ISBN : 979-587-395-4

KM-3

PERHITUNGAN INDEKS KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK INTERKONEKSI SUMATERA BAGIAN SELATAN

Ir. Rudyanto Thayib, Msc
Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya,
Jl. Raya Prabumulih Km. 32 Inderalaya 30662
Email : **rudyantothayib@yahoo.co.id**

ABSTRACT
The quality of electricity supply at consumer's side is highly effected by the availability of power at power station. For that reason the adequate of power with high reliability is needed.
The reliability of electrical power system can be expressed by using a number of reliability indices. The most commonly used indices are SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) dan SAIDI (System Average Interruption Duration Index). These indices indicate how frequently the system is interrupted and the duration of system interrupted.
The calculation of SAIFI and SAIDI for Sumatera Bagian Selatan interconnection system requires probability of outage indices *(λ)*, outage duration *(r)* dan anuual outage time for installed power system and calculation is carried out by using software Etap 7.0.0.
From the result of calculation for Sumatera Bagian Selatan interconnection system, the value of SAIFI is 3,0716 failure/consumers/year. This value is very closed to the standar value determined by PT. PLN (Persero) i.e. 3 failure/consumers/year. On the other hand, the value of SAIDI is 34,6482 hour/consumers/year which is much higher than the standar value determined by PT. PLN (Persero) i.e. 1,67 hour/consumers/year. So it can be concluded that the interconnection system of Sumatera Bagian Selatan is not reliable.

Key words : reliability indices, outage rate, outage duration, annual outage time

I. LATAR BELAKANG

Sistem interkoneksi Sumatera Bagian Selatan menghubungkan sistem tenaga listrik yang ada di Sumatera Selatan, Lampung dan Bengkulu. Sistem interkoneksi ini bertujuan untuk melayani kebutuhan listrik di seluruh wilayah Sumatera Bagian Selatan dalam satu integritas sistem sehingga keterbatasan pasokan listrik pada regional tertentu dapat teratasi melalui pengiriman daya dari regional yang memiliki kelebihan daya. Konsep integritas ini memperkuat sistem tenaga listrik Sumatera Bagian Selatan pada umumnya dan sistem tenaga listrik tiap-tiap subsistem yang ada di Sumatera Bagian Selatan pada khususnya.

Pada suatu sistem tenaga listrik tingkat keandalan adalah hal yang sangat penting dalam menentukan kinerja sistem tersebut. Keandalan ini dapat dilihat dari sejauh mana suplai tenaga listrik bisa mensuplai secara kontinu dalam satu tahun ke konsumen. Permasalahan yang paling mendasar pada penyaluran daya listrik adalah

ISBN : 979-587-395-4

terletak pada mutu, kontinuitas dan ketersediaan pelayanan daya listrik pada pelanggan. Gangguan yang terjadi pada unit-unit pembangkitan akan menyebabkan terganggunya penyediaan tenaga listrik dengan segala akibatnya bagi perusahaan listrik maupun konsumen.

Keandalan sistem adalah ketersediaan/tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke konsumen. Indeks Keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Untuk tingkat keandalan pelayanan tergantung dari berapa lama terjadi pemadaman selama selang waktu tertentu (satu tahun) atau dikenal dengan SAIDI dan berapa sering (frekwensi) terjadinya pemadaman selama setahun atau dikenal dengan SAIFI.

Perhitungan indeks keandalan secara keseluruhan dilakukan dengan mempergunakan software ETAP 7.0.0 kemudian hasil perhitungan yang diperoleh dibandingkan dengan indeks keandalan yang ditetapkan oleh PT. PLN (Persero) dalam rangka menuju WCS (World Customer Service) dan WCC (World Class Company) yaitu SAIFI = 3 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI = 100 menit/pelanggang/tahun

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam dunia modern sekarang ini, energi listrik merupakan bentuk energi yang paling penting peranannya karena tidak hanya secara langsung mensejahterakan kehidupan manusia, tetapi juga merupakan faktor penentu dalam peningkatan kemampuan dalam hal produksi. Makin tinggi tingkat kesejahteraan seseorang, makin tinggi pula tingkat ketergantungan pada ketersediaan energi listrik yang memadai dan berkualitas. Demikian juga makin maju perindustrian makin penting dan makin besar peran energi listrik itu dalam menjamin kelangsungan dan pengembangan selanjutnya.

