

# KETERSEDIAAN TENAGA LISTRIK SISTEM TRANSMISI 500 KV BALI PADA TAHUN 2030

Pasek Gede Guna Prabawa<sup>1</sup>, I Ketut Wijaya<sup>2</sup>, I Made Mataram<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email : [pasekmeke2@gmail.com](mailto:pasekmeke2@gmail.com)<sup>1</sup>, [wijaya@unud.ac.id](mailto:wijaya@unud.ac.id)<sup>2</sup>, [mataram@unud.ac.id](mailto:mataram@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## Abstrak

*Ketersediaan tenaga listrik sistem transmisi Bali perlu dianalisis untuk mengetahui Bali masih dapat memenuhi beban puncak dari Tahun 2015 sampai Tahun 2030. Keandalan sistem transmisi Bali dianalisis menggunakan alat bantu Electric Transient and Analysis Program (ETAP) power station untuk menentukan nilai System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) dan System Average Interruption Duration Index (SAIDI). Permalan beban puncak sistem transmisi Bali dilakukan mulai pada Tahun 2015 sampai dengan Tahun 2030. Ketersediaan tenaga listrik dianalisis menggunakan neraca daya dengan kondisi N-1 atau kondisi dimana pembangkitan terbesar keluar dari sistem. Analisis keandalan sistem transmisi Bali diperoleh, nilai SAIFI sebesar 1.4264 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 0.7124 jam/tahun. Analisis ketersediaan tenaga listrik sistem transmisi Bali Tahun 2030 diperoleh, Bali masih aman dengan suplai tenaga listrik sebesar 3959 MW dan cadangan sebesar 1727.7 MW.*

**Kata Kunci :** SAIFI, SAIDI, peramalan beban puncak, neraca daya.

## Abstract

*The availability of electric power transmission systems need to be analyzed to determine electric power system of Bali. The Supply is still able to meet the peak load from 2015 to 2030. Reliability Bali transmission system is analyzed using Electric Transient and Analysis Program (ETAP) power station to determine the value of the System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) and System Average Interruption Duration Index (SAIDI). Bali transmission system peak load forecasting conducted starting from 2015 until 2030. The availability of electricity is analyzed using the balance of power with the N-1 condition or conditions where the greatest generation out of the system. Bali transmission system reliability analysis is obtained, SAIFI and SAIDI 1.4264 times / year, 0.7124 hours / year respectively. Analysis of the availability of electric power transmission system obtained 2030 Bali, Bali is still safe with a power supply of 3959 MW and a reserve of 1727.7 MW.*

**Keywords :** SAIFI, SAIDI, peak loads forecasting, balance of power.

## 1. PENDAHULUAN

Pertahunnya menurut Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) Bali 2015-2024 menyebutkan kebutuhan energi listrik di Bali tercatat meningkat hingga 9.7%. Pemanfaatan tenaga listrik di Bali melonjak tajam pada tahun 2014, pemanfaatan tenaga listrik dianggap ekstrim yaitu 10% dari 712.5 MW yaitu 780.9 MW [1]. Tenaga listrik yang dihasilkan dari pembangkit yaitu 559 MW di tahun 2014 yang keseluruhannya menggunakan BBM ditambah dengan pasokan dari kabel laut Jawa-Bali sebesar 400 MW [2]. Analisis pada sistem transmisi dilakukan dengan beberapa cara seperti perhitungan keandalan, peramalan beban puncak dan dengan perhitungan menggunakan neraca daya.

Pada penelitian ini menganalisis ketersediaan tenaga listrik di lakukan untuk mengetahui ketersediaan tenaga listrik dari Tahun 2015 sampai dengan Tahun 2030 dengan data dari Tahun 2000.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Keandalan Transmisi

Keandalan transmisi adalah kemampuan komponen-komponen transmisi untuk menyalurkan tenaga listrik ke bagian distribusi dengan baik dalam periode waktu tertentu [3]. Sistem tenaga listrik terdiri dari pembangkitan, transmisi dan distribusi yang memiliki tingkat keandalan yang berbeda. Khusus untuk saluran transmisi, target yang harus dicapai dari parameter

keandalan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel. 1 [4].

