

STUDI KEAMANAN SUPLAI ENERGI LISTRIK BALI SAMPAI DENGAN TAHUN 2025

I. G. G. B. Prabu Wisesa¹, W. G. Ariastana², I.W Sukerayasa³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email : Prabhuwisesa@gmail.com¹, w_ariastina@yahoo.com², sukerayasa@unud.ac.id³

Abstrak

Sistem kelistrikan Bali mempunyai daya mampu untuk menyuplai energi sebesar 1068 MW, daya mampu tersebut didapatkan dari suplai energi listrik dari pembangkit Gilimanuk, pembangkit Pesanggaran, pembangkit Pemaron dan kabel laut. Kriteria N-1 merupakan kondisi dimana salah satu penyedia tenaga listrik dengan unit pembangkitan terbesar keluar dari sistem atau tidak beroperasi baik akibat kerusakan atau perawatan (bisa pembangkit atau saluran transmisi). Berdasarkan pertumbuhan beban puncak sistem kelistrikan Bali, tahun 2020 sistem kelistrikan Bali mendapat suplai energi dari Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) sebesar 1500 MW, diprediksi daya mampu sistem Bali menjadi 2.818 MW kondisi ini membuat sistem kelistrikan Bali dikatakan aman untuk menyuplai energi listrik. Tahun 2025 beban puncak sistem kelistrikan Bali sebesar 2.261 MW, apabila terjadi kriteria N-1 dalam hal ini adalah Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) keluar dari sistem maka dipastikan bahwa Bali akan kekurangan suplai energi listrik.

Kata kunci : Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET)

1. PENDAHULUAN

Bali adalah salah satu destinasi tujuan wisatawan mancanegara maupun domestik. Untuk menunjang kepariwisataan Pulau Bali dan memenuhi kebutuhan listrik masyarakat Bali, penyaluran tenaga listrik menjadi perhatian utama. Berdasarkan Rancangan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) Bali tahun 2011 - 2020 diketahui bahwa kebutuhan energi listrik di Bali naik secara signifikan dari tahun ke tahun [1]. Dengan pertumbuhan beban yang cukup signifikan, harus diimbangi dengan peningkatan kapasitas suplai daya listrik. Hingga bulan November 2014, tercatat beban puncak sistem Bali telah mencapai 780 MW. Dengan beban puncak yang mencapai 780 MW sedangkan total suplai daya yang tersedia 1068 MW, dengan demikian cadangan daya sistem Bali sebesar 448 MW [2]. Dengan cadangan hanya sebesar 448 MW sistem kelistrikan Bali sangat riskan akan terjadinya pemadaman.

Berbagai solusi tengah dilakukan untuk menjamin penyaluran energi listrik di Pulau Bali. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan penambahan kabel laut interkoneksi Jawa-Bali sirkuit 3 dan 4 dengan kapasitas masing - masing 100 MW. Selain kabel bawah laut saat

ini sedang direncanakan untuk menambah pasokan energi listrik Bali berupa peningkatan pasokan dari Jawa, dengan sistem interkoneksi Jawa-Bali Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV [3]. SUTET 500 kV interkoneksi Jawa-Bali akan melintasi Selat Bali dan dioperasikan pada sistem kelistrikan Bali untuk memenuhi kebutuhan energi listrik Bali. Sistem kelistrikan Bali juga mendapat tambahan pasokan dari PLTU Celukan Bawang dengan tahap awal tahun 2015 dengan kapasitas 130 MW, kemudian tahap dua tahun 2017 kembali mendapat pasokan sebesar 125 MW dan tahap terakhir tahun 2019 mendapat tambahan suplai sebesar 125 MW, sehingga total pembangkitan celukanbawang hingga tahun 2025 sebesar 380 MW [4].

Kriteria N-1 merupakan kondisi dimana salah satu penyedia tenaga listrik dengan unit penyuplai energi listrik terbesar keluar dari sistem atau tidak beroperasi baik akibat kerusakan atau perawatan, sehingga sisa pasokan yang tersedia harus dapat memenuhi kebutuhan beban pada suatu sistem kelistrikan di daerah tersebut [5]. Melihat kondisi tersebut, maka pada penelitian ini dengan mengacu pada analisis prediksi pola beban puncak, neraca

daya dan indeks kriteria N-1, sehingga diketahui energi yang tidak tersuplai apabila cadangan daya minimum dalam keadaan kriteria N-1 mengakibatkan sisa pasokan listrik tidak dapat menyuplai beban yang dibutuhkan pada sistem kelistrikan Bali. Untuk mengetahui pola beban sistem kelistrikan Bali hingga tahun 2025 dan keamanan suplai energi listrik Bali sampai dengan tahun 2025 jika salah satu penyuplai energi listrik terbesar keluar dari sistem atau tidak beroperasi baik akibat kerusakan atau perawatan sehingga dapat diketahui bagaimana kondisi penyaluran pasokan listrik untuk memenuhi kebutuhan beban pada sistem kelistrikan Bali sesuai sisa pasokan yang tersedia.

