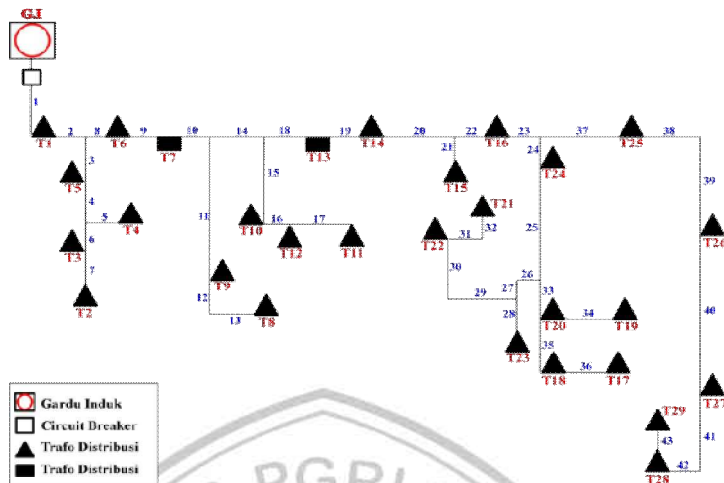
Adapun langkah-langkahnya:

- Pengumpulan data banyaknya /frekuensi dan durasi pemadaman dari tabel gangguan dan pemeliharaan pada penulang Jambi
- Merekap data banyaknya/frekuensi dan durasi pemadaman selama setahun dari bulan Januari s/d Desember 2013
- Membuat tabel frekuensi dan durasi pemadaman selama satu tahun berdasarkan
- Membuat tabel pengamatan berdasarkan penyebab gangguan yang terjadi pada penyulang Jambi
- Menghitung nilai indeks keandalan berupa SAIDI, SAIFI, , CAIDI,
- Menganalisa hasil perhitungan nilai indeks berdasarkan hasil penyebab gangguan.



## HASIL DAN ANALISA

Berikut ini adalah gambar single line diagram dari penyulang Jambi Gardu Induk Talang Ratu.



Gambar1. Single Line Diagram Penyulang Jambi

Penyulang Jambi merupakan penyulang dengan tipe radial tanpa *Recloser* dan *Sectionalizer*, mendapat suplai dari Gardu Induk Talang Ratu sebesar 10 MVA. Penyulang ini memiliki panjang saluran 15,864 Km yang terbagi menjadi 29 titik beban dan 8.310 total pelanggan.

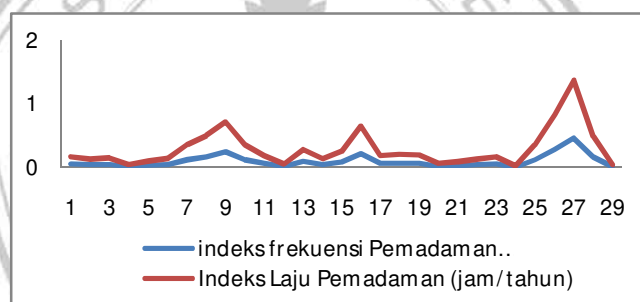
Setelah diketahui data keandalan peralatan yang telah dicantumkan pada tabel 1 di atas, maka nilai indeks keandalan dasar dapat dihitung.

Tabel 2  
Perhitungan Indeks Titik Beban dan Pelanggan

Titik Beban	Jumlah pelanggan N	Panjang saluran $\lambda_i$	frekuensi Pemadaman (kali/tahun) $f_i$	Laju Pemadaman (jam/tahun) $U_i$
LP1	152	0.280	0.056	0.168
LP2	100	0.212	0.0424	0.1272
LP3	75	0.244	0.0488	0.1464
LP4	67	0.070	0.014	0.042
LP5	443	0.164	0.0328	0.0984
LP6	693	0.233	0.0466	0.1398
LP7	512	0.593	0.1186	0.3558
LP8	87	0.842	0.1684	0.5052
LP9	585	1.200	0.24	0.72
LP10	562	0.593	0.1186	0.3558
LP11	324	0.309	0.0618	0.1854
LP12	56	0.090	0.018	0.054
LP13	75	0.474	0.0948	0.2844
LP14	231	0.224	0.0448	0.1344
LP15	168	0.419	0.0838	0.2514
LP16	69	1.087	0.2174	0.6522

LP17	212	0.303	0.0606	0.1818
LP18	100	0.335	0.067	0.201
LP19	304	0.320	0.064	0.192
LP20	258	0.106	0.0212	0.0636
LP21	260	0.146	0.0292	0.0876
LP22	897	0.212	0.0424	0.1272
LP23	248	0.281	0.0562	0.1686
LP24	317	0.040	0.008	0.024
LP25	183	0.594	0.1188	0.3564
LP26	126	1.400	0.28	0.84
LP27	98	2.300	0.46	1.38
LP28	732	0.818	0.1636	0.4908
LP29	376	0.064	0.0128	0.0384

