

ANALISIS TINGKAT KEANDALAN SISTEM SUPLAJ DISTRIBUSI 20 kV UNIVERSITAS UDAYANA DENPASAR

I Made Wahyu Darmahesta, IA Dwi Giriantari, I Wayan Sukerayasa

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana

Email: wahyudarmahesta@yahoo.com, dayu.giriantari@yahoo.com, sukerayasa@unud.ac.id

Abstrak

Sistem suplai energi listrik Kampus Universitas Udayana Denpasar saat ini berasal dari Penyulang Panjer, yang dengan konfigurasi jaringan tipe radial sehingga probabilitas untuk mengalami pemadaman sangat tinggi. Sehingga diperlukan adanya rekonfigurasi jaringan untuk meningkatkan indeks keandalan yang dimiliki. Rekonfigurasi dilakukan dengan merubah konfigurasi jaringan tipe radial menjadi konfigurasi jaringan tipe spindel dengan melibatkan penyulang terdekat Kampus Udayana Denpasar yaitu penyulang Sudirman. Rekonfigurasi jaringan dilakukan dengan 2 skenario. Untuk kondisi existing Penyulang Panjer memiliki nilai SAIFI sebesar 0,8284 kegagalan/tahun, SAIDI sebesar 2,7318 jam/tahun, dan EENS sebesar 9,2126 MWh/tahun. Untuk penyulang Sudirman memiliki SAIFI sebesar 0,7938 kegagalan/tahun, SAIDI sebesar 2,5776 jam/tahun, EENS sebesar 7,1313 MWh/tahun. Setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan, pada rekonfigurasi skenario 1 diperoleh nilai SAIFI sebesar 0,8024 kegagalan/tahun, SAIDI sebesar 2,6045 jam/tahun, dan EENS sebesar 8,8790 MWh/tahun. Selanjutnya pada rekonfigurasi skenario 2 diperoleh nilai SAIFI sebesar 0,1358 kegagalan/tahun, SAIDI sebesar 0,4985 jam/tahun, dan EENS sebesar 1,2647 MWh/tahun. Sehingga dapat diketahui bahwa rekonfigurasi skenario 2 memiliki nilai indeks keandalan lebih baik dan memiliki jumlah energi yang tidak tersuplai lebih kecil dibandingkan dengan kondisi existing.

Kata Kunci : Keandalan, SAIFI, SAIDI, EENS

1. PENDAHULUAN

Kampus Universitas Udayana (UNUD) Denpasar merupakan salah satu pelanggan besar PLN. Berdasarkan observasi yang dilakukan, suplai energi listrik untuk Kampus Udayana Denpasar bersumber dari Gardu Induk Sanur melalui Penyulang Panjer. Dengan tingkat pemadaman pada Penyulang Panjer yang terjadi selama periode tahun 2012 yaitu sebanyak 15 kali pemadaman/tahun [1]. Kondisi *existing* jaringan distribusi suplai Kampus Udayana Denpasar pada Penyulang Panjer masih terhubung secara *radial* dengan 11 buah transformator distribusi.

Sistem jaringan distribusi primer tipe *radial* memiliki jumlah sumber dan penyulang hanya satu buah, sehingga bila terjadi gangguan pada salah satunya (baik sumber ataupun penyulangnya), maka semua beban yang dilayani oleh jaringan ini akan padam. Oleh karena itu nilai keandalan dari sistem jaringan tipe *radial* ini adalah rendah [2].

Untuk meningkatkan kualitas dan kontinuitas suplai energi listrik yang lebih baik maka perlu diadakannya perencanaan dan pengembangan sistem distribusi dengan melakukan rekonfigurasi jaringan. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dimana dengan melakukan rekonfigurasi jaringan akan meningkatkan keandalan sistem jaringan menjadi lebih baik [3][4][5].

Konfigurasi jaringan sistem distribusi suplai Kampus Universitas Udayana Denpasar dirubah menjadi sistem spindel dimana suplai energi listrik

menjadi dua arah dengan menambahkan penyulang cadangan (*express feeder*) melalui Gardu Hubung.