Keandalan suatu sistem tenaga listrik dapat dinyatakan dengan menggunakan indeks keandalan. Indeks Keandalan yang umum digunakan adalah SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) dan SAIDI (System Average Interruption Duration Index) yaitu indeks yang menyatakan seberapa sering sistem mengalami gangguan dalam setahun dan berapa lama pemadaman terjadi.

Adapun indeks dasar yang digunakan adalah laju kegagalan rata-rata/ angka keluar pembangkit *(λ)*, waktu keluaran rata-rata *(r)*, dan ketidaktersediaan tahunan rata-rata atau waktu keluar tahunan rata-rata *(U)*.

2.2 Keandalan dan Ketersediaan

Setiap pembangkit tenaga listrik dapat mengalami kegagalan. Kegagalan pembangkitan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain : kelalaian manusia, perawatan yang buruk, kesalahan dalam penggunaan, dan kurangnya perlindungan terhadap tekanan lingkungan yang berlebihan.

Akibat yang ditimbulkan dari kegagalan pembangkitan ini dapat berpengaruh pada operasi sistem , antara lain : terjadinya pemadaman pada sebagian titik beban yang disebabkan kekurangan dalam pembangkitan, dan kerugian biaya ekonomis yang cukup.

Definisi keandalan *(reliability)* secara umum merupakan kemungkinan sistem akan mampu berfungsi dengan baik untuk jangka waktu tertentu. Ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan

ISBN : 979-587-395-4

kondisi dari pemadaman yang terjadi. Sistem yang mempunyai keandalan yang tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem yang mempunyai keandalan rendah akan menyebabkan sering terjadinya pemadaman.

Ketersediaan *(availability)* didefinisikan sebagai kemungkinan suatu sistem berfungsi menurut kebutuhan pada waktu tertentu saat digunakan dalam kondisi beroperasi.

2.3 Laju Kegagalan Komponen *(λ)*

Kegagalan komponen adalah keadaan suatu komponen atau sistem yang tidak dapat melaksanakan fungsinya akibat satu atau beberapa kejadian yang berhubungan secara langsung dengan komponen atau sistem tersebut.

Banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu t_1 sampai t_2 disebut laju kegagalan *(failure rate)*. Hal ini dapat dinyatakan sebagai peluang bersyarat, yaitu kegagalan-kegagalan yang terjadi dalam selang waktu t_1 dan t_2 dimana sebelum periode t_1 tidak terjadi kegagalan, dan ini merupakan awal dari selang.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa laju kegagalan (λ) adalah harga rata-rata dari jumlah kegagalan persatuan waktu pada suatu selang waktu pengamatan (T). Laju kegagalan ini dihitung dengan satuan kegagalan per tahun. Untuk selang waktu pengamatan diperoleh dari :

$$\lambda = \frac{Jumlah\ Kegagalan\ selama\ selang\ waktu}{Jumlah\ Selang\ Waktu\ Pengamatan}$$

$$= \frac{N}{\sum_{i=1}^{n} T_i}\ gangguan/tahun$$

Metode representasi dimana dua keadaan baik dan dua keadaan gagal untuk durasi operasi atau durasi perbaikan, maka rumus laju kegagalan untuk jumlah n komponen adalah sebagai berikut :

$$\lambda = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i\ gangguan/tahun$$

Dimana :

Λ = angka/laju kegagalan konstan (Failure Rate)
N = jumlah kegagalan selama selang waktu (Total number of failure)
$\Sigma\ T_i$ = Jumlah selang waktu pengamatan

2.4 Durasi Perbaikan Rata-rata *(r)*

Durasi keluaran rata-rata *(r)* adalah waktu rata-rata yang diperlukan oleh sistem atau pembangkit untuk melakukan perbaikan selama terjadinya gangguan.

$$(r) = \frac{lama\ \ gangguan\ \ (jam)\ dalam\ \ periode\ \ tertentu}{jumla\ h\ gangguan\ \ dalam\ \ periode\ \ tertentu}$$

Waktu perbaikan *(r)* dapat juga diartikan sebagai waktu yang diperlukan dari saat terjadinya gangguan sampai pembangkit atau sistem dapat bekerja kembali secara normal.

