

ANALISIS KEANDALAN DAN SUSUT DAYA PENYULANG TABANAN SETELAH REKONFIGURASI

Salman Al Farisi¹, Rukmi Sari Hartati², I Wayan Sukerayasa³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana

Email: alfarisi_salman1@yahoo.co.id¹, rshartati@unud.ac.id², sukerayasa@unud.ac.id³

Abstrak

Kebutuhan tenaga listrik di era global ini semakin bertambah, sehingga diperlukan sistem kelistrikan yang semakin handal. Sistem yang handal tidak terlepas dari gangguan sehingga perlu ada suatu analisis sistem keandalan dan susut daya pada penyulang dengan cara merekonfigurasi jaringan. Penelitian ini dilakukan untuk mencari nilai indeks keandalan berupa frekuensi gangguan dan lama gangguan (SAIFI dan SAIDI). Pada salah satu penyulang Tabanan hasil yang didapat melebihi standar sehingga dilakukan rekonfigurasi. Berdasarkan analisis didapatkan hasil sebelum rekonfigurasi, indeks keandalan untuk SAIFI adalah 6,7456 (gangguan/tahun) dan SAIDI 11,4767 (jam/tahun) dan susut daya 6,27%. Setelah direkonfigurasi penyulang Tabanan indeks keandalan menjadi lebih baik, untuk SAIFI 5,2475 (gangguan/tahun) dan SAIDI 9,8798 (jam/tahun), susut daya 2,82%. Penyulang Sanggulan adalah penyulang baru hasil rekonfigurasi dari penyulang Tabanan, dimana analisis yang dilakukan untuk mengetahui indeks keandalan penyulang Sanggulan didapat nilai SAIFI 4,5753 (gangguan/tahun) dan SAIDI 9,5297 (jam/tahun) dan susut daya 4,80%.

Kata Kunci : Keandalan, Susut Daya, SAIFI, SAIDI, Rekonfigurasi

Abstract

The need for electricity in this global era is increasing, so that a more reliable electrical system is needed. A reliable system cannot be separated from interference, so there needs to be a system reliability analysis and power loss to the feeder by configuring the network. This research was conducted to find the reliability index value in the form of interference frequency and duration of interference (SAIFI and SAIDI). In one Tabanan feeder the results obtained exceed the standard so reconfiguration is performed. Based on the analysis obtained before reconfiguration, the reliability index for SAIFI is 6,7456 (failure / year) and SAIDI is 11,4767 (hour / year) and power loss by 6,27 %. After reconfiguration of Tabanan feeder, the reliability index was better, for SAIFI is 5.2475 (disturbance / year) and SAIDI is 9,8798 (hour / year), the power loss was 2.82%. Sanggulan feeder is a new feeder reconfiguration result from Tabanan feeder, where the analysis was carried out to find out the reliability index of Sanggulan feeder, it was obtained the SAIFI value of 4.5753 (disturbance / year) and SAIDI of 9.5297 (hour / year) and power loss of 4,80%.

Keywords: Reliability, Power Loss, SAIFI, SAIDI, Reconfiguration

1. PENDAHULUAN

Saat ini kebutuhan tenaga listrik telah menjadi kebutuhan pokok, sehingga kontinuitas penyediaan tenaga listrik menjadi tuntutan yang semakin besar dari konsumen. Maka perlu adanya suatu sistem tenaga listrik yang handal, keandalan merupakan faktor yang penting dalam suatu sistem distribusi tenaga listrik. Pertumbuhan beban listrik yang meningkat dengan pesat, maka PLN sebagai pemasok memenuhi kebutuhan tenaga listrik secara kontinu.

