

ANALISIS TINGKAT KEANDALAN KELISTRIKAN RUMAH SAKIT PENDIDIKAN UNHAS

Muh. Yusuf Yunus, Herman Nawir¹⁾, Ahmad Salleang, Fajar Hidayat²⁾

Abstrak: Keandalan menggambarkan suatu tingkat ketersediaan tenaga listrik dimana dipengaruhi oleh konfigurasi sistem mulai dari alat pengaman yang dipasang dan sistem proteksi. Konfigurasi yang tepat, peralatan yang handal serta pengoperasian sistem yang otomatis akan memberikan unjuk kerja sistem distribusi yang baik. Indeks keandalan titik beban yang biasanya digunakan meliputi laju pemutusan beban *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*, *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)*, *Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)*, *Average Service Unavailability Index (ASUI)*, *Average Service Availability Index (ASAI)*, *Energy Not Supplied Index (ENS)*, dan *Average Energy Not Supplied (AENS)*. Tujuan dari semua itu adalah Untuk Mengetahui tingkat keandalan pada titik beban serta untuk mengetahui sejauh mana tingkat keandalan sistem kelistrikan yang ada pada rumah sakit pendidikan Unhas. Beberapa variabel yang mempengaruhi indeks adalah panjang penyulang dan kerapatan beban, konfigurasi saluran dan tegangan yang disalurkan. sehingga dalam penelitian ini membahas seberapa jauh tingkat keandalan titik beban dan indeks keandalan sistem pada Rumah Sakit Pendidikan Unhas. dimana dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode yang berdasarkan SAIDI dan SAIFI dengan mengumpulkan data-data langsung di lapangan. Apabila di dibandingkan dengan standarisasi nilai SAIFI dan SAIDI IEEE, Nilai SAIFI tidak mencapai target andal Akan tetapi Nilai SAIDI sudah mencapai target. Untuk SAIFI target 1,0 kali pemutusan beban SAIDI 1,0 sampe 1,5 jam/pelanggan_tahun. Dari data di atas standar nilai SAIFI belum bisa mencapai target andal akan tetapi nilai SAIDI sudah mencapai target Andar. Adapun Beban yang mencapai Target Andar Secarah menyeluruh adalah beban yang menggunakan UPS yang tidak terpengaruh oleh gangguan namun hanya beban emergency.

Kata Kunci: Keandalan, keandalan titik beban, keandalan sistem, SAIDI, SAIFI.

I. PENDAHULUAN

Kualitas energi listrik yang diterima konsumen dalam hal ini Rumah Sakit Pendidikan Unhas sangat dipengaruhi oleh keandalan sistem sistem distribusi tenaga listrik. Keandalan menggambarkan suatu tingkat ketersediaan tenaga listrik dimana dipengaruhi oleh konfigurasi sistem mulai dari alat pengaman yang dipasang dan sistem proteksi. Konfigurasi yang tepat, peralatan yang handal serta pengoperasian sistem yang otomatis akan memberikan unjuk kerja sistem distribusi yang baik.

Untuk mengetahui keandalan dalam distribusi tenaga listrik ke konsumen, maka perlu dihitung indeks keandalannya. Dengan menggunakan data kegagalan dalam transformator setiap gardu induk, dapat dihitung indeks keandalan transformator pada gardu induk. Dengan menggunakan data pada jaringan distribusi, dapat dihitung indeks keandalan jaringan distribusi dan dapat dilakukan perhitungan besarnya nilai keandalan SAIDI dan SAIFI.

Sarana dan prasarana bangunan gedung rumah sakit adalah fasilitas kelengkapan didalam dan diluar bangunan gedung yang mendukung terselenggaranya fungsi suatu rumah sakit sebagai pusat kegiatan kesehatan. Hal

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

²⁾ Alumni Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

tersebut juga tak lepas dari: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 2306/MENKES/PER/XI/2011 pasal 1, tentang Persyaratan Teknis Prasarana Instalasi Elektrikal Rumah Sakit, yang bertujuan memberikan acuan rumah sakit dalam mewujudkan instalasi listrik yang berkualitas sesuai dengan fungsinya, andal, efisien, serasi dan selaras dengan lingkungan dan terselenggaranya fungsi prasarana instalasi elektrikal rumah sakit yang menjamin keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan memberi kemudahan bagi pengguna instalasi elektrikal dirumah sakit.