Dalam menyelesaikan penelitian ini diperlukan analisis keandalan sistem dan memperkirakan besar energi yang tidak tersalurkan saat terjadinya gangguan pada sistem distribusi. Dari hasil analisis indeks keandalan yang diperoleh nantinya dapat berguna sebagai bahan pertimbangan untuk menjadikan Kampus Universitas Udayana Denpasar memiliki sistem suplai distribusi dengan tingkat keandalan yang lebih baik.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Indeks Keandalan

Indeks keandalan merupakan suatu nilai yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas, yang terdiri dari indeks pada titik beban dan indeks pada sistem yang dipakai untuk memperoleh pengertian tentang kinerja suatu sistem yang diukur. [6] Untuk mengukur kinerja keandalan sistem tenaga listrik, diantaranya digunakan perhitungan indeks keandalan SAIFI, SAIFI dan EENS.

a. SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

SAIFI adalah indeks keandalan yang merupakan jumlah dari perkalian frekuensi padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. [6]

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_i} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

i : Laju kegagalan titik beban
 N_i : Jumlah pelanggan yang dilayani pada titik beban i

b. SAIDI (Sistem Average Interruption Duration Index)

SAIDI adalah indeks keandalan yang merupakan jumlah dari perkalian lama padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. [6]

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

U_i : waktu padam pelanggan dalam periode tertentu (jam/tahun)
 N_i : Jumlah pelanggan yang dilayani pada titik beban i

Adapun standar nilai indeks keandalan berdasarkan referensi yang ada, sebagai berikut [7] :

Tabel 1. Standar Nilai Indeks Keandalan

INDEKS	STANDAR
SAIFI	1.0
SAIDI	1.0 - 1.5 h
CAIDI	1.0 - 1.5 h
ASAI	0.99983

c. Expected Energy Not Supplied (EENS)

Merupakan nilai penjumlahan dari MWh yang tidak tersuplai kepada pelanggan selama periode satu tahun. Ini didefinisikan sebagai perkiraan jumlah energi yang tidak tersalurkan pada sistem karena gangguan selama periode satu tahun. [8]

$$EENS = \sum L_{a(i)} U_i MW \cdot t_{a(i)} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

$L_{a(i)}$: beban puncak pada titik beban i .
 U_i : waktu padam pelanggan dalam periode tertentu (jam/tahun)

3. METODE PENELITIAN

Analisis data dalam penelitian ini, yaitu mengenai masalah keandalan sistem suplai distribusi 20kV di Universitas Udayana Denpasar dengan menggunakan metode indeks keandalan (*reliability analysis*). Adapun langkah-langkah analisisnya adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data-data, untuk analisis keandalan.

Data-data yang diperlukan antara lain: *single line diagram* penyulang utama yang mensuplai energi listrik ke Kampus Udayana Denpasar, jarak antar transformator, jenis dan luas penampang

saluran, data beban transformator, kapasitas transformator, dan jumlah pelanggan.

2. Melakukan analisis keandalan dengan metode indeks keandalan SAIDI, SAIFI dan EENS (*reliability analysis*).

Menganalisis nilai keandalan *existing* yang diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah jangka waktu gangguan semua pelanggan}}{\text{jumlah pelanggan yang dilayani}} \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i}$$

$$SAIFI = \frac{\text{total jumlah gangguan pelanggan}}{\text{jumlah pelanggan yang dilayani}} \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_i}$$

$$EENS = \sum L_{a(i)} U_i MW \cdot t_{a(i)}$$

3. Melakukan rekonfigurasi jaringan dengan 2 skenario untuk mendapatkan tingkat keandalan sistem suplai Kampus Udayana Denpasar yang lebih baik. Dan dilanjutkan dengan menganalisis indeks keandalan SAIFI, SAIDI dan EENS suplai Kampus Udayana Denpasar setelah dilakukannya rekonfigurasi.
4. Melakukan analisis keandalan per *load point* pada sistem sistem suplai Kampus Udayana Denpasar.
5. Penyusunan laporan dari hasil analisis dan perhitungan yang didapat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis yang dilakukan dalam usaha meningkatkan keandalan sistem distribusi dapat dilihat dari beberapa *load point* yang mensuplai energi listrik ke Kampus Udayana dengan memiliki nilai laju kegagalan (*Average Interrupting Rate*), waktu perbaikan gangguan (*Average Outage Duration*), ketidakterersediaan (*Annual Outage Duration*), dan perkiraan energi yang tidak Tersalurkan akibat terjadinya gangguan (*EENS*). Berikut adalah hasil perbandingan nilai dari *load point* suplai Kampus Udayana Denpasar saat sebelum dan sesudah dilakukannya rekonfigurasi, yaitu :

Dalam keadaan sistem terpasang (*existing*), pada tabel 2 terlihat bahwa nilai laju kegagalan (*Average Interrupting Rate*) yang dimiliki setiap *load point* suplai Kampus Udayana Denpasar masih menunjukkan tingkat laju kegagalan yang besar. Artinya pelanggan trafo pada setiap tahun mengalami 1,1 kali kegagalan dalam setahun yang disebabkan oleh peralatan dan tidak disebabkan oleh pemeliharaan. Hal tersebut menunjukkan bahwa *load point* suplai ke Kampus Udayana Denpasar yang masih terhubung pada sistem distribusi Penyulang Ppanjer memiliki tingkat laju kegagalan yang besar. Karena pada sistem distribusi Penyulang Panjer, penyaluran energi listrik melalui dari satu sumber dengan memiliki tingkat pembebanan pelanggan

yang cukup besar sehingga tingkat laju kegagalannya tinggi.