Susut daya pada sistem tenaga listrik tidak dapat dihindari dan akan selalu ada, namun susut daya dapat diminimalkan. Susut daya yang kecil menjaga pasokan daya listrik yang disalurkan sesuai dengan kebutuhan konsumen, serta dapat mengurangi kerugian finansial yang terjadi selama proses transmisi dan distribusi. Keandalan dapat dilihat dari lamanya pemadaman dan seberapa sering pemadaman terjadi dalam satu satuan waktu. Salah satu parameter keandalan sistem tenaga listrik adalah SAIDI dan SAIFI. PT PLN (Persero) Distribusi Bali saat ini telah

mendeklarasikan diri sebagai perusahaan dengan pelayanan kelas dunia atau WCS (*world class service*), dimana beberapa parameter WCS untuk indeks keandalan seperti SAIDI adalah 150 menit/ pelanggan /tahun dan SAIFI 3 kali/ pelanggan /tahun.

Jaringan distribusi merupakan bagian yang penting pada sistem kelistrikan. Dalam penyaluran tenaga listrik, jaringan distribusi berperan menghubungkan sistem transmisi dengan konsumen tegangan menengah 20 kV dan konsumen tegangan rendah 380/220 Volt. Penyaluran tenaga listrik ke konsumen sering mengalami kendala sehingga pelayanan terhadap konsumen tidak terpenuhi dengan baik. Semakin meningkatnya aktivitas kehidupan manusia akan mengakibatkan tingginya permintaan tenaga listrik. Penambahan beban bisa mengakibatkan penambahan suplai daya yang akan meningkatkan susut daya saat didistribusikan. Susut daya pada jaringan distribusi dapat dikurangi dengan melakukan rekonfigurasi jaringan distribusi.

Susut daya pada penyulang Tabanan sendiri tahun 2015 mencapai 6,27% 2016 mencapai 6,50% dengan *forecasting* (5 years) tahun 2017 6,80%, tahun 2018 7,10%, sedangkan pada tahun 2021 mencapai 7,70% [1]. Berdasarkan hasil *forecasting* ini maka penyulang Tabanan perlu dilakukan rekonfigurasi jaringan.

2. Kualitas Daya Listrik

Kualitas daya listrik ditentukan oleh kualitas arus, tegangan, frekuensi, harmonisa, susut daya, faktor daya, pentanahan (*grounding*), serta kesetimbangan sistem. Masalah kualitas daya listrik adalah persoalan perubahan arus, tegangan atau frekuensi yang bisa menyebabkan kegagalan atau kesalahan, baik peralatan milik PLN maupun milik konsumen [2].

2.1 Indeks Keandalan

Indeks keandalan merupakan suatu *indicator* keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Evaluasi keandalan sistem distribusi terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem, yang dipakai untuk memperoleh pengertian yang mendalam ke dalam keseluruhan capaian.

Indeks kegagalan titik beban yang biasanya digunakan meliputi tingkat kegagalan λ (kegagalan/tahun), rata-rata waktu keluar (*outage*) r (jam) dan rata-rata ketidaktersediaan tahunan U (jam/tahun) [4][5].

Untuk menghitung indeks keandalan titik beban dan indeks keandalan sistem yang biasanya di gunakan meliputi angka keluar dan lama perbaikan dari masing - masing komponen [4][5].

1. Pemadaman (*Outage*)

Adalah keandalan dimana suatu komponen titik dapat berfungsi sebagaimana mestinya, diakibatkan karena beberapa peristiwa yang berhubungan dengan komponen tersebut. Suatu pemadaman dapat atau tidak menyebabkan pemadaman, hal ini masih tergantung pada konfigurasi dari sistem [3].

2. Lama Keluar (*Outage duration*)

Periode dari saat permulaan komponen keluar sampai saat komponen dapat dioperasikan kembali sesuai dengan fungsinya [3].

Sedangkan indeks keandalan yang dianalisis adalah SAIFI dan SAIDI.

2.1.1 System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

SAIFI merupakan jumlah rata-rata kegagalan per pelanggan yang dilayani per tahun. SAIFI didapatkan dengan membagi jumlah semua kegagalan pelanggan dalam satu tahun dengan jumlah pelanggan tersebut [3], dan di tetapkan dalam persamaan berikut.