Tabel. 1 Target Parameter Keandalan Sistem Transmisi

Indeks	Target
SAIFI	1.5
SAIDI	1.0 – 1.5 jam
CAIDI	1.0 – 1.5 jam
ASAI	0.99983

Indeks keandalan yang umum digunakan dalam menentukan nilai keandalan suatu sistem transmisi adalah SAIFI dan SAIDI [5].

1. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

$$SAIFI = \frac{\text{total number of costumer interruptions}}{\text{total number of costumers served}}$$

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

di mana,  $\lambda_i$ = tingkat kegagalan (failure rate) dan  $N_i$ = jumlah pelanggan pada titik beban  $i$  (load point  $i$ )

2. System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

$$SAIDI = \frac{\text{sum of costumer interruption duration}}{\text{total number of costumers}}$$

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

di mana,  $U_i$ = durasi terputusnya pasokan listrik rata-rata sejumlah pelanggan dan  $N_i$ = jumlah pelanggan pada titik beban  $i$  (load point  $i$ )

Sedangkan indeks yang jarang digunakan dalam menentukan keandalan adalah CAIDI dapat didefinisikan sebagai nilai dari jumlah total durasi gangguan pelanggan dibagi jumlah total dari pelanggan yang terganggu dan ASAI dapat didefinisikan sebagai indeks rata-rata sistem yang mampu mensuplai dalam rentang waktu satu tahun.

2.2 Peramalan

Peramalan dapat didefinisikan sebagai proses untuk memperkirakan kebutuhan di masa yang akan datang. Peramalan permintaan merupakan tingkat permintaan kebutuhan yang diharapkan akan terealisasi untuk jangka waktu tertentu di masa depan [6].

1. Ketersediaan Tenaga Listrik

Tenaga listrik dapat dikatakan tersedia atau aman jika suplainya tidak terputus sampai ke konsumen

walaupun dalam kondisi pemadaman salah satu pembangkitnya [7].

2. Regresi Non Linier

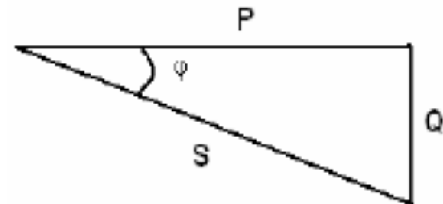
Metode kuadrat terkecil adalah metode dengan persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan persamaan regresi dengan meminimalisir jarak kuadrat vertikal antara nilai peramalan "x" dan nilai aktual "Y" [8]. Persamaan sederhana untuk menentukan regresi non linier :

$$Y = a + bx + cx^2 \dots \dots \dots (3)$$

di mana,  $Y$  = variabel dependen (variabel yang akan diramalkan),  $x$  = Variabel independen (unit waktu),  $a$  = Konstanta (nilai  $Y$  apabila  $x = 0$ ) dan  $b$  dan  $c$  = Koefisien regresi (variabel per  $x$ ) yaitu menunjukkan besarnya perubahan nilai  $Y$  dan setiap perubahan satu unit  $x$ )

3. Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan sebuah prinsip trigonometri dimana sebuah segitiga yang menggambarkan hubungan matematika antara jenis daya yang berbeda (Apparent Power, Active Power dan Reactive Power) [9]. Gambar. 1 faktor daya pada segitiga daya dapat dilihat berikut ini.



Gambar. 1 Diagram faktor daya

Dari Gambar. 1 tersebut berlaku hubungan :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots \dots \dots (4)$$

$$P = \frac{S}{\cos \rho} \dots \dots \dots (5)$$

$$Q = \frac{S}{\sin \rho} \dots \dots \dots (6)$$

di mana,  $S$  = daya nyata,  $P$  = daya aktif,  $Q$  = daya reaktif

4. Neraca Daya

Neraca daya didefinisikan sebagai gambaran kapasitas pembangkitan sistem (dalam satuan MW) yang terdiri dari daya mampu netto, daya mampu aktual, variasi tahun, pemeliharaan dan gangguan pembangkit, beban sistem serta cadangan operasi sistem [10]. Ketersediaan tenaga listrik dalam

transmisi ditentukan dengan menggunakan neraca daya.