2. KAJIAN PUSTAKA

Kebutuhan beban dari suatu daerah tergantung dari daerah, penduduk, standar kehidupan, rencana pengembangan sekarang dan masa yang akan datang, harga daya, dan sebagainya. Pada umumnya dapat dibagi dalam katagori sebagai berikut [6] :

1. Perumahan (Domestik) yang terdiri dari penerangan , kipas angin , alat-alat rumah tangga misalnya lemari es, alat pendingin ruangan (AC), setrika listrik, kompor listrik, dan lain lain.
2. Komersial, terutama terdiri atas penerangan untuk toko-toko, reklame, alat-alat listrik lainnya yang dipakai pada bangunan pedagang seperti toko-toko, restoran, pasar-pasar, dan sebagainya.
3. Industri, terdiri dari industri rumah tangga. Industri kecil, industri menengah, industri besar dan industri berat.
4. Kota (publik), beban ini adalah untuk penerangan jalan yang selalu tetap menyala sepanjang malam. Beban lainnya seperti lampu taman, terutama pada waktu malam, lampu lalu lintas, air mancur untuk taman kota, dan sebagainya.

Untuk memperkirakan kebutuhan beban listrik terdapat bermacam-macam metode yang dapat digunakan. Ada empat metode yang sering digunakan oleh perusahaan-perusahaan listrik yaitu [7] :

1. Metode analitik, yaitu model yang dibangun berdasarkan data dan analisa penggunaan akhir tenaga listrik pada setiap sektor pemakai.

2. Metode ekonometri, yaitu model yang dibangun berdasarkan kaidah ekonomi dan statistik.
3. Metode kotak hitam (*Black Box*) atau yang biasa disebut juga metode kecenderungan, yaitu model yang dibangun berdasarkan hubungan data masa lalu tanpa memperhatikan faktor-faktor penyebab (pengaruh ekonomi, iklim, teknologi dan sebagainya), model ini biasanya digunakan orang untuk peramalan jangka pendek.
4. Penggabungan beberapa metode, yaitu suatu model yang menggabungkan dua atau lebih metode peramalan. Disini digunakan penggabungan metode analitik dan ekonometri.

2.1 Prakiraan Jumlah Pelanggan Listrik Per Sektor

2.1.1 Sektor Rumah Tangga

Pertumbuhan jumlah pelanggan rumah tangga diasumsikan dipengaruhi oleh tingkat pertumbuhan ekonomi (PDRB) yang ditunjukkan dengan faktor pelanggan atau rasio pertumbuhan pelanggan rumah tangga terhadap pertumbuhan PDRB. Prakiraan jumlah pelanggan rumah tangga ditentukan dengan persamaan (1), [7] :

$$Pel.R_t = Pel.R_{t-1} * \left[1 + \left(\epsilon p_R * \frac{G_{PDRBR}}{100} \right) \right] \dots (1)$$

Dimana :

$Pel.R_t$ = Jumlah pelanggan rumah tangga total pada tahun t

$Pel.R_{t-1}$ = Jumlah pelanggan rumah tangga total pada tahun t-1

ϵp_R = Faktor pelanggan rumah tangga tahun

G_{PDRBR} = Pertumbuhan PDRB sektor rumah tangga (%)

Untuk pertumbuhan sektor komersil, sektor publik dan industri persamaan sama dengan sektor rumah tangga yang membedakan hanya dari golongan pelanggan.

2.2. Prakiraan Konsumsi Energi Per sektor

2.2.1 Sektor Rumah Tangga

Perubahan konsumsi energi listrik diasumsikan dipengaruhi oleh perubahan tingkat pendapatan domestik regional bruto (PDRB) dan ditambah dengan konsumsi energi penambahan pelanggan rumah tangga. Elastisitas energi terhadap PDRB (rasio pertumbuhan energi terhadap pertumbuhan PDRB). Prakiraan Konsumsi Energi ditentukan dengan persamaan (2), [7] :

$$ER_t = \{ER_{t-1} * [1 + (\epsilon e_R * G_{PDRBR}/100)] + (\Delta Pel.R_t * UKR)\} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- ER_t = Konsumsi energi rumah tangga total pada tahun t
- ER_{t-1} = Konsumsi energi rumah tangga pada tahun t-1
- $\Delta Pel.R_t$ = Penambahan pelanggan rumah tangga pada tahun t
- UKR = Rata-rata konsumsi per pelanggan rumah tangga
- ϵe_R = Elastisitas energi sektor rumah tangga
- G_{PDRBR} = Pertumbuhan PDRB sektor rumah tangga (%)

Untuk Konsumsi energi listrik sektor komersial, sektor publik dan sektor industri persamaan sama dengan sektor rumah tangga yang membedakan dari persamaan tersebut hanya dari jumlah konsumsi per sektor masing - masing.