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

Keterangan :

SAIFI adalah *System Average Interruption Frequency Index*

λ_i adalah laju kegagalan komponen pada *load point i*

N_i adalah jumlah pelanggan pada *load point i*

2.1.2 System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

SAIDI merupakan nilai rata dari lamanya kegagalan per pelanggan yang dilayani dalam satu tahun. SAIDI didapatkan dengan

membagi jumlah lamanya kegagalan pelanggan selama periode waktu tertentu dengan jumlah pelanggan yang dilayani selama tahun [3]. didapatkan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan :

$\sum \lambda_i \cdot N_i$ adalah jumlah perkalian antara *failure rate* dengan jumlah pelanggan komponen *i*.

$\sum U_i \cdot N_i$ adalah jumlah perkalian antara durasi kegagalan / *unavailability* dengan jumlah pelanggan komponen *i*.

2.2 Susut Daya

Sistem daya listrik yang di kirim dari sumber pembangkit listrik ke beban akan mengalami susut, disamping susut tegangan maka akan didapat pula susut daya, [4] yaitu

$$\Delta P = 3x I^2 x R_{\text{efektif}} \quad (3)$$

Keterangan :

ΔP adalah Susut daya (KW)

I adalah Arus yang mengalir (Ampere)

R_{efektif} adalah Resistansi saluran efektif (Ohm/Km)

Jika susut daya telah diperoleh maka besar persentase kerugian daya dapat dihitung dengan persamaan berikut [5]

$$\%P_{\text{loss}} = \frac{P_{\text{loss}}}{P} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

P_{loss} adalah Susut daya (Watt)

P adalah Besar daya yang disalurkan (Watt, kW, MW)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Analisis Data

Penelitian ini langkah pertama yang harus dilakukan adalah mencari dan mengumpulkan data yang berhubungan tentang keandalan dan susut daya penyulang Tabanan. Selanjutnya menggambar *single line* diagram di ETAP *powerstation* 12.6 sebelum dan setelah rekonfigurasi dan

memasukkan data nilai masing-masing komponen mulai dari transformator daya di GI Kapal, *busbar*, penghantar, transformator distribusi, data pengaman dan beban pada penyulang Tabanan sebelum rekonfigurasi. Selanjutnya Program ETAP disimulasikan sebelum rekonfigurasi dengan cara mengeksekusi program dengan memilih *menu toolbar running Reliability Assessment*. Setelah di running kemudian memilih menu "*Report Manager*" untuk mengetahui hasil analisis indeks keandalan SAIFI dan SAIDI, setelah mengetahui hasil indeks keandalan lalu pilih *menu "report manager"* untuk mengetahui hasil nilai susut daya. Selanjutnya penyulang Tabanan direkonfigurasi dan di analisis kembali seperti sebelumnya.

4 Hasil Dan PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Penyulang Tabanan

Penyulang Penyulang Tabanan yang disuplai dari Gardu Induk Kapal merupakan salah satu penyulang yang melayani pendistribusian tenaga listrik di kawasan Tabanan dan sekitarnya. Penyulang Tabanan memiliki panjang 29,721 kms.

Penyulang Tabanan menyuplai beban sebagian besar adalah pelanggan tegangan rendah (rumah tangga). Kondisi penyulang Tabanan memiliki data-data sebagai berikut:

1. Kapasitas trafo : 14.445 kVA
2. Jumlah transformator : 69 Unit
3. Konfigurasi jaringan : Sistem *Radial*.
4. Jenis penghantar : Campuran.

Dapat kita lihat di Tabel 1 dan Tabel 2 data penghantar dan data kapasitas trafo penyulang Tabanan.