**3. METODOLOGI PENELITIAN**

Metode kepustakaan digunakan dalam analisis penelitian dengan menganalisis teori yang ada dari buku, makalah dan jurnal. Alur analisis pada penelitian ini dijabarkan sebagai berikut.

1. Pengumpulan data tingkat kehandalan sistem transmisi Bali, data spesifikasi transmisi di bali, data daya mampu sistem pembangkitan kelistrikan Bali kondisi existing, data historis beban puncak sistem kelistrikan Bali Tahun 2000 hingga Tahun 2014 dan data pengembangan pembangkit sistem kelistrikan Bali sesuai RUPTL 2015-2024.
2. Penentuan nilai kegagalan dan lama kegagalan sistem transmisi Bali, sesuai data statistik PT. PLN (Persero) 2015.
3. Penggambaran *single line diagram* sistem transmisi Bali menggunakan ETAP serta input spesifikasinya.
4. *Running* program ETAP *Power Station*
5. Perhitungan dan analisis kehandalan sistem transmisi Bali saat ini.
6. Menganalisis beban puncak sistem kelistrikan Bali Tahun 2000-2014, untuk memperoleh formula peramalan beban sistem kelistrikan Bali Tahun 2015-2030 menggunakan metode *time series*.
7. Penentuan analisis neraca daya sistem kelistrikan Bali Tahun 2015-2030 sesuai rencana pengembangan pembangkit sistem kelistrikan Bali.
8. Penentuan analisis ketersediaan tenaga listrik sistem transmisi 500 kV Bali pada Tahun 2030.

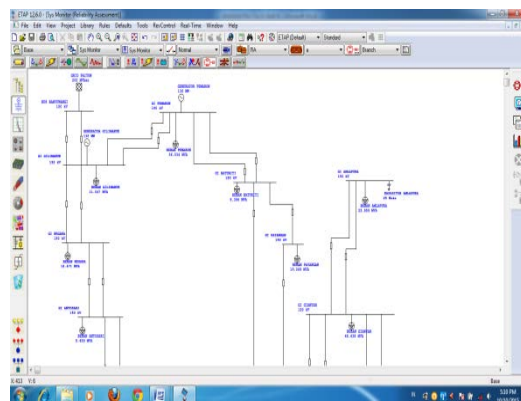
**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Keandalan Tenaga Listrik Sistem Transmisi Bali Saat Ini**

Tingkat keandalan sistem kelistrikan di Bali ditentukan dengan menganalisis nilai dari SAIFI dan SAIDI yang dilakukan dengan menggunakan program ETAP *power station*. Prosesnya dimulai dengan menggambar rangkaian transmisi Bali beserta spesifikasinya yang dijelaskan pada Gambar. 2 dan Tabel. 2.

**Tabel. 2 Spesifikasi Teknis Saluran Transmisi 150 kV Bali**

No.	Penghantar	Data Penghantar			
		Jenis	Luas		KHA
			Penampang (mm <sup>2</sup> )	Panjang Penghantar (km)	
1	Banyuwangi-Gilimanik 1	ACSR	300	13,99	600
2	Banyuwangi-Gilimanik 2	ACSR	300	13,99	600
3	Gilimanik-Negara-1	ACSR	240	43,69	720
4	Gilimanik-Negara-2	ACSR	240	43,69	720
5	Gilimanik-Pemaron	ACSR	2 x 240	75,9	960
6	Negara-Antosari 1	ACSR	240	44,23	645
7	Negara-Antosari 2	ACSR	240	44,23	645
8	Kapal-Antosari 1	ACSR	240	23	645
9	Kapal-Antosari 2	ACSR	240	23	645
10	Kapal-Payangan	TACSR	160	21,475	750
11	Kapal-Batuh	TACSR	160	38,15	750
12	Kapal-Gianyar-1	ACSR	240	19,22	645
13	Kapal-Gianyar-2	ACSR	240	19,22	645
14	Kapal-Padang Sambian	ACSR	240	9,97	645
15	Batuh-Pemaron 1	ACSR	135	20,43	750
16	Batuh-Pemaron 2	ACSR	135	20,43	750
17	Batuh-Payangan	TACSR	160	27,138	750
18	Gianyar-Amilapura 1	ACSR	240	33,76	645
19	Gianyar-Amilapura 2	ACSR	240	33,76	645
20	Gianyar-Sanur 1	ACSR	240	16,26	645
21	Gianyar-Sanur 2	ACSR	240	16,5	645
22	Sanur-Pesanggaran 1	ACSR	135	7,34	400
23	Sanur-Pesanggaran 2	ACSR	240	7,3	645
24	Nusa Dua-Pesanggaran	ACSR	135	13,4	400
25	Pesanggaran-Padang Sambian	ACSR	240	7,76	645
26	Kapal - Pemecutan Kelod	ACSR	135	11,2	400
27	Pemecutan Kelod - Ns Dua	ACSR	135	19,9	400
28	Kapal-PLTU Cehikan Barawang	2XTACSR	410	140	675
29	Kapal-PadangSambian	TACSR	240	9,1	675
30	Kapal-Pesanggaran	TACSR	240	17,7	675
31	Nusa Dua-Pesanggaran	TACSR	240	10	675
		CU	300	10	600
32	Banyuwangi-Gilimanik 3,4	CU	300	13,99	600
33	Gilimanik Cehikan Barawang	ACSR	210	100	615
34	Cehikan Barawang-Pemaron	ACSR	240	6	645
35	New Kapal-Kapal 1,2	ACSR	240	23	645
36	New Kapal-Kapal 3,4	ACSR	240	23	645
37	New Kapal-Cehikan Barawang	ACSR	240	35	645



