

PENENTUAN ANGKA KELUAR PERALATAN UNTUK EVALUASI KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Rukmi Sari Hartati, I Wayan Sukerayasa
I Nyoman Setiawan, Wayan Gede Ariastina
Staf Pengajar Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
 Email: rshartati@yahoo.co.uk, sukerayasa@ee.unud.ac.id
setiawan@ee.unud.ac.id, ariastina@ee.unud.ac.id
Kampus Bukit Jimbaran Bali, 80361

ABSTRACT

The quality of electricity supply at consumer's side is highly affected by its distribution networks. The distribution system reliability can be determined by using a number of reliability indices. The most commonly used indices are SAIFI (Systems Average Interruption Frequency Index) and SAIDI (Systems Average Interruption Duration Index). The calculation of SAIFI and SAIDI requires probability of outage indices for installed power system equipment (λ). Calculation of reliability indices usually follows PLN Standard SPLN 59:1985. Within the standard, the λ value for distribution line is divided into 2 categories, which are overhead and underground distribution lines. In fact, there are a number of conductor types used for distribution lines that may have different values of λ .

This research is focused to a determination of λ values for AAACOC (All Aluminium Alloy Conductor Cable) and MVTIC (Medium Voltage Twisted Insulated Cable). Distribution system failure data is collected from a number of distribution lines in Bali. Data collection was carried out using a TMP ("Tingkat Mutu Pelayanan"/Service Quality Level) Recorder. Data analysis then carried out to calculate the λ values and the reliability indices.

The new λ values for AAACOC and MVTIC are found to be 0.187 and 0.089/km/year, respectively. The results indicated that the new value of λ for AAACOC and MVTIC are more realistic and suitable for reliability analysis particularly in Bali Distribution Systems.

Key Word: reliability indices, probability of outage, SAIFI, SAIDI

1. PENDAHULUAN

Kualitas energi listrik yang diterima konsumen sangat dipengaruhi oleh sistem pendistribusiannya. Untuk itu diperlukan sistem distribusi tenaga listrik dengan keandalan yang tinggi. Keandalan dalam sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan / tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke pemakai / pelanggan. Ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi. Sistem yang mempunyai keandalan tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem mempunyai keandalan rendah bila tingkat ketersediaan tenaganya rendah yaitu sering padam.

Keandalan sistem distribusi tenaga listrik sangat dipengaruhi oleh konfigurasi sistem, peralatan yang dipasang, dan sistem operasinya. Konfigurasi yang tepat, peralatan yang handal serta pengoperasian sistem yang otomatis akan memberikan penampilan sistem distribusi yang baik. Penampilan suatu sistem distribusi tenaga listrik bisa dinilai dengan indeks keandalan yang dapat dinyatakan dalam bentuk indeks titik beban dan system. Tiga dasar indeks

keandalan yang digunakan adalah laju kegagalan rata-rata /angka keluar peralatan (λ), waktu keluaran rata-rata (r), dan ketidakterersediaan tahunan rata-rata atau waktu keluar tahunan rata-rata (U).

Selama ini standar yang dipakai untuk menentukan indek keandalan adalah Standar SPLN 59 : 1985. Angka keluar peralatan yang dipakai dalam standar ini sudah tidak relevan lagi untuk menghitung indeks keandalan. Dari penelitian ini diharapkan diperoleh standar angka keluar peralatan (λ) , yang akan digunakan untuk mengevaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik di Bali.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Pada umumnya energi listrik yang dihasilkan oleh pusat-pusat pembangkit tenaga listrik letaknya tidak selalu dekat dengan pusat-pusat beban. Energi listrik yang dihasilkan tersebut akan disalurkan ke pusat-pusat beban melalui jaringan transmisi dan distribusi. Untuk menyalurkan tenaga listrik secara kontinyu dan handal, diperlukan pemilihan sistem distribusi yang tepat. Pemilihan ini didasarkan pada beberapa faktor, antara lain: faktor ekonomis, faktor tempat ,dan faktor kelayakan. Untuk pemilihan sistem jaringan harus memenuhi persyaratan-persyaratan antara lain: kehandalan yang tinggi,

kontinuitas pelayanan, biaya investasi yang rendah, fluktuasi frekuensi dan tegangan rendah.