Tabel 1. Data Penghantar P. Tabanan

TIPE JTM	JENIS PENGHANTAR	PANJANG (KMS)
SUTM	AAAC 157.6 MM2	28,570
	Total	28,570
SKUTM	MVTIC 20 KV NF A2XSEY – T3X150+95 mm2	0,113
	Total	0,113
	XLPE 3 x 240 mm2	1,037
	Total	1,037
Total Panjang Penyulang		29,721

Data kapasitas trafo dan data daya terpakai dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 2 No Gardu 1-35, Kapasitas Trafo dan Daya Terpakai

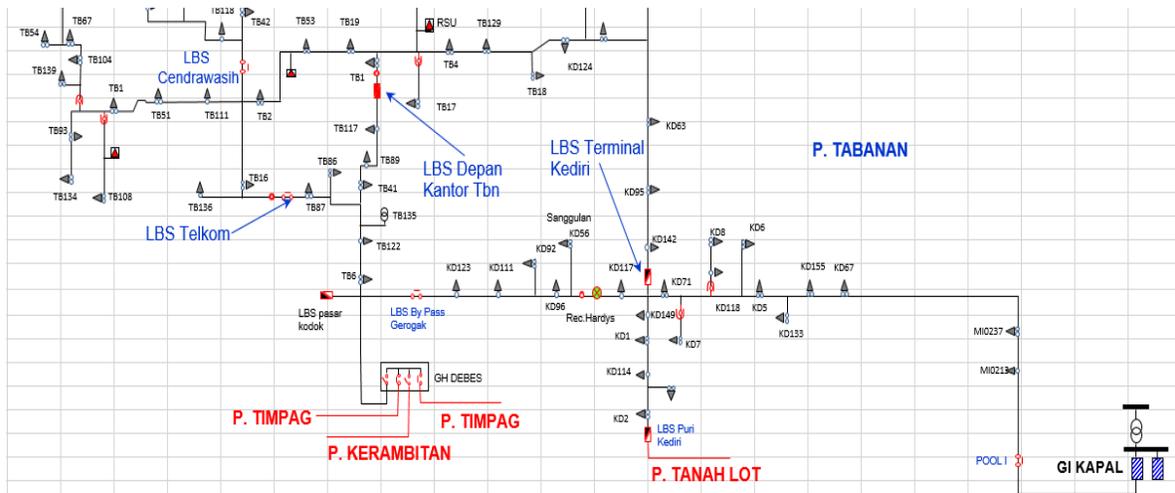
No	NO GARDU	KAPASITAS TRAF0 (kVA)	DAYA TERPAKAI (kVA)
1	T-KD0001	250	121
2	T-KD0002	250	169
3	T-KD0005	100	83,3
4	T-KD0006	100	50,3
5	T-KD0007	250	120
6	T-KD0008	250	99
7	T-KD0009	250	179
8	T-KD0038	250	132
9	T-KD0056	100	134
10	T-KD0063	250	100
11	T-KD0067	160	107
12	T-KD0068	160	39,7
13	T-KD0071	250	143
14	T-KD0073	100	63,8
15	T-KD0074	200	57,5
16	T-KD0079	160	111
17	T-KD0084	200	97,7
18	T-KD0092	400	281
19	T-KD0095	160	19,8
20	T-KD0096	160	29,2
21	T-KD0101	250	117
22	T-KD0111	100	71,8
23	T-KD0114	100	79,5
24	T-KD0116	250	96,8
25	T-KD0117	160	77,9
26	T-KD0118	160	75,5
27	T-KD0123	100	27,7
28	T-KD0124	200	7,3
29	T-MI0213	160	25,2
30	T-MI0237	100	3,3
31	T-TB0001	250	117
32	T-TB0002	250	46,1
33	T-TB0003	250	110
34	T-TB0004	250	155
35	T-TB0005	250	118

Single Line Diagram Penyulang Tabanan

Berikut Gambar 1 adalah *single line* diagram penyulang Tabanan :