**Gambar. 2 Single Line Diagram Transmisi Bali Pada ETAP PowerStation**

Ketika program dijalankan maka pada tampilan program akan terlihat nilai SAIFI dan SAIDI. Hasil analisis menggunakan program ETAP memperoleh hasil untuk keandalan sistem transmisi Bali seperti terlihat pada Tabel. 3.

Tabel. 3 Data Hasil Program ETAP Pada Keandalan Sistem Kelistrikan Bali

Keandalan	
Indeks	Hasil
SAIFI (f/customer.yr)	1.4264
SAIDI(hr/customer.yr)	0.7124

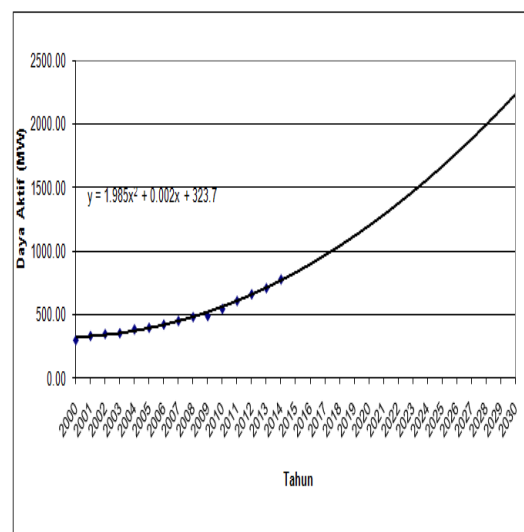
#### 4.2 Ketersediaan Tenaga Listrik Sistem Transmisi 500 KV Bali pada Tahun 2015-2030

Analisis ketersediaan tenaga listrik sistem transmisi 500 kv Bali diperlukan peramalan beban puncak. Peramalan beban puncak ini menggunakan data *historis* berupa data pertumbuhan beban puncak dari Tahun 2000 sampai dengan Tahun 2014 seperti yang terlihat pada Tabel. 4.

Tabel. 4 Beban Puncak Sistem Kelistrikan Bali Tahun 2000 – 2014

No	Tahun	Beban Puncak (MW)	Beban Puncak (MVAR)	Beban Puncak (MVA)
1	2000	304.0	136.80	333.36
2	2001	337.0	151.65	369.55
3	2002	352.0	158.40	386.00
4	2003	358.5	161.33	393.13
5	2004	387.7	174.47	425.15
6	2005	400.8	180.36	439.51
7	2006	426.2	191.79	467.36
8	2007	454.6	204.57	498.51
9	2008	485.8	218.61	532.72
10	2009	493.2	232.60	545.30
11	2010	548.5	254.50	604.67
12	2011	591.6	259.00	645.81
13	2012	664.4	298.98	728.57
14	2013	712.5	320.63	781.32
15	2014	780.9	351.41	856.32

Berdasarkan data pada Tabel 4 kemudian dilakukan suatu pemodelan menggunakan metode kuadrat terkecil (*Least Square Method*) menggunakan bantuan fasilitas program *excel*. Pemodelan tersebut di perlukan untuk memperoleh formula peramalan yang di gunakan untuk menghitung beban puncak untuk Tahun 2015 sampai dengan Tahun 2030 dalam bentuk MW. Hasil pemodelan menggunakan bantuan program *Excel* di tampilkan berupa gambar grafik dengan formula perhitungan beban puncak untuk tahun kedepan dan keterangan batas peramalan sesuai pada Gambar. 3.