Tabel 2. Load Point Existing suplai Udayana pada Penyulang Panjer

load point	Average Interrupting Rate	Average Outage Duration	Annual Outage Duration	EENS
	<i>f/yr</i>	<i>hour</i>	<i>hr/yr</i>	<i>kWh/yr</i>
LDB476	1,1724	3,23	3,7900	76,0274
LDB754	1,1944	3,23	3,8560	86,20089
LDB368	1,1724	3,23	3,7900	380,137
LDB43	1,2004	3,23	3,8740	75,40739
LDB559	1,1944	3,23	3,8560	13,76592
LDB713	1,1964	3,23	3,8620	36,43797
LDB456	1,1944	3,23	3,8560	256,6361
LDB517	1,2064	3,23	3,8920	413,525
LDB823	1,2504	3,22	4,0240	21,20648
LDB819	1,2624	3,22	4,0600	35,8904
LDB789	1,2684	3,22	4,0780	59,96699
LDB252	1,2604	3,22	4,0540	217,0917
LDB44	1,2104	3,23	3,9040	341,7953

Untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi suplai Kampus Udayana Denpasar, maka dapat melakukan suatu rekonfigurasi jaringan. Adapun beberapa rekonfigurasi yang telah dilakukan sehingga memiliki perbedaan nilai dari keadaan *existing* yang khususnya terdapat pada *load point* suplai Kampus Udayana Denpasar sebagai berikut.

Tabel 3. Load Point suplai Udayana setelah rekonfigurasi 1

load point	Average Interrupting Rate	Average Outage Duration	Annual Outage Duration	EENS
	<i>f/yr</i>	<i>hour</i>	<i>hr/yr</i>	<i>kW/yr</i>
LDB476	1,05944	3,210376	3,4012	68,22807
LDB754	1,08124	3,206134	3,4666	77,49587
LDB368	1,05944	3,210376	3,4012	341,1403
LDB43	1,08664	3,241921	3,5228	68,57131
LDB559	1,08104	3,206172	3,466	12,37362
LDB713	1,08204	3,205982	3,469	32,73002
LDB456	1,02104	3,218288	3,286	218,6998
LDB517	1,01944	3,21863	3,2812	348,6275
LDB823	1,06264	3,209743	3,4108	17,97491
LDB819	1,07544	3,207246	3,4492	30,49093
LDB789	1,0822	3,205943	3,4696	51,02048
LDB252	1,0742	3,207478	3,4456	184,5119
LDB44	1,0042	3,22194	3,2356	283,2769

Pada tabel 3 terlihat bahwa nilai laju kegagalan (*Average Interrupting Rate*) yang dimiliki setiap load point suplai Kampus Udayana Denpasar menunjukkan penurunan dari keadaan *existing*. Artinya pelanggan trafo pada setiap tahun hanya mengalami 1 kali

kegagalan dalam setahun yang disebabkan oleh peralatan dan tidak disebabkan oleh pemeliharaan.

Tabel 4. Load Point suplai Udayana setelah rekonfigurasi 2

load point	Average Interrupting Rate	Average Outage Duration	Annual Outage Duration	EENS
	<i>f/yr</i>	<i>hour</i>	<i>hr/yr</i>	<i>kWh/yr</i>
LDB476	0,0150	9,07	0,1360	2,7282
LDB754	0,0368	5,47	0,2014	4,5022
LDB368	0,0130	10,00	0,1300	13,0390
LDB43	0,0130	13,08	0,1700	3,30905
LDB559	0,0172	8,29	0,1426	0,50908
LDB713	0,0182	8,00	0,1456	1,3737
LDB456	0,0130	10,00	0,1300	8,6521
LDB517	0,0182	8,00	0,1456	15,4700
LDB823	0,0614	4,48	0,2752	1,4503
LDB819	0,0742	4,23	0,3136	2,7722
LDB789	0,0810	4,12	0,3340	4,91147
LDB252	0,0730	4,25	0,3100	16,6005
LDB44	0,0130	10,00	0,1300	11,3815

Sedangkan pada tabel 4 terlihat bahwa nilai laju kegagalan (*Average Interrupting Rate*) yang dimiliki setiap load point suplai Kampus Udayana Denpasar menunjukkan penurunan dari keadaan *existing* dan rekonfigurasi 1. Artinya pelanggan trafo pada setiap tahun hanya mengalami dibawah 1 kali kegagalan dalam setahun yang disebabkan oleh peralatan dan tidak disebabkan oleh pemeliharaan. Hal tersebut dikarenakan perubahan sistem distribusi dengan memindahkan *load point* suplai Kampus Udayana ke sistem distribusi lain yang terdekat Udayana (penyulang sudirman). Rekonfigurasi skenario 2 dilakukan dengan memindahkan *load point* suplai Kampus Udayana Denpasar yang terhubung pada penyulang sudirman dengan menambahkan pada ujung saluran yang dihubungkan dengan penyulang cadangan (*express feeder*) pada GH UNUD.