Tabel 3 No Gardu 36-69, Kapasitas Trafo dan Daya Terpakai

No	NO GARDU	KAPASITAS TRAF0 (kVA)	DAYA TERPAKAI (kVA)
36	T-TB0006	250	151
37	T-TB0009	250	172
38	T-TB0016	250	118
39	T-TB0017	250	127
40	T-TB0018	250	178
41	T-TB0019	200	113
42	T-TB0021	500	88,3
43	T-TB0021P	630	504
44	T-TB0041	250	198
45	T-TB0042	250	77
46	T-TB0046	160	32,1
47	T-TB0051	250	122
48	T-TB0053	250	40,6
49	T-TB0054	200	76,8
50	T-TB0057	315	63,4
51	T-TB0064	160	51,4
52	T-TB0065	250	148
53	T-TB0067	250	104
54	T-TB0069	100	56,6
55	T-TB0072	100	80
56	T-TB0073	100	31,1
57	T-TB0077	160	85,4
58	T-TB0079P	630	507
59	T-TB0085	100	31,8
60	T-TB0086	160	118
61	T-TB0087	160	92,4
62	T-TB0089	160	69,1
63	T-TB0091	160	96,8
64	T-TB0093	100	47
65	T-TB0098	160	128
66	T-TB0099	160	86,1
67	T-TB0104	250	74,2
68	T-TB0109	100	42,7
69	T-TB0112	100	3,4
TOTAL		14.445	5.300,4



Gambar 1. Single Line Diagram Penyulang Tabanan

Single line diagram ini digunakan sebagai acuan untuk menggambar single line diagram di ETAP.

4.1 Model Keandalan Yang Dianalisis

Berikut adalah failure rate dari komponen sistem distribusi :

Tabel 4. Perkiraan Angka Keluar Sistem Distribusi

KOMPONEN / PERALATAN	FAILURE RATE (λ) (FAIL/OUT/RATE)
Saluran Udara	0,2 / Km / Tahun
Kabel Saluran Bawah Tanah	0,07 / Km / Tahun
Perutus Tenaga	0,004 / Km / Tahun
Saklar Beban	0,003 / Km / Tahun
Saklar Pemisah	0,003 / Km / Tahun
Penutup Balik	0,005 / Km / Tahun
Penyambung Kabel	0,001 / Km / Tahun
Trafo Distribusi	0,005 / Km / Tahun
Pelindung Jaringan	0,005 / Km / Tahun
Rel Tegangan Rendah	0,001 / Km / Tahun

Sumber: (SPLN 59, 1985)

Perkiraan angka keluar ini yang akan dipakai di data masukan untuk program ETAP sebagai standar PLN.

4.2 Indeks Keandalan Penyulang Tabanan sebelum dan setelah Rekonfigurasi

Indeks keandalan dan ketersediaan sistem penyulang Tabanan sebelum dan setelah rekonfigurasi dapat di lihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Indeks Keandalan Sebelum dan Setelah Rekonfigurasi

Sebelum Rekonfigurasi	SAIFI	6,7456 (gangguan/tahun)
	SAIDI	11,4767 (jam/tahun)
	CAIDI	1,701 (jam/gangguan)

Setelah Rekonfigurasi	ASAI	0,9987pu
	ASUI	0,00131pu
	SAIFI	5,2475 (gangguan/tahun)
	SAIDI	9,8798 (jam/tahun)
	CAIDI	1,883 (jam/gangguan)
	ASAI	0,9989 pu
	ASUI	0,00113 pu

Berdasarkan hasil indeks keandalan Penyulang Tabanan sebelum dan setelah rekonfigurasi masih belum memenuhi standar WCS yaitu nilai SAIFI 3 kali gangguan/tahun dan SAIDI 150 menit/pelanggan/tahun.