Gambar. 3 Prediksi Beban Puncak Sistem Kelistrikan Bali Tahun 2000-2014

Formula perhitungan untuk menentukan beban puncak Tahun 2015 sampai dengan Tahun 2030 di tentukan dengan menggunakan Persamaan(3) sehingga didapatkan formula  $Y = 1.985x^2 + 0.002x + 323.7$ . Persamaan tersebut diketahui  $x$  adalah tahun peramalan yang di lakukan dengan perumpamaan jika  $x$  untuk tahun 2000 adalah 1 maka  $x$  untuk tahun 2015 adalah 16 begitupun untuk tahun berikutnya, sehingga formula  $Y$  tersebut dapat di hitung seperti berikut ini.

Diketahui :

$$x = 16$$

Ditanya :

$$Y = \dots ?$$

Jawab:

$$Y = 1.985x^2 + 0.002x + 323.7$$

$$Y = 1.985(16^2) + 0.002(16) + 323.7$$

$$Y = 831,89 \text{ MW}$$

Dengan perhitungan yang sama maka di dapatkan hasil seperti pada Tabel. 5.

Tabel. 5 Hasil Peramalan Beban Sistem Kelistrikan Bali Tahun 2015 - 2030

No	Tahun	Peramalan Beban Puncak			
		% Pertumbuhan	MW	MVAR	MVA
1	2015		831.89	374.35	912.24
2	2016	7.87%	897.4	403.83	984.07
3	2017	7.74%	966.88	435.09	1060.26
4	2018	7.60%	1040.32	468.15	1140.8
5	2019	7.44%	1117.74	502.98	1225.7
6	2020	7.28%	1199.13	539.61	1314.95
7	2021	7.12%	1284.48	578.02	1408.55
8	2022	6.95%	1373.81	618.21	1506.5
9	2023	6.79%	1467.11	660.2	1608.81
10	2024	6.63%	1564.38	703.97	1715.47
11	2025	6.47%	1665.61	749.53	1826.49
12	2026	6.32%	1770.82	796.87	1941.85
13	2027	6.17%	1880	846	2061.58
14	2028	6.02%	1993.14	896.91	2185.65
15	2029	5.88%	2110.26	949.62	2314.08
16	2030	5.74%	2231.35	1004.11	2446.86
Rata-rata pertumbuhan		6.80%			