Dari beberapa tabel di atas, dapat dilihat perbedaan hasil laju kegagalan pada *load point* suplai Kampus Udayana Denpasar saat dalam keadaan *existing* maupun setelah dilakukan rekonfigurasi. Sehingga sebagai bahan pertimbangan dalam usaha untuk meningkatkan keandalan pada sistem distribusi suplai Kampus Universitas Udayana Denpasar dapat direncanakan dengan melakukan rekonfigurasi skenario 2, karena menunjukkan perolehan hasil indeks keandalan yang baik. Sehingga secara teori juga telah dijelaskan bahwa suatu sistem dengan penyaluran energi listrik melalui dua sumber, memiliki tingkat keandalan sistem jaringan yang lebih baik serta meminimalisir kemungkinan terjadinya tingkat pemadaman.

Pada rekonfigurasi skenario 2, dilakukan beberapa perubahan pada sistem jaringan suplai Kampus Udayana Denpasar, yaitu :

1. Memindahkan saluran *load point* suplai Kampus Udayana yang dihubungkan dengan Penyulang Sudirman. Dengan melakukan pemindahan posisi dari LBS Santo Yosep, dengan penempatan awal berada setelah Kampus Udayana (setelah DB 44 pada single line) kemudian dipindahkan posisinya berada sebelum Kampus Udayana (setelah DB 185 pada single line).
2. Setelah terhubung pada Penyulang Sudirman, ujung saluran *load point* suplai Kampus Udayana dihubungkan ke GH UNUD yang juga terhubung pada Penyulang Sudirman. Dengan cara menambahkan bentang kabel dari ujung saluran *load point* suplai Kampus Udayana (pada DB 43) yang dihubungkan ke GH UNUD lalu terkoneksi dengan penyulang cadangan (*exppres feeder*) yang terdapat pada GH UNUD. Sehingga sistem yang terhubung untuk mensuplai energi listrik ke Kampus Udayana Denpasar menjadi dua arah (sistem jaringan *spindel*).

- [5] Trisnayadi, D. *Analisis Keandalan dan Ketersediaan Pada Penyulang HBB dan Penyulang Tanjung Sari*. Denpasar : Tugas Akhir Universitas Udayana. 2007
- [6] Short, T.A. *Distribution Reliability and Power Quality*. New York : CRC Prees. 1996
- [7] Dugan, Roger, C. *Electrical Power Systems Quality*. United States of America :McGraw-Hill Companies. 1996
- [8] Wiwied Putra Perdana, dkk. , Jurnal EECCIS Vol.III, No.1, *Evaluasi Keandalan Sistem Tenaga Listrik pada Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial Gardu Induk Blimbing*. 2009.

5 SIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari permasalahan dan analisis sistem suplai distribusi Kampus Udayana Denpasar adalah :

1. Hasil analisis sistem distribusi suplai Kampus Udayana Denpasar saat keadaan sistem terpasang (*existing*) maupun setelah rekonfigurasi, bahwa pada rekonfigurasi skenario 2 menunjukkan hasil nilai keandalan yang lebih baik. Sehingga sebagai bahan pertimbangan dapat direncanakan pada sistem distribusi suplai Kampus Udayana Denpasar dengan memiliki kontinuitas penyaluran energi yang lebih baik melalui dua sumber.
2. Hasil analisis EENS saat sebelum (*existing*) dan sesudah rekonfigurasi, bahwa pada rekonfigurasi skenario 2 memberikan hasil EENS selama setahun menjadi lebih baik (kecil) untuk sistem suplai distribusi Kampus Udayana Denpasar.

6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] _____. *Kondisi Eksisting Sistem Distribusi UDAYANA*. Denpasar: PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan. 2013
- [2] Gonen, T. *Electric Power Distribution System Engineering*. Columbia : McGraw-Hill Book Company. 1986
- [3] Purwata, A. *Analisis Keandalan Penyulang Buduk, Tangeb, dan Dalung Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi*. Denpasar : Tugas Akhir Universitas Udayana. 2012
- [4] Subaga. *Perencanaan Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV Tipe Ring Pada Penyulang Kampus*. Denpasar : Tugas Akhir Universitas Udayana. 2009