2.2 Ketersediaan dan Keandalan

Setiap benda dapat mengalami kegagalan operasi. Beberapa penyebab kegagalan operasi ini adalah : Kelalaian manusia, Perawatan yang buruk, Kesalahan dalam penggunaan, Kurangnya perlindungan terhadap tekanan lingkungan yang berlebihan.

Akibat yang ditimbulkan dari kegagalan proses dalam sistem ini bervariasi dari ketidaknyamanan pengguna hingga kerugian biaya ekonomis yang cukup tinggi bahkan timbulnya korban jiwa manusia.

Teknik keandalan bertujuan mempelajari konsep, karakteristik, pengukuran, analisis kegagalan dan perbaikan sistem sehingga menambah waktu ketersediaan operasi sistem dengan cara mengurangi kemungkinan kegagalan (Ebeling, 1997).

Ketersediaan (*availability*) didefinisikan sebagai peluang suatu komponen atau sistem berfungsi menurut kebutuhan pada waktu tertentu saat digunakan dalam kondisi beroperasi. Ketersediaan diinterpretasikan sebagai peluang beroperasinya komponen atau sistem dalam waktu yang ditentukan.

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 berarti peluang tidak terjadi kegagalan selama beroperasi.

2.3 Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan dalam sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan / tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke pemakai. Ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi (*restoration*).

Sistem yang mempunyai keandalan tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem mempunyai keandalan rendah bila tingkat ketersediaan tenaganya rendah yaitu sering padam.

Adapun macam – macam tingkatan keandalan dalam pelayanan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) hal antara lain :

1. Keandalan sistem yang tinggi (*High Reliability System*). Pada kondisi normal, sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik. Dan dalam keadaan darurat bila terjadi gangguan pada jaringan, maka sistem ini tentu saja diperlukan beberapa peralatan dan pengamanan yang cukup banyak

untuk menghindarkan adanya berbagai macam gangguan pada sistem.

2. Keandalan sistem yang menengah (*Medium Reliability System*). Pada kondisi normal sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik. Dan dalam keadaan darurat bila terjadi gangguan pada jaringan, maka sistem tersebut masih bisa melayani sebagian dari beban meskipun dalam kondisi beban puncak. Jadi dalam sistem ini diperlukan peralatan yang cukup banyak untuk mengatasi serta menanggulangi gangguan – gangguan tersebut.
3. Keandalan sistem yang rendah (*Low Reliability System*). Pada kondisi normal, sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik. Tetapi bila terjadi suatu gangguan pada jaringan, sistem sama sekali tidak bisa melayani beban tersebut. Jadi perlu diperbaiki terlebih dahulu. Tentu saja pada sistem ini peralatan-peralatan pengamannya relatif sangat sedikit jumlahnya.

Kontinuitas pelayanan, penyaluran jaringan distribusi tergantung pada jenis dan macam sarana penyalur dan peralatan pengamanan, dimana sarana penyalur (jaringan distribusi) mempunyai tingkat kontinuitas yang tergantung pada susunan saluran dan cara pengaturan sistem operasinya, yang pada hakekatnya direncanakan dan dipilih untuk memenuhi kebutuhan dan sifat beban. Tingkat kontinuitas pelayanan dari sarana penyalur disusun berdasarkan lamanya upaya menghidupkan kembali suplai setelah pemutusan karena gangguan. (SPLN 52, 1983).

2.4 Indeks Keandalan Sistem Distribusi

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran *probabilitas*. Sejumlah indeks sudah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga. Evaluasi keandalan sistem distribusi terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem yang dipakai untuk memperoleh pengertian yang mendalam kedalam keseluruhan capaian.