Kualitas energi listrik yang diterima konsumen dalam hal ini Rumah Sakit Pendidikan sangat dipengaruhi oleh keandalan sistem sistem distribusi tenaga listrik. Keandalan menggambarkan suatu tingkat ketersediaan tenaga listrik dimana dipengaruhi oleh konfigurasi sistem mulai dari alat pengaman yang dipasang dan sistem proteksi. Konfigurasi yang tepat, peralatan yang handal serta pengoperasian sistem yang otomatis akan memberikan unjuk kerja sistem distribusi yang baik.

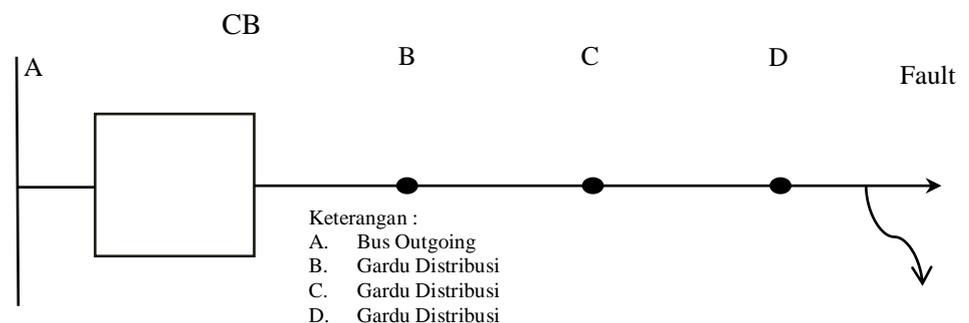
A. Indeks keandalan titik beban

Indeks keandalan titik beban yang biasanya digunakan meliputi laju pemutusan beban rata-rata f (pemutusan beban/tahun), waktu keluar rata-rata r (jam/pemutusan beban) dan lama pemutusan beban rata-rata U (jam/tahun). Indeks keandalan sistem yang banyak digunakan antara lain : *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*, *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)*, *Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)*, *Average Service Unavailability Index (ASUI)*, *Average Service Availability Index (ASAI)*, *Energy Not Supplied Index (ENS)*, dan *Average Energy Not Supplied (AENS)*.

Sistem distribusi dengan tipe radial, mempunyai bentuk yang sederhana dan banyak digunakan, serta luas pemakaiannya. Sistem radial digunakan untuk daerah beban yang mempunyai kerapatan beban (*load density*) yang rendah atau sedang. Bila ditinjau dari segi keandalannya dapat dibedakan atas dua keadaan, yaitu:

1. Sistem radial tanpa *reclosing* dan *sectionalizing* secara otomatis.
2. Sistem radial dengan menggunakan sistem *reclosing* dan *sectionalizing* secara otomatis.

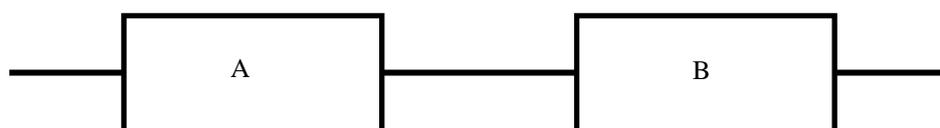
Sistem radial tanpa *reclosing* dan *sectionalizing* secara otomatis memiliki kontinuitas dan keandalan yang kurang baik, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Sistem radial tanpa *recloser* dan *sectionalizer*

Sistem radial yang menggunakan *reclosing* dan *sectionalizing* secara otomatis memiliki kontinuitas dan keandalan yang cukup tinggi. Pada sistem *reclosing* dan *sectionalizing* secara otomatis ini, bila terjadi gangguan pada bagian feeder, misalnya terjadi diujung saluran, maka pemadaman total tidak akan terjadi, melainkan sebagian saja. Hal ini karena bagian feeder yang mengalami gangguan akan dilepas oleh *sectionalizer* yang terdekat dengan gangguan.

Pada sistem distribusi radial antara komponen satu dengan yang lain dihubungkan secara seri. Misalkan, sebuah penyulang tersusun secara seri antara *circuit breaker*, *disconnecting switch*, saluran, *fuse*, dan trafo distribusi. Secara sederhana susunan seri antar komponen ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 2. Sistem Seri

Sistem yang ditunjukkan gambar 2 adalah sebuah sistem yang terdiri dari komponen A dan komponen B. Dua komponen tersebut terhubung secara seri, jika λ_A adalah laju pemutusan beban komponen A dan λ_B adalah laju pemutusan beban komponen B, maka laju pemutusan beban rata-rata adalah :

$$\lambda_S = \lambda_A + \lambda_B \dots\dots\dots(1)$$

Beberapa variabel yang mempengaruhi indeks adalah panjang penyulang dan kerapatan beban, konfigurasi saluran dan tegangan yang disalurkan. (Short, 1966), sehingga dalam penelitian ini membahas seberapa jauh tingkat keandalan titik beban dan indeks keandalan sistem pada Rumah Sakit Pendidikan Unhas.