Tabel 2 diatas menunjukkan tingkat frekuensi pemadaman yang terjadi perpelanggan dalam satu tahun. Nilai indeks yang diperoleh pada perhitungan di atas kemudian dibandingkan dengan jarak untuk memperoleh hasil perbandingan yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

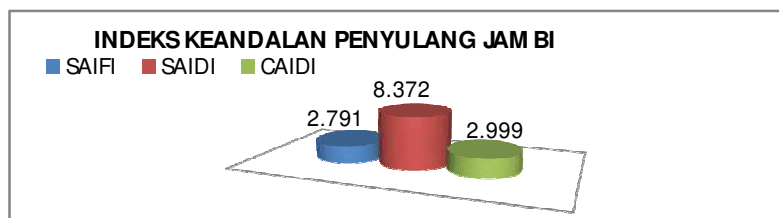


Gambar 2. Grafik perbandingan nilai indeks terhadap jarak pada Penyulang Jambi

Dengan menggunakan data pada table 2.maka akan kita dapatkan nilai indek yang menunjukkan tingkat keandalan sistem distribusi yang ada. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan data SAIFI, SAIDI dan CAIDI pada penyulang Jambi seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Indeks Keandalan Sistem Penyulang Jambi

No	Indeks Keandalan	Hasil Perhitungan
1	SAIFI	2.791
2	SAIDI	8.372
3	CAIDI	2.999



Gambar 4. Grafik Indeks Keandalan Penyulang Jambi

Dari tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa Penyulang Jambi di GI Talang Ratu memiliki indeks SAIFI sebesar 2,791 gangguan/pelanggan/tahun. Ini menunjukkan bahwa dalam satu tahun, terjadi gangguan pada pelanggan sebanyak 2,791 kali. Nilai indeks ini masih dibawah nilai yang ditetapkan oleh PT PLN (Persero) yaitu sebesar 3.000 kali/pelanggan/tahun.

Nilai SAIFI ini hanya memberi informasi frekwensi terjadinya pemadaman tetapi tidak memberi informasi berapa lama terjadinya pemadaman. Untuk lama pemadaman dilakukan perhitungan SAIDI.

Nilai indeks SAIDI hasil perhitungan adalah 8,372 jam/pelanggan/tahun, ini menunjukkan dalam satu tahun terjadinya pemadaman pada pelanggan sebanyak 8,372 jam.. Nilai indeks ini jauh diatas indeks SAIDI yang ingin dicapai oleh PT. PLN (Persero) yaitu 1,67 jam/pelanggan/tahun. Untuk mendapatkan keandalan yang diinginkan harus dilakukan upaya dan kerja keras dari PT. PLN (Persero) untuk menurunkan indeks SAIDI dari 8,372 jam menjadi lebih rendah dari 1,67 jam.

## KESIMPULAN

1. Nilai indeks SAIFI untuk penyulang Jambi di GI talang Ratu (2,791 gangguan/pelanggan.tahun) masih memenuhi standar yang ditetapkan yaitu 3 kali/pelanggan/tahun.
2. Nilai indeks SAIDI 8,372 jam/pelanggan/tahun jauh diatas standar yang ingin dicapai oleh PT. PLN(Persero). Yaitu 1,67 jam/pelanggan/tahun
3. Evaluasi nilai indeks keandalan SAIFI dan SAIDI pada sisi pelanggan, harus dilakukan secara keseluruhan. sehingga nilai indeks SAIFI dan SAIDI memenuhi standar yang telah ditentukan, baru sistem itu dapat dikatakan andal, apabila salah satu indeks tidak memenuhi kriteria, maka sistem itu dikatakan tidak andal.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Shinta Sari, K, “Analisis Keandalan Distribusi 20 kV di Wilayah TegalJawa Tengah”, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2012.
2. Thayib Rudyanto, “Perhitungan Indeks Keandalan Sistem Tenaga Listrik Interkoneksi Sumatera Bagian Selatan”, Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3 hal 463-470 Palembang, 26-27 Oktober 2011 ISBN : 979-587-395-4, 2011
3. Pulungan, Basrah. dkk. “Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv di Wilayah Area Pelayanan Jaringan (APJ) Padang PT PLN (Persero) Cabang Padang”. Jurnal Nasioanal Teknik Elektro, Volume 1, Nomor 1. Padang: Universitas Negeri Padang. 2012
4. Saodah, Siti, “Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIDI dan SAIFI” . Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi. Yogyakarta : Institut Teknologi Nasional. 2008
5. Sudirham, Sudaryatno.. “**Distribusi Energi Listrik**” .Bandung : Institut Teknologi Bandung 2006
6. Sulasno. “**Teknik Dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik**”. Semarang : Universitas Diponegoro 2001
7. Willis, H. Lee. 2004. **Power Distribution Planning Reference Book Second Edition, Revised and Expanded**, Raleigh, Nort Carolina, U.S.A. New York-Basel: Marcel Dekker, Inc.