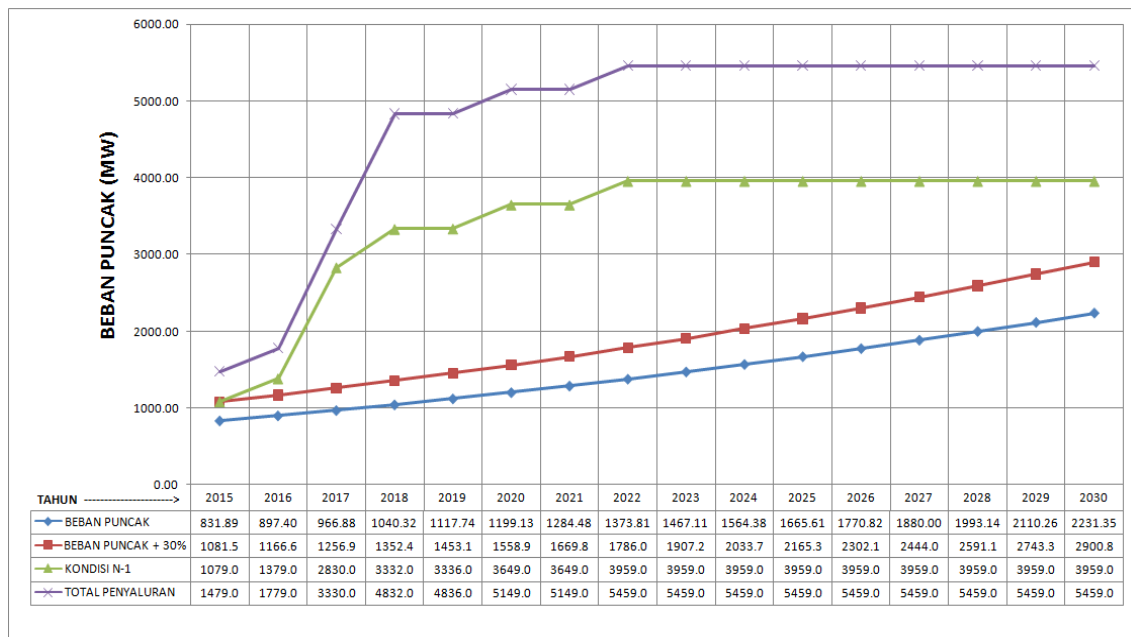
#### 4.2.1 Neraca daya

Neraca daya sistem kelistrikan Bali yang mengacu pada RUPTL 2015-2024 dimana disesuaikan dengan pengembangan sistem kelistrikan Bali pada tahun 2015-2030. Pengembangan tersebut berupa penambahan pasokan interkoneksi Jawa-Bali melalui ja-

ringan SUTET 500 kV sebesar 1500 MW. Sistem kelistrikan Bali juga mendapat tambahan pasokan dengan dibangun PLTU Celukan Bawang skenario 1 dengan kapasitas 1x380 MW dan skenario 2 dengan kapasitas 2x300 MW, PLTMG Peaker Pangsang dengan kapasitas 200 MW, PLTGU/MG Peaker Jawa Perak dengan kapasitas 500 MW, PLTGU /MG Peaker Jawa -Bali 3 Banten dengan kapasitas 500 MW, PLTGU/MG Peaker Jawa-Bali 4 Jawa Barat skenario 1 dengan kapasitas 300 MW dan skenario 2 dengan kapasitas 150 MW, PLTM Muara dengan kapasitas 1 MW, PLTM Telagawaja dengan kapasitas 4 MW, PLTM Sambangan dengan kapasitas 2 MW, PLTGU/MG Peaker Jawa-Bali 1 Sunyaragi dengan kapasitas 400 MW, PLTM Ayung dengan kapasitas 2 MW, PLTM Tukad Daya dengan kapasitas 8 MW, PLTM Sunduwati dengan kapasitas 2 MW, PLTM Telagawaja Ayu dengan kapasitas 1 MW dan PLTP Bedugul dengan kapasitas 10 MW. Neraca daya sistem kelistrikan Bali Tahun 2015-2030 dapat dilihat pada Tabel. 6. Dari Tabel. 6 tersebut dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar. 4.