1. Indeks Keandalan Titik Beban Untuk Sistem Distribusi Radial.

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas (Sukerayasa, 2007). Suatu besaran untuk membandingkan penampilan sistem distribusi, tiga indeks keandaan titik beban yang paling sering digunakan dalam sistem distribusi radial adalah laju pemutusan beban rata-rata f_s (pemutusan beban/tahun), waktu keluar rata-rata r_s (jam/pemutusan beban) dan lama pemutusan beban rata-rata U_s (jam/tahun).

2. Laju pemutusan beban rata-rata f_s (pemutusan beban/tahun)

Menurut SPLN 59, 1985, laju pemutusan beban rata-rata pada sistem radial λ_s adalah:

$$f_s = \sum_{i=1}^n C_i X_i \lambda_i \text{ pemutusanbeban/tahun} \dots\dots\dots(2)$$

Sedangkan untuk menghitung laju pemutusan beban masing-masing komponen digunakan rumus:

$$f_i = C_i X_i \lambda_i \text{ pemutusanbeban/tahun} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- C_i = jumlah konsumen per unit yang mengalami pemutusan beban
- X_i = panjang penyulang atau unit komponen (km atau unit)
- λ_i = perkiraan angka keluar komponen (kali/km/tahun atau kali/unit/tahun)

n = banyaknya komponen yang keluar yang menyebabkan pemutusan beban

3. Lama pemutusan beban rata-rata U_s (jam/tahun)

Menurut SPLN 59, 1985, lama pemutusan beban rata-rata U_s adalah:

$$U_s = \sum_{i=1}^n X_i \lambda_i \left(\sum_{j=1}^m C_i t_{ij} \right) \text{ jam/tahun} \dots \dots \dots (4)$$

Persamaan diatas digunakan menghitung lama pemutusan beban rata-rata seluruh komponen yang mendukung suatu penyulang, sedangkan untuk menghitung lama pemutusan beban pada setiap komponen dipergunakan persamaan berikut:

$$U_i = X_i \lambda_i \left(\sum_{j=1}^m C_i t_{ij} \right) \text{ jam/bulan} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

C_{ij} =Jumlah konsumen per unit yang mengalami pemutusan beban

X_i = Panjang penyulang atau unit komponen (km atau unit)

λ_i =Perkiraan angka keluar komponen (kali/km/tahun atau kali/unit/tahun)

t_{ij} =waktu yang diperlukan dalam langkah demi langkah dari operasi kerja dan

pemulihan pelayanan (waktu/jam)

4. Waktu keluar rata-rata r_s (jam/pemutusan beban)

$$r_s = \frac{U_s}{f_s} \text{ jam/pemutusanbeban} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:

U_s = Lama pemutusan beban rata-rata (jam/tahun)

f_s = Laju pemutusan beban rata-rata (pemutusan beban/tahun)

B. Indeks Keandalan Sistem Untuk Sistem Distribusi Radial

1. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

Indeks ini didefinisikan sebagai jumlah rata-rata gangguan yang terjadi per pelanggan yang dilayani sistem per satuan waktu (umumnya pertahun). Indeks ini ditentukan dengan membagi jumlah semua gangguan pelanggan dalam satu tahun dengan jumlah pelanggan yang dilayani oleh sistem tersebut. Persamaan untuk SAIFI (rata-rata jumlah gangguan per pelanggan) ini dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$SAIFI = \frac{\text{TotalGangguanPadaPelanggan}}{\text{JumlahSeluruhPelanggan}}$$

$$= \frac{\sum f_i N_i}{\sum N_i} \text{pemutusan/pelanggan_tahun} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana f_i adalah laju pemutusan beban komponen i dan N_i adalah jumlah seluruh pelanggan pada titik beban i .