2.3 Energi Produksi dan Beban Puncak

Untuk menghitung energi produksi dan beban puncak digunakan persamaan(3),(4) [7] :

$$E_{Pt} = \frac{ETt}{1-LTt} \dots \dots \dots (3)$$

$$B_{Pt} = \frac{E_{Pt}}{8760 * L_{Ft}} * 100 \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

- E_{Pt} = Energi produksi pada tahun t
- ETt = Energi terjual PLN total pada tahun t
- LTt = Rugi-rugi transmisi dan distribusi pada tahun t
- B_{Pt} = Beban puncak tahun t
- L_{Ft} = Faktor beban pada tahun t (%)

3.METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Riset Manajemen Energi Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Udayana. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan September 2014. Sumber data dalam pembahasan ini berupa data sekunder yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) UBS P3B Sub Region Bali dan PT PLN (Persero) Area Pengatur Beban (APB) Bali, serta Badan Pusat Statistik Bali dan studi literatur. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah berdasarkan metode penelaahan kepustakaan. Langkah penelitian dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan dan analisis data PDRB Per Sektor dan Data Konsumsi Energi Per Sektor tahun 2003 hingga 2014
2. Melakukan prediksi Konsumsi energi per tahun, beban puncak sistim kelistrikan Bali dan pola beban harian tahun 2015 hingga tahun 2025
3. Membuat Neraca Daya Sistem Kelistrikan Bali tahun 2015 hingga 2025

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Per Sektor

4.1.1 Perhitungan Prakiraan jumlah Pelanggan Per Sektor

Perhitungan prakiraan jumlah pelanggan Provinsi Bali dari sektor rumah tangga, sektor komersial, sektor publik dan sektor industri maka dapat diketahui prakiraan kebutuhan energi listrik total Provinsi Bali sampai tahun 2025. Perhitungan pelanggan Sektor Rumah Tangga dihitung menggunakan persamaan (1) :

$$Pel.R_t = Pel.R_{t-1} * [1 + (\epsilon p_R * g/100)]$$

$$Pel.R_{2015} = Pel.R_{2014} * [1 + (0.67 * 12.67/100)] = 1.056.269 * (1 + 0,08488)$$

$$Pel.R_{2015} = 1.056.269 * (1,08488)$$

$$Pel.R_{2015} = 1.112.289 \text{ Pelanggan}$$

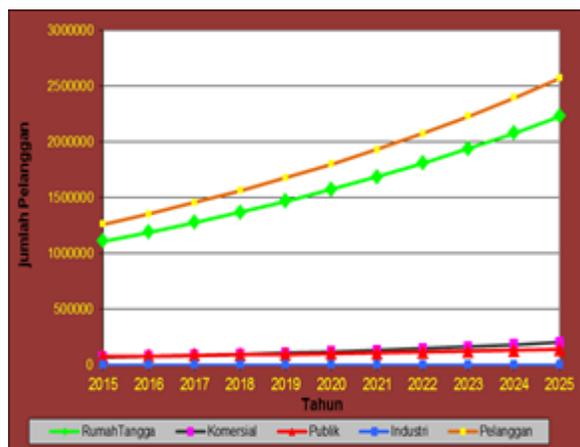
Dari perhitungan prakiraan jumlah pelanggan untuk perhitungan sektor komersial, sektor publik dan sektor industri perhitungan sama dengan sektor rumah tangga dimana yang membedakan dari perhitungan per sektor tersebut dilihat dari penggolongan jumlah pelanggan dari sektor masing – masing. Hasil perhitungan prakiraan jumlah pelanggan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 prakiraan jumlah pelanggan total tenaga listrik di Provinsi Bali setiap tahun, yang merupakan prakiraan jumlah pelanggan sektor rumah tangga, komersial, publik dan industri. Sedangkan pertumbuhan jumlah pelanggan setiap sektor digambarkan dalam Gambar 1.

Dari Gambar 1 terlihat bahwa jumlah pelanggan tenaga listrik di pulau Bali cukup meningkat signifikan, dimana jumlah pelanggan pada sektor rumah tangga sangat mendominasi pertumbuhan. Sedangkan pada sektor komersial, sektor publik dan sektor industri turut mengalami pertumbuhan meskipun tidak drastis seperti sektor rumah tangga.