Untuk menghitung indeks keandalan titik beban dan indeks keandalan sistem yang biasanya digunakan meliputi angka keluar (*outage number*) dan lama perbaikan (*repair duration*) dari masing-masing komponen

1. Keluar (*Outage*) adalah : Keadaan dimana suatu komponen tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya, diakibatkan karena beberapa peristiwa yang berhubungan dengan komponen tersebut (SPLN 59, 1985). Angka keluar adalah angka perkiraan dari suatu komponen yang mengalami kegagalan beroperasi per satuan waktu (umumnya per

tahun). Suatu Keluar (*Outage*) dapat atau tidak dapat menyebabkan pemadaman, hal ini masih tergantung pada konfigurasi dari sistem

2. Lama Keluar (*Outage Duration*): Periode dari saat permulaan komponen mengalami keluar sampai saat komponen dapat dioperasikan kembali sesuai dengan fungsinya (SPLN 59, 1985). Standar perkiraan angka keluar dan waktu perbaikan dari komponen yang biasa dipakai adalah sesuai standar SPLN 59, 1985.

2.5 System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

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

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_k M_k}{\sum M}$$

dengan :

λ_k = angka keluar (*outage rate*) komponen

M_k = jumlah *customer* pada *load point* k

M = total *customer* pada sistem distribusi

2.6 System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

Indeks ini didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap konsumen selama satu tahun. Indeks ini ditentukan dengan pembagian jumlah dari lamanya kegagalan secara terus menerus untuk semua pelanggan selama periode waktu yang telah ditentukan dengan jumlah pelanggan yang dilayani selama tahun itu. Persamaan untuk SAIDI (rata-rata jangka waktu gangguan setiap pelanggan) ini dapat dilihat pada persamaan 2.6 dibawah ini.

$$SAIDI = \frac{\sum U_k M_k}{\sum M}$$

dengan:

U_k = waktu perbaikan (*repair duration*) komponen

M_k = jumlah *customer* pada *load point* k

M = total *customer* pada sistem distribusi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan angka keluar peralatan (λ)

Dalam SPLN 59 1985 angka keluar (λ) saluran hanya dibedakan menjadi dua saja yaitu Saluran Udara dan Kabel saluran bawah tanah. Padahal di lapangan saluran udara ada tiga jenis yaitu: MVTIC, AAACOC, dan AAAC. Angka keluar untuk masing masing jenis saluran ini perlu dihitung, sehingga hasil

perhitungan keandalan lebih akurat, sesuai dengan jenis saluran yang ada dilapangan.

Hasil perhitungan angka keluar peralatan (λ) setelah dipisahkan antara MVTIC dan AAACOC seperti dalam tabel 5.1 di bawah. Karena dalam SPLN 59 1985 saluran udara yang dimaksud adalah AAAC maka (λ) untuk AAAC yang dipakai adalah sama dengan SPLN 59 1985 yaitu 0.2.

Tabel 1. Hasil perhitungan λ untuk jenis penghantar MVTIC dan AAACOC

SPLN 59 1985		Hasil perhitungan	
Kopone n	λ (km /thn)	Komponen	λ (km /thn)
Saluran Udara	0,2	MVTIC	0,089
		AAACOC	0,187
		AAAC	0,2

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa λ MVTIC dan AAACOC lebih kecil dari AAAC, ini menggambarkan bahwa probabilitas kegagalan MVTIC dan AAACOC lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa MVTIC dan AAACOC lebih andal dibandingkan dengan AAAC.

3.2 Perhitungan keandalan sistem (penyulang)

Perhitungan indek keandalan (SAIDI dan SAIFI) menggunakan persamaan 10 dan 9 di atas. Perhitungan indek keandalan menggunakan λ sesuai SPLN 59 1985 dan λ baru hasil perhitungan sebelumnya. Waktu Operasi Kerja Dan Pemulihan Pelayanan sesuai dengan SPLN 59 1985. Hasil perhitungan indek keandalan beberapa penyulang seperti dalam tabel 2 di bawah ini.