2. System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

Indeks ini didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya gangguan untuk setiap konsumen selama satu tahun. Indeks ini ditentukan dengan pembagian jumlah dari lamanya gangguan secara terus-menerus untuk semua pelanggan selama periode waktu yang telah ditentukan dengan jumlah pelanggan yang dilayani selama tahun itu.

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah Lamanya Gangguan Pada Pelanggan}}{\text{Jumlah Seluruh Pelanggan}}$$

$$= \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i} \text{jam/pelanggan_tahun} \dots \dots \dots (8)$$

Dimana U_i adalah lama pemutusan beban komponen i dan N_i adalah jumlah seluruh pelanggan pada titik beban i .

3. Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah Lamanya Gangguan Pada Pelanggan}}{\text{Jumlah Pelanggan Yang Mengalami Gangguan}}$$

$$= \frac{\sum U_i N_i}{\sum f_i N_i} \text{jam/pelanggan_tahun} \dots \dots \dots (9)$$

Dimana f_i adalah laju pemutusan beban komponen i , U_i adalah lama pemutusan beban komponen i , dan N_i adalah jumlah seluruh pelanggan pada titik beban i .

4. Average Service Availability (Unavailability) Index, ASAI (ASUI)

$$ASAI = \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N_i}{\sum N_i \times 8760} \dots \dots \dots (10)$$

$$ASUI = 1 - ASAI$$

$$= \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i \times 8760} \dots \dots \dots (10)$$

Dimana 8760 adalah jumlah jam dalam setahun.

5. Energy Not Supplied Index (ENS)

$$ENS = \text{Jumlah energi yang tidak tersuplai}$$

$$= \sum L_{a(i)} U_i \text{ MWh/tahun}$$

Dimana $L_{a(i)}$ adalah beban rata-rata terkoneksi ke titik beban i .

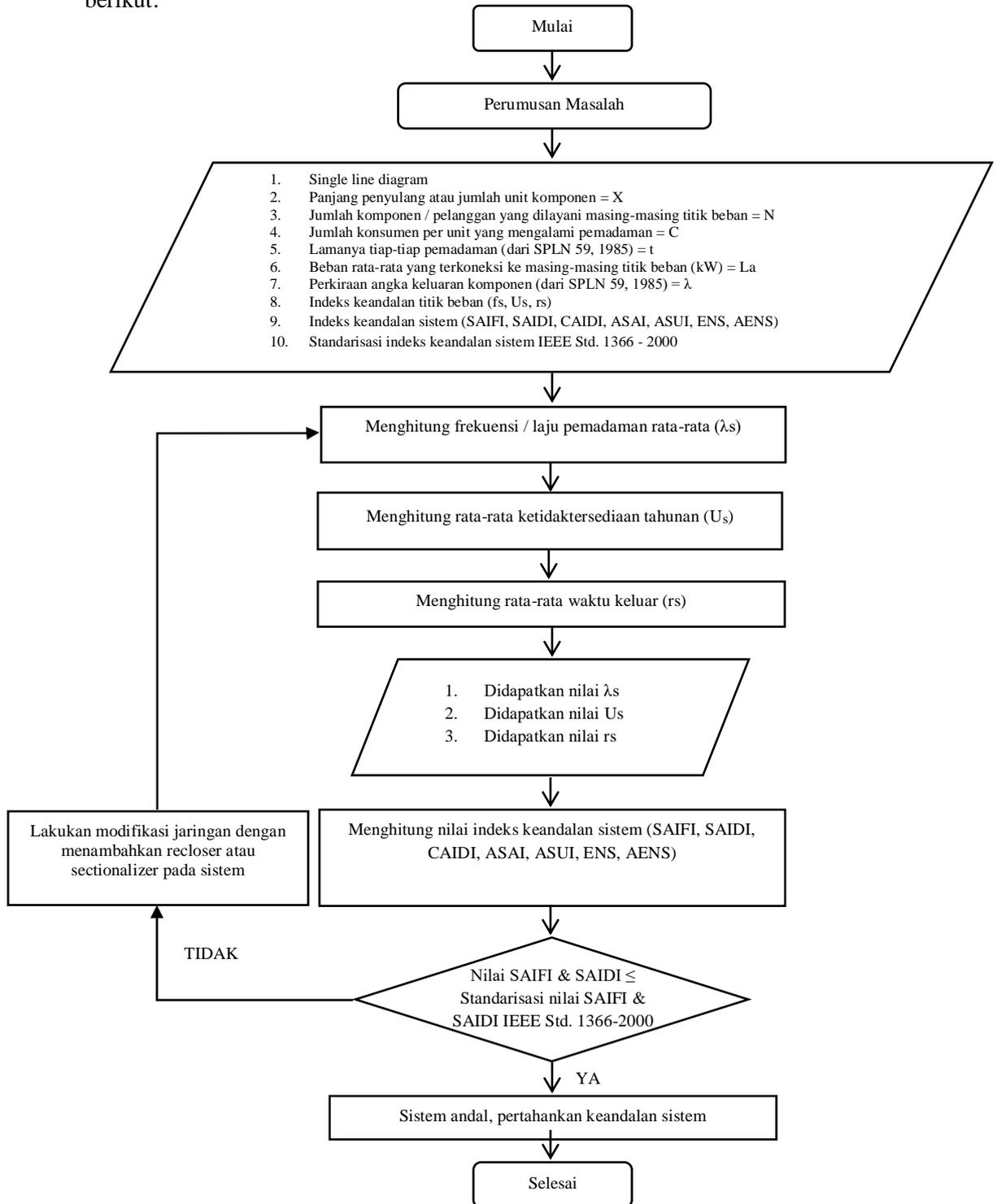
6. Average Energy Not Supplied (AENS)