Tabel. 6 Neraca Daya Sistem Kelistrikan Bali Sampai pada Tahun 2030

Deskripsi	Satuan	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Beban Puncak	MW	831.89	897.40	966.88	1040.32	1117.74	1199.13	1284.48	1373.81	1467.11	1564.38	1665.61	1770.82	1880.00	1993.14	2110.26	2231.35
Prosentase Pertumbuhan Beban Puncak	%		7.87%	7.74%	7.60%	7.44%	7.28%	7.12%	6.95%	6.79%	6.63%	6.47%	6.32%	6.17%	6.02%	5.88%	5.74%
Beban Puncak + cadangan 30%	MW	1081.5	1166.6	1256.9	1352.4	1453.1	1558.9	1669.8	1786.0	1907.2	2033.7	2165.3	2302.1	2444.0	2591.1	2743.3	2900.8
Unit Pembangkit Pesanggaran	MW	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204
Unit Pembangkit Pamaron	MW	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165
Unit pembangkit Gilimanuk	MW	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
Trasfer Kabel Laut	MW	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Kapasitas Penyaluran Kondisi Eksisting	MW	899.0	899.0	899.0	899.0	899.0	899.0	899.0	899.0	899.0	899.0	899.0	899.0	899.0	899.0	899.0	899.0
EHV Transmission Stage 1	MW	0.0	0.0	0.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
EHV Transmission Stage 2	MW	0.0	0.0	0.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0
Celukan Bawang CFPP 1	MW	380.0	380.0	380.0	380.0	380.0	380.0	380.0	380.0	380.0	380.0	380.0	380.0	380.0	380.0	380.0	380.0
Celukan Bawang CFPP 2	MW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
Celukan Bawang CFPP 3	MW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
PLTMG Peaker Pesanggaran	MW	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
PLTGU/IMG Peaker Jawa-Bali 1 Sunyaragi	MW	0.0	0.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0
PLTGU/IMG Peaker Jawa-Bali 2 Perak	MW	0.0	0.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
PLTGU/IMG Peaker Jawa-Bali 3 Banten	MW	0.0	0.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
PLTGU/IMG Peaker Jawa-Bali 4 Jawa Barat	MW	0.0	300.0	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0
PLTM Muara	MW	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
PLTM Sambangan	MW	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
PLTM Telagawaja	MW	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
PLTM Ayung	MW	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
PLTM Tukad Daya	MW	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
PLTM Sunduwati	MW	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
PLTM Telagawaja Ayu	MW	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
PLTP Bedugul	MW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Total Kapasitas Penyaluran Tambahan	MW	580.0	880.0	2431.0	3933.0	3937.0	4250.0	4250.0	4560.0	4560.0	4560.0	4560.0	4560.0	4560.0	4560.0	4560.0	4560.0
Total Kapasitas Penyaluran	MW	1479.0	1779.0	3330.0	4832.0	4836.0	5149.0	5149.0	5459.0	5459.0	5459.0	5459.0	5459.0	5459.0	5459.0	5459.0	5459.0
Cadangan daya Saat Operasi Normal	MW	647.1	881.6	2363.1	3791.7	3718.3	3949.3	3864.5	4085.2	3991.9	3894.6	3793.4	3688.2	3579.0	3465.9	3348.7	3227.7
Kapasitas Unit Pembangkitan Terbesar	MW	400.0	400.0	500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0
Kapasitas Penyaluran Kondisi (N-1)	MW	1079.0	1379.0	2830.0	3332.0	3336.0	3649.0	3649.0	3959.0	3959.0	3959.0	3959.0	3959.0	3959.0	3959.0	3959.0	3959.0
Cadangan Daya Kondisi (N-1)	MW	247.1	481.6	1863.1	2291.7	2218.3	2449.9	2364.5	2585.2	2491.9	2394.6	2293.4	2188.2	2079.0	1965.9	1848.7	1727.7
Prosentase Cadangan Daya Kondisi (N-1)	%	23%	35%	66%	69%	66%	67%	65%	65%	63%	60%	58%	55%	53%	50%	47%	44%



Gambar. 4 Grafik Neraca Daya Sistem Kelistrikan Bali Sampai pada Tahun 2030

#### 4.2.2 Hasil ketersediaan tenaga listrik

Ketersediaan sistem kelistrikan Bali sampai Tahun 2030 dapat dilihat pada Tabel. 6. Berdasarkan tabel tersebut maka didapatkan hasil ketersediaan tenaga listrik

sistem transmisi Bali pada Tahun 2030 seperti terlihat pada Tabel. 7.