4.3.1 Susut Daya Penyulang Tabanan Sebelum dan Setelah Rekonfigurasi

Berdasarkan hasil analisis didapat nilai susut daya Penyulang Tabanan sebelum dan setelah rekonfigurasi

Tabel 6. Susut Daya Penyulang Tabanan Sebelum dan Setelah Rekonfigurasi

Penyulang Tabanan Sebelum Rekonfigurasi	Susut Daya	
	kW	kVAR
	411,2	529,0
Penyulang Tabanan Setelah Rekonfigurasi	Susut Daya	
	kW	kVAR
	74,5	71,2

Berdasarkan hasil susut daya pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa penyulang Tabanan setelah direkonfigurasi mengalami

penurunan susut daya yang signifikan, dapat dilihat pada lampiran 3 dan lampiran 4.

4.4 Penyulang Sanggulan

Penyulang Sanggulan adalah penyulang baru hasil rekonfigurasi dari penyulang Tabanan.

4.4.1 Indeks Keandalan Penyulang Sanggulan

Dapat di lihat hasil nilai indeks keandalan penyulang Tabanan pada Tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7. Indeks Keandalan Penyulang Tabanan

Penyulang Sanggulan	SAIFI	4,5753 (gangguan/tahun)
	SAIDI	9,5297 (jam/tahun)
	CAIDI	2.083 (jam/gangguan)
	ASAI	0.9989 pu
	ASUI	0,00109 pu

Penyulang Sanggulan memiliki nilai SAIFI 4,5753 (gangguan/tahun) ini artinya dalam 12 bulan memiliki peluang terjadi gangguan 8 sampai 9 kali dan SAIDI 9,5297 (jam/tahun) yang artinya dalam satu tahun rata-rata dari lamanya kegagalan pada sistem 9,5297 jam.

4.4.2 Susut Daya Penyulang Sanggulan

Hasil analisis susut daya penyulang Sanggulan dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Susut Daya Penyulang Sanggulan

Penyulang Sanggulan	Susut Daya	
	kW	kVAR
	184,3	328,1

Berdasarkan hasil susut daya penyulang Sanggulan dapat di katakan handal di karenakan saat penyulang Tabanan sebelum direkonfigurasi memiliki susut daya 411,2 kW, bisa di lihat pada Tabel 6,

5. SIMPULAN

Berdasarkan simpulan hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Analisis keandalan penyulang Tabanan saat kondisi eksisting dengan target WCS yang dicanangkan PLN, maka untuk SAIFI 6,7456 (gangguan/tahun)

penyulang Tabanan belum tercapai, begitu juga dengan SAIDI 11,4767 (jam/tahun) juga belum tercapai.

2. Berdasarkan analisis yang dilakukan setelah rekonfigurasi jaringan, pada Penyulang Tabanan indeks keandalan dan ketersediaan semakin membaik dari sebelumnya karena sudah direkonfiurasi. Untuk penyulang Tabanan setelah rekonfigurasi nilai SAIFI 5,2475 (gangguan/tahun) dan SAIDI 9,8798 (jam/tahun) masih belum mencapai target WCS.
3. Hasil analisis susut daya penyulang Tabanan memiliki total susut daya sebesar 411,2 kW (6,27%) saat kondisi eksisting, setelah di rekonfigurasi, Penyulang Tabanan memiliki total susut daya 74,5 kW (2,82%). dan penyulang baru yaitu penyulang Sanggulan memiliki total susut daya 184,3 kW (4,80%). Dapat disimpulkan bahwa penyulang Tabanan setelah di rekonfigurasi mengalami penurunan susut daya yang signifikan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] "MPSD BALI 2016-2021.pdf."
- [2] Alexander Kusko and Marc T. Thompson, *Power Quality in Electrical Systems*, 1st Edition. 2007.
- [3] R.N. Allan and Billinton, *Reliability Evaluation of Power Systems*. 1996.
- [4] Turan Gonen, *Electric Power Distribution System Engineering, Second Edition*. 1986.
- [5] Miguel Nazario, Rukmi Sari Hartati, and I.W. Sukerayasa, "Analisis Keandalan Dan Susut Daya Pada Penyulang Vi Di Kota Dili Timor Leste," vol. Vol 1 No 1, no. Jurnal Ilmiah SPEKTRUM, 2014.