$$AENS = \frac{\text{Jumlah Energi Yang Tidak Tersuplai}}{\text{Jumlah Pelanggan Yang Dilayani}}$$

$$= \frac{\sum L_{a(i)} U_i}{\sum N_i} \text{ kWh/pelanggan_tahun} \dots \dots \dots (11)$$

II. METODE PENELITIAN

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 3. Diagram alir perhitungan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dari survey lapangan, identifikasi masalah serta studi literatur. Sumber data berasal dari data primer yang di dapat dari sumber pertama baik dari perorangan maupun instansi, serta data sekunder merupakan data primer yang diolah lebih lanjut dan disajikan.

Pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung, menggunakan mata dengan alat bantu pendukung seperti penunjuk waktu serta literatur jurnal atau buku yang mendukung penelitian ini dan juga laporan-laporan pencatatan permasalahan yang berkaitan dengan penelitian ini. Variabel-variabel yang di teliti berupa indeks keandalan yang dapat mempresentasikan keandalan jaringan distribusi tipe radial pada Rumah Sakit Pendidikan Unhas. Indeks keandalan tersebut adalah:

1. Indeks Keandalan Titik Beban
 - a. Laju pemutusan beban rata-rata (f_s)
 - b. Lama pemutusan beban rata-rata (U_s)
 - c. Waktu keluar rata-rata (r_s)
2. Indeks Keandalan Sistem
 - a. SAIFI
 - b. SAIDI
 - c. CAIDI
 - d. ASAI
 - e. ASUI
 - f. ENS
 - g. AENS

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil dan pembahasan dari penelitian di atas, dapat dilihat pada rincian berikut:

Tabel 1. Hasil evaluasi indeks keandalan Rumah Sakit Pendidikan Unhas sebelum penempatan Genset dan AVS.

Uraian	Nilai
SAIFI	8,12 Pemutusan Pelanggan_tahun
SAIDI	1,48 Jam/ Pelanggan_tahun
CAIDI	0,079 Jam/Pelanggan_pemutusn
ASAI/ASUI	-30,89
ENS	1169,31 Kwh pelanggan/bulan
AENS	44,97 kwh/pelanggan perbulan

Apabila dibandingkan dengan standarisasi nilai SAIFI dan SAIDI IEEE std.1366 – 2000, Nilai SAIFI dan SAIDI tidak mencapai target andal.

Untuk SAIFI target 1,0 kali pemutusan beban SAIDI 1,0 sampe 1,5 jam/pelanggan_tahun. (“Ikhwannul Kholis SAIDI dan SAIFI : 2013). Dari data tabel di atas standar nilai SAIFI belum mencapai target Andal akan tetapi nilai SAIDI sudah mencapai target Andal. Selanjutnya analisa tingkat keandalan mengacu kepada SPLN

Tabel 2. Hasil evaluasi indeks keandalan penyulang Rumah Sakit Unhas setelah penempatan Genset dan AVS

Uraian	Nilai
SAIFI	8,12 Pemutusan / Pelanggan_tahun
SAIDI	0,071 Jam/ Pelanggan_tahun
CAIDI	0,0038 Jam/Pelanggan_pemutusn

ASAI	-4,04
ENS	56,127 kwh/bulan
AENS	2,1 kwh

Apabila dibandingkan dengan standarisasi nilai SAIFI dan SAIDI IEEE std.1366 – 2000, Nilai SAIFI dan SAIDI tidak mencapai target andal.