Hasil perhitungan indek keandalan dengan menggunakan λ (MVTIC dan AAACOC telah dipisahkan dari saluran udara) cenderung lebih kecil, baik SAIFI maupun SAIDI. Penyulang Blusung, BNR, TVRI dan Tanjung Sari penurunan SAIFI nya lebih dari 50%. Penyulang penyulang ini strukur jaringannya dominan MVTIC. Dalam perhitungan sebelum dipisah λ yang dipakai adalah λ saluran udara (0.2). Setelah pemisahan λ maka yang dipakai adalah λ MVTIC (0.089). Dalam kolom 5 dalam tabel 2 Penyulang VIP I mempunyai nilai yang paling kecil (0.407), berarti penyulang ini mati sekali dalam kurun waktu hapir dua setengah tahun. Dengan lama padam mencapai 4.075 jam. Dalam analisa ini hanya memperhitungkan penyebab padam karena kerusakan alat, sedangkan pemadaman karena pemeliharaan tidak diperhitungkan.

Tabel .2: Hasil analisa keandalan penyulang

No	Penyulang	Keandalan Sebelum Pemisahan		Keandalan Setelah Pemisahan		Selisih (%)	
		SAIFI	SAIDI	SAIFI	SAIDI	SAIFI	SAIDI
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Tabanan	1.825	7.532	1.220	5.112	33.15	32.13
2	Blusung	2.402	10.109	1.073	4.793	55.33	52.59
3	BNR	2.274	9.27	1.025	4.274	54.93	53.89
4	Kedewatan	3.717	14.991	1.882	7.652	49.37	48.96
5	Mandira	1.623	7.923	0.816	4.591	49.72	42.05
6	Air Port	1.151	7.253	0.746	5.633	35.19	22.34
7	Bunisari	1.003	4.253	0.922	3.902	8.08	8.25
8	Pelabuhan	1.156	5.313	0.845	4.069	26.90	23.41
9	VIP I	0.408	4.481	0.407	4.075	0.25	9.06
10	Tanjung Sari	2.142	9.549	0.520	4.957	75.72	48.09
11	TVRI	1.167	5.537	0.566	3.008	51.50	45.67

Keterangan : SAIFI : interruption / customers / year
SAIDI : hour / customers / year

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat dibuat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Hasil perhitungan λ menunjukkan bahwa angka keluar peralatan MVTIC dan AAACOC lebih kecil dari AAAC, ini menggambarkan bahwa probabilitas kegagalan MVTIC dan AAACOC lebih rendah yang berarti lebih andal.
2. Hasil perhitungan indek keandalan (SAIDI dan SAIFI) kalau menggunakan angka keluar peralatan λ hasil perhitungan menunjukkan nilai yang lebih kecil

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Billinton, R., Billinton, J. E. 1989. **Distribution System Reliability Indices**. IEEE Trans. Power Delivery, vol. 4, pp. 561-586
- [2]. Billinton, R., Allan, Ronald N. 1996. **Reliability Evaluation of Power Systems**. 2nd ed. New York: Plenum Press.
- [3]. Bayliss C., **Transmission and Distribution Electrical Engineering**, Second Edition, Elsevier, Singapore, 2003.
- [4]. Ebeling, Charles E. 1997. **An Introduction To Reliability and Maintainability Engineering**. Singapura : The McGraw-Hill Companies, Inc
- [5]. Glover, J.D., Sarma, M.S., **Power System Analysis and Design**, Third Edition, Thomson, Singapore, 2002.
- [6]. Oka Widnya, I Md., 2004. **Studi Keandalan Penyulang 20 kV di Gardu Induk Padang Sambian Menggunakan Simulasi Monte Carlo**. Jimbaran : Teknik Elektro Universitas Udayana
- [7]. PT. PLN (Persero). 1985. **SPLN 59: Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV**. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [8]. PT. PLN (Persero). 1985. **SPLN 64: Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah**. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [9]. PT. PLN (Persero). 1987. **SPLN 72: Spesifikasi Design Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)**. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [10]. PT. PLN (Persero). 1983. **SPLN 52-3: Pola Pengaman Sistem Bagian Tiga Distribusi 6 kV dan 20 kV**. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [12]. Rukmi SH. Dkk, Laporan Hibah Bersaing, 2007