Metode representasi dimana dua keadaan baik dan dua keadaan gagal untuk durasi operasi atau durasi perbaikan, maka rumus durasi keluaran rata-rata untuk jumlah n komponen pembangkit adalah sebagai berikut :

ISBN : 979-587-395-4

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i . r_i}{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i} \; jam/gangguan$$

Dimana :
Λ_i = angka/laju kegagalan pembangkit (kegagalan/tahun)
r_i = durasi keluaran rata-rata pembangkit (jam/gangguan)

2.5 Durasi Gangguan Tahunan / Annual Outage Duration (U)

Annual outage duration (durasi keluaran tahunan) merupakan waktu kegagalan rata-rata yang terjadi pada sistem atau peralatan yang terjadi selama periode tertentu (satu tahun).

$$U_i = \lambda_i . r_i \; jam/tahun$$

Dimana :
U_i = Annual outage duration *(jam/tahun)*
λ_i = Laju kegagalan pada titik tertentu *(frekuensi/tahun)*
r_i = waktu rata-rata perbaikan selama terjadi gangguan*(jam)*

2.6 Indeks Keandalan Berorientasikan Pada Pelanggan/ Beban

Indeks keandalan yang akan dievaluasi biasanya menggunakan konsep klasik yang akan menghitung : laju kegagalan rata-rata, durasi pemadaman rata-rata dan ketersediaan tahunan rata-rata atau waktu pemadaman tahunan rata-rata.

2.6.1 Indeks Frekuensi Gangguan Rata-rata Sistem / System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

SAIFI merupakan suatu indeks yang menyatakan banyaknya gangguan (pemadaman) yang terjadi dalam selang waktu tertentu (satu tahun) pada pelanggan dalam suatu sistem secara keseluruhan.

$$SAIFI = \frac{Jumla\ h\ gangguan\ \ Pelanggan}{Jumla\ h\ pelanggan}$$

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i . N_i}{\sum N} \; gangguan/pelanggan$$

Dimana λ_i adalah laju kegagalan unit dan N_i adalah banyaknya pelanggan (beban) pada suatu titik.

2.6.2 Indeks Durasi Gangguan Rata-rata Sistem / System Average Interruption Duartion Index (SAIDI)

SAIDI merupakan suatu indeks yang menyatakan lamanya gangguan (pemadaman) yang terjadi dalam selang waktu tertentu. 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

$$SAIDI = \frac{Jumlah\ \ durasi\ gangguan\ Pelanggan}{Jumlah\ pelanggan}$$

ISBN : 979-587-395-4

$$= \frac{\sum_{i=1}^{n} U_i.N_i}{\sum N} \; jam/pelanggan$$

Dimana U_i adalah annual outage time dan N_i adalah jumlah pelanggan pada suatu titik.

III. Hasil Perhitungan dan Pembahasan Indeks Keandalan Sistem Tenaga Listrik Interkoneksi Sumbagsel

3.1. Data Pembangkitan

Data pembangkit yang digunakan untuk menghitung indeks keandalan SAIFI dan SAIDI adalah daya mampu, durasi keluaran, dan jumlah pemadaman/gangguan pembangkit. Adapun data pembangkit untuk wilayah Sumatera Bagian Selatan dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini :

Tabel 1: Unit pembangkit, kapasitas daya, durasi keluaran dan jumlah pemadaman sistem Sumbagsel.

No.	UNIT PEMBANGKIT	DAYA MAMPU (MW)	DURASI KELUARAN (JAM)	JUMLAH PEMADAMAN (KALI)
1	PLTA BATUTEGI 1	10	12	4
2	PLTA BATUTEGI 2	13	9	4
3	PLTA BESAI 1	45	20	18
4	PLTA BESAI 2	45	18	16
5	PLTA MUSI 1	70	11,25	2
6	PLTA MUSI 2	70	25,12	2
7	PLTA MUSI 3	70	9,05	2
8	PLTA TES 1	0,53	95,64	12
9	PLTA TES 2	0,53	18,05	10
10	PLTA TES 3	4	11,14	11
11	PLTA TES 4	4	23	9
12	PLTA TES 5	4	8	3
13	PLTA TES 6	4	40,07	22
14	PLTD BUKIT ASAM 1	5	0	0
15	PLTD BUKIT ASAM 2	5	Tidak beroperasi	Tidak Beroperasi
16	PLTD SUNGAI JUARO 1	11,34	65	4
17	PLTD SUNGAI JUARO 2	10,68	77	6
18	PLTD SUKAMERINDU 1	4,3	0	0
19	PLTD SUKAMERINDU 2	4,3	0	0
20	PLTD SUKAMERINDU 3	4,3	0	0
21	PLTD TEGINENENG 1	6,33	301,42	36
22	PLTD TEGINENENG 2	6,33	Tidak Beroperasi	Tidak Beroperasi
23	PLTD TEGINENENG 3	6,33	583,29	40
24	PLTD TELUK BETUNG 1	0,9	48	3
25	PLTD TELUK BETUNG 2	0,9	48	5
26	PLTD TELUK BETUNG 3	0,9	48	5
27	PLTD TELUK BETUNG 8	3,25	130,94	17
28	PLTD TELUK BETUNG 10	3,95	99,22	16