Tabel. 7 Ketersediaan Suplai Sistem Kelistrikan Bali

Tahun	Beban Puncak (MW)	Kapasitas Suplai (MW)	Kapasitas Unit Terbesar (MW)	Kondisi N-1 (MW)	Cadangan Daya (MW)	Prosentase Cadangan Daya (%)	Keterangan
	(1)	(2)	(3)	(4)=(2)-(3)	(5)=(4)-(1)	(6)=(5)/(4) *100%	(7)=30%<(6)
2015	831.89	1479.0	400.0	1079.0	247.1	23%	Aman
2016	897.40	1779.0	400.0	1379.0	481.6	35%	Aman
2017	966.88	3330.0	500.0	2830.0	1863.1	66%	Aman
2018	1040.32	4832.0	1500.0	3332.0	2291.7	69%	Aman
2019	1117.74	4836.0	1500.0	3336.0	2218.3	66%	Aman
2020	1199.13	5149.0	1500.0	3649.0	2449.9	67%	Aman
2021	1284.48	5149.0	1500.0	3649.0	2364.5	65%	Aman
2022	1373.81	5459.0	1500.0	3959.0	2585.2	65%	Aman
2023	1467.11	5459.0	1500.0	3959.0	2491.9	63%	Aman
2024	1564.38	5459.0	1500.0	3959.0	2394.6	60%	Aman
2025	1665.61	5459.0	1500.0	3959.0	2293.4	58%	Aman
2026	1770.82	5459.0	1500.0	3959.0	2188.2	55%	Aman
2027	1880.00	5459.0	1500.0	3959.0	2079.0	53%	Aman
2028	1993.14	5459.0	1500.0	3959.0	1965.9	50%	Aman
2029	2110.26	5459.0	1500.0	3959.0	1848.7	47%	Aman
2030	2231.35	5459.0	1500.0	3959.0	1727.7	44%	Aman

Berdasarkan Tabel. 7 maka dapat diketahui bahwa sistem kelistrikan Bali dari Tahun 2015 sampai Tahun 2030 dapat dikatakan aman untuk memenuhi beban puncak yang terus meningkat setiap tahun.

## 5. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Analisis keandalan sistem transmisi Bali diperoleh dari perhitungan menggunakan ETAP *Power Station* diperoleh pertama, analisis SAIFI menunjukkan sistem transmisi Bali mengalami pemadaman atau kegagalan sebanyak 1.4264 kali/tahun atau dapat dikatakan 1,5 kali/tahun, kedua, perolehan untuk SAIDI pada sistem transmisi Bali mengalami lama pemadaman selama satu tahun adalah 0.7124 jam/tahun atau kira-kira 42 menit 45 detik setiap mengalami pemadaman dalam satu tahun.

Ketiga, ketersediaan tenaga listrik Bali pada tahun 2030 memenuhi kriteria N-1 dan dapat di kategorikan aman dengan cadangan tenaga listrik sebesar 1727. 7 MW.

### 5.2 Saran

Penelitian ini menganalisis ketersediaan suplai sistem transmisi Bali dengan kondisi N-1 dengan meramalkan beban puncak, tetapi bukan hanya dengan satu metode tersebut dapat di katakan sistem transmisi Bali aman, maka untuk kedepannya perlu dikembangkan lagi metode-metode seperti penggunaan metode ANN dan perhitungan secara langsung untuk memprediksi suplai tenaga listrik, beban puncak dan keandalan sistem transmisi sehingga hasil perhitungan lebih riil.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tim Penyusun, "RUPTL 2015-2024: PT. PLN (Persero) Wilayah Bali", PT. PLN (Persero) Wilayah Bali, 2015.
- [2] Redika, 2014. **Konsumsi Listrik di Bali Melonjak Tajam**. Bali Post Kamis Umanis, 13 Nopember 2014. Sumber Humas Perusahaan Umum Listrik Negara Distribusi Bali.
- [3] Nadarajah, M., Oo, T., Phu, L.V. 2004. **Distribution Generator Placement in Power Distribution System using Genetic Algorithm to Reduce Losses**. Thammasat International Journal of Science and Technology.
- [4] Dugan, R.C. 2004. **Electrical Power Systems Quality, Second Edition**. Digital Engineering Library USA: McGraw-Hill.
- [5] Billinton, R., Billinton, J. E. 1989, **Distribution System Reliability Indices**. IEEE Trans. Power Delivery, vol. 4
- [6] Hanke, John E. 1992. **Business Forecasting**. Edisi ke-8. New Jersey: Pearson Education International.
- [7] Liang, S. Fan, M. dan Yang, F. 2010. **Research on Security standards of Power Supply in China and UK**. International Conference on Power System Technology.
- [8] Wahyono, Teguh. 2010. **Analisis Regresi dengan MS Excel dan SPSS 17**. Jakarta: PT Alex Media Komputindo.
- [9] Kadir, A., **Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik**, Jakarta : UI – Press, 2000
- [10] PLN, 2011. **Penggunaan Listrik Yang Salah Menjadi Penyebab Kebakaran**. PT PLN (Persero). Distribusi Jakarta Raya dan Tangerang. Diakses Tanggal 17 Juni 2015.