Untuk SAIFI target 1,0 kali pemutusan beban SAIDI 1,0 sampe 1,5 jam/pelanggan_tahun. (“Ikhwannul Kholis SAIDI dan SAIFI: 2013).

Dari data tabel di atas standar nilai SAIFI belum mencapai target Andal akan tetapi nilai SAIDI sudah mencapai target Andal. Selanjutnya analisa tingkat keandalan mengacu kepada SPLN, sehingga tingkat keandalan berdasarkan SPLN dengan perbandingan nilai SAIFI DAN SAIDI “(Abrar tanjung 2012 standar SPLN)”

Berdasarkan SPLN 59 :1985, bahwa untuk jaringan SUTM radial dengan pemisah otomatis di tengah- tengah (sistem jaringan yang di gunakan di PT.PLN (persero) APJ Cimahi – UPJ Prima) indikator sistem jaringan tersebut di katakan andal adalah SAIFI $\leq 2,4$ Pemadaman / pelanggan / Tahun dan SAIDI $\leq 12,672$ Jam/pelanggan/Tahun. Sehingga dari hasil analisa di atas nilai keandalan berdasarkan penyebab pemadaman, dilihat dari frekuensi pemadaman , dimana Nilai SAIFI dan SAIDI lebih kecil dari standar yang di tetapkan maka dapat di katakan ANDAL.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisa yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Keandalan jaringan pada sistem kelistrikan Rumah Sakit Pendidikan Unhas tidak andal jika dilihat dari frekuensi pemutusan / atau frekuensi rata –rata gangguan dalam sebulan jika mengacu kepada standar nilai IEEE dengan SAIFI dan SAIDI yang di capai.
2. Dari sisi lamanya gangguan dalam bulan pada titik beban dalam analisa sebelum pemasangan genset juga, tidak mencapai nilai keandalan yang ditetapkan IEEE std. 1366 - 2000,.
3. Analisa setelah memasukkan komponen AVS dan genset serta UPS maka nilai SAIDI mencapai nilai yang diinginkan bahkan melampaui target SAIDI. dimana nilai SAIFI 8,13 dan SAIDI 0,071. standar SAIFI akurasinya sangat kecil yaitu hanya menargetkan 1 kali pemadaman dalam setahun. Dan jika mengacu pada standar SPLN targetnya lebih kecil atau sama dengan 12,672 jam / pelanggan / tahun.

B. SARAN

1. Untuk sebuah rumah sakit sangat wajib menggunakan Genset dan UPS secara menyeluruh demi menunjang keandalan sistem yang ada, dikarenakan dalam sistem rumah sakit unhas, penggunaan UPS tidak bersifat menyeluruh hanya beban darurat yang di prioritaskan, melihat dalam analisa ini keandalan jaringan PLN sangat rendah tidak bisa mencapai standar yang ada untuk area Makassar.
2. Jika memungkinkan untuk beban rumah sakit, perlunya penambahan sumber jaringan tegangan menengah dalam artian menggunakan dua sumber

tegangan menengah dengan penempatan AVS sebagai penyediaan energi alternati mengikat untuk area Makassar kerapatan gangguan jaringan tegangan menengah sangat tinggi apalagi jika pada musim hujan tingkat gangguan sangat tinggi.

V. DAFTAR PUSTAKA

Fariz Mus dkk, 2012, *Studi Keandalan Jaringan ITS*.

Gonen, Turan, 1986, *Electric Power Distribution System Engineering*.

IEEE std 1366 – 2000, *IEEE Guide For Electric Power Distribution Reliability*.

Peraturan Pelaksanaan UU No. 28 Tahun 2002.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.36 Tahun 2005, Tentang Persyaratan Umum Instalasi Listrik PUIL, 2000.

Short, 1966. *Metode meningkatkan keandalan jaringan distribusi*.

Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN 52 -3. 1983:5).

Steen, Benjamin, John S. Reynolds, 1992, *Mechanical and Electrical*.

Sunarno, 2005. *Mekanikal Elektrikal*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Undang-Undang Republik Indonesia No.15 Tahun 1985, *Tentang Ketenagalistrikan*.

Wiwied Putra perdana dkk, 2009. *Evaluasi Sitem Tenaga Listrik Dan Jaringan Distribusi*.