ISBN : 979-587-395-4

29	PLTG INDRALAYA GT 1.1	45	115,79	22
30	PLTG INDRALAYA GT 1.2	38,379	40	17
31	PLTG INDRALAYA ST 1.0	37,999	256,44	26
32	PLTG TM 1 BORANG	17,46	222,12	49
33	PLTG TM 2 BORANG	18	2263,41	188
34	PLTG GUNUNG MEGANG 1	40	1784,93	163
35	PLTG GUNUNG MEGANG 2	40	639,3	75
36	PLTG KERAMASAN 1	8,88	131,06	20
37	PLTG KERAMASAN 2	8,88	616,15	15
38	PLTG KERAMASAN 3	14,83	96,92	8
39	PLTG TALANG DUKUH 1	13,6	Tidak Beroperasi	Tidak Beroperasi
40	PLTG TALANG DUKUH 2	13,6	0	0
41	PLTGU AGP BORANG 1	100	500	15
42	PLTGU AGP BORANG 2	50	600,06	22
43	PLTU NEW TARAHAN 1	50	680,2	22
44	PLTU NEW TARAHAN 2	50	513,01	28
45	PLTU BUKIT ASAM 1	37,184	524,61	28
46	PLTU BUKIT ASAM 2	40	168,71	25
47	PLTU BUKIT ASAM 3	39,999	179,92	18
48	PLTU BUKIT ASAM 4	59,929	35,05	18
49	PLTU KERAMASAN 1	7,16	221,36	29
50	PLTU KERAMASAN 2	7,86	224,86	21
51	PLTD PULAU BAAI 1	5	0	0
52	PLTD PULAU BAAI 2	4	Tidak Beroperasi	Tidak Beroperasi
53	PLTD PULAU BAAI 3	1,5	0	0
54	PLTD PULAU BAAI 4	1,5	0	0
55	PLTD PULAU BAAI 5	3	0	0
56	PLTD TARAHAN 1	5	25,78	3
57	PLTD TARAHAN 2	4,71	515,00	15
58	PLTD TARAHAN 3	3,5	8,75	2
59	PLTD TARAHAN 4	6	450,08	30
60	PLTD TARAHAN 5	4,67	Tidak Beroperasi	Tidak Beroperasi
61	PLTD TARAHAN 6	4,67	5,60	5
62	PLTD TARAHAN 7	6,62	0	0
63	PLTG TARAHAN	16	27,55	13
64	PLTD TALANG PADANG 1	1	0	0
65	PLTD TALANG PADANG 2	1	0	0
66	PLTD TALANG PADANG 3	1	0	0
67	PLTD TALANG PADANG 4	0,119	0	0
68	PLTD TALANG PADANG 5	0,2	0	0
69	PLTD TALANG PADANG 6	0,2	0	0
70	PLTD TALANG PADANG 7	0,2	0	0
TOTAL KAPASITAS		1.222,519	Sebelum dikurangi pembangkit yang tidak beroperasi	
TOTAL KAPASITAS		1.200,249	Sesudah dikurangi pembangkit	

ISBN : 979-587-395-4

yang tidak beroperasi

3.2. Hasil Perhitungan dan Pembahasan

Perhitungan indeks keandalan SAIFI dan SAIDI dilakukan dengan menggunakan progam Etap 7.0.0. Hasil perhitungan dapat dilihat dari tabel dibawah ini

Tabel 2 : Hasil perhitungan Indeks keandalan SAIFI dan SAIDI pada sistem interkoneksi Sumbagsel

No.	Indeks Keandalan	Hasil Perhitungan
1.	SAIFI	3,0716 (gangguan/pelanggan/tahun)
2.	SAIDI	34,6482 (jam/pelanggan/tahun)

Dari tabel 2 diatas dapat dilihat bahwa sistem Sumbagsel memiliki indeks SAIFI sebesar 3,0716 gangguan/pelanggan/tahun yang berarti bahwa dalam satu tahun, probabilitas terjadi gangguan pada pelanggan sebanyak 3 kali. Nilai SAIFI ini hanya memberi informasi frekwensi terjadinya pemadaman tetapi tidak memberi informasi berapa lama terjadinya pemadaman. Oleh karena itu nilai SAIFI akan lebih lengkap apabila disertakan nilai SAIDI.

Nilai indeks SAIDI hasil perhitungan adalah 34,6482 jam/pelanggan/tahun, ini berarti bahwa dalam satu tahun, probabilitas terjadi pemadaman pada pelanggan sebanyak 34,6482 jam. Nilai indeks SAIDI ini cukup besar, hal ini disebabkan karena waktu durasi keluaran pembangkit terlalu lama, dengan kata lain apabila ada pembangkit yang rusak, waktu perbaikannya cukup lama. Hal lain yang bisa menyebabkan nilai indeks SAIDI besar karena kurangnya pemeliharaan dan cadangan suka cadang tidak tesedia.

Untuk memenuhi target PT. PLN (Persero) ke depan yaitu mencapai WCS (World Customer Service) dan WCC (World Class Company), PT. PLN (Persero) telah menetapkan SAIFI sebesar 3 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 100 menit/pelanggan/tahun. Dengan demikian nilai indeks SAIFI untuk sistem Sumbagsel (3,0716 gangguan/pelanggan.tahun) hampir memenuhi standar yang ditetapkan, akan tetapi nilai indeks SAIDI ini jauh diatas standar yang ingin dicapai oleh PT. PLN (Persero), oleh karena itu harus dilakukan upaya dan kerja keras dari seluruh jajaran PT. PLN (Persero) untuk menurunkan indeks SAIDI dari 34,6482 jam menjadi lebih rendah dari 100 menit.

Dalam evaluasi nilai indeks keandalan pada sisi pelanggan, SAIFI dan SAIDI tidak bisa dievaluasi sendiri-sendiri tetapi harus dievaluasi secara bersama-sama (keseluruhan). jadi nilai indeks SAIFI dan SAIDI kedua-duanya harus memenuhi standar yang telah ditentukan, baru system itu dapat dikatakan andal, apabila salah satu indeks tidak memenuhi kreteria, maka system itu dikatakan tidak andal.

IV. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

1. Nilai indeks SAIFI untuk sistem Sumatera Bagian Selatan adalah 3,0716 gangguan/pelanggan/tahun. Nilai indeks ini mendekati indeks SAIFI yang ingin dicapai oleh PT. PLN (Persero) yaitu 3 gangguan/ pelanggan/tahun

ISBN : 979-587-395-4

2. Nilai indeks SAIDI untuk sistem Sumatera Bagian Selatan adalah 34,6482 jam/pelanggan/tahun. Nilai indeks ini jauh diatas indeks SAIDI yang ingin dicapai oleh PT. PLN (Persero) yaitu 1,67 jam/pelanggan/tahun.
3. Pada tahun 2010, Sistem interkoneksi Sumatera Bagian Selatan dapat dikatakan tidak andal

4.2. Saran

Untuk memenuhi indeks keandalan yang ingin dicapai PT.PLN (Perseero) yaitu indeks SAIFI sebesar 3 gangguan/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 1,67 jam/pelanggan/tahun maka hal-hal yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menambah cadangan kapasitas pembangkit
2. Overhaul pembangkit yang sudah tua
3. Meningkatkan pemeliharaan unit-unit pembangkit
4. Menyediakan alat suku cadang yang memadai

5. DAFTAR PUSTAKA

Bertling, Lina dan Wallnerstrom Carl Johan. 2007. *"Exercise on Reliability Assessment of electric power systems"*. Royale Institute of Technology School of electrical Engineering : Stockholm.

Billinton, R, dan Allan, R,N. 1994. *"Reliability Evaluation Of Power System second edition"*. Plenum Press New York dan London.

Thayib, Rudiyanto, Ir, Msc. 2003. *"Buku Ajar Keandalan Sistem Tenaga Listrik"*. Universitas Sriwijaya : Palembang.

PT. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Sumatera

Ramakumar, R. 2000. *"Reliability Engineering"* The Electrical Engineering Handbook. Boca Raton: CRC Press LLC.