Tabel 1 Prakiraan Jumlah Pelanggan Listrik Per Sektor

Tahun	Sektor Rumah Tangga	Sektor Komersial	Sektor Publik	Sektor Industri	Total Jumlah Pelanggan
2015	1,112,389	70,957	76,712	2,209	1,262,267
2016	1,192,444	78,753	81,433	2,233	1,354,863
2017	1,278,260	87,406	86,445	2,257	1,454,367
2018	1,370,252	97,009	91,765	2,281	1,561,307
2019	1,468,864	107,667	97,413	2,306	1,676,250
2020	1,574,573	119,496	103,409	2,330	1,799,808
2021	1,687,890	132,625	109,773	2,355	1,932,643
2022	1,809,362	147,196	116,529	2,381	2,075,467
2023	1,939,575	163,368	123,701	2,406	2,229,050
2024	2,079,160	181,317	131,314	2,432	2,394,223
2025	2,228,790	201,237	139,396	2,458	2,571,881



Gambar 1 Grafik Jumlah pelanggan Listrik Per sektor

4.1.2 Perhitungan Prakiraan Konsumsi Energi Per Sektor

Hasil perhitungan prakiraan konsumsi energi Provinsi Bali per sektor dapat mengetahui prakiraan kebutuhan energi listrik total Provinsi Bali sampai tahun 2025.

Perhitungan pelanggan Sektor Rumah Tangga dapat dihitung menggunakan persamaan (2) :

$$ER_t = \left\{ ER_{t-1} * \left[1 + \left(e_R * \frac{G_{PDRBR}}{100} \right) \right] + (\Delta Pel. R_t * UKR) \right\}$$

$$ER_{2015} = ER_{2014} * \left[1 + \left(0.95 * \frac{12.67}{100} \right) \right] + (80.055 * 0.001597)$$

$$= 1.840 * \left[1 + \left(0.95 * \frac{12.67}{100} \right) \right] + (80.055 * 0.001597)$$

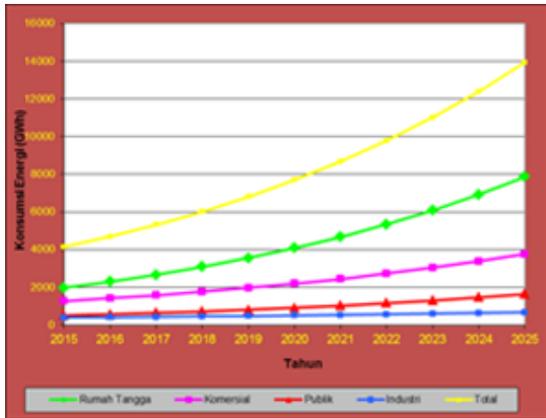
$$ER_{2015} = 1.969 \text{ GWh}$$

Untuk sektor lainnya prakiraan perhitungan sama dengan sektor rumah tangga dimana yang membedakan perhitungan dari masing-masing sektor adalah tahun konsumsi per sektornya. Hasil dari perhitungan Prakiraan konsumsi energi sampai dengan tahun 2025 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Prakiraan Konsumsi Energi Total di Bali Tahun 2015-2025

Tahun	Sektor RumahTangga (GWh)	Sektor Komersial (GWh)	Sektor Publik (GWh)	Sektor Industri (GWh)	Total Konsumsi Energi (GWh)
2015	1,969.34	1,274.06	504.30	386.26	4,133.96
2016	2,296.28	1,419.84	567.82	407.66	4,691.61
2017	2,665.46	1,582.31	639.35	430.25	5,317.37
2018	3,081.82	1,763.36	719.89	454.10	6,019.17
2019	3,550.85	1,965.13	810.57	479.26	6,805.81
2020	4,078.61	2,189.99	912.68	505.82	7,687.10
2021	4,671.88	2,440.58	1,027.64	533.86	8,673.95
2022	5,338.13	2,719.84	1,157.09	563.44	9,778.50
2023	6,085.69	3,031.05	1,302.85	594.67	11,014.26
2024	6,923.78	3,377.88	1,466.97	627.62	12,396.25
2025	7,862.63	3,764.39	1,651.76	662.40	13,941.18

Tabel 2 menunjukkan prakiraan total konsumsi energi listrik di Provinsi Bali sampai tahun 2025 yang merupakan hasil prakiraan konsumsi energi dari 4 sektor yaitu sektor rumah tangga, sektor komersial, sektor publik dan sektor industri. Untuk grafik pertumbuhan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik Konsumsi Energi total Per Sektor

Gambar 2 terlihat bahwa jumlah konsumsi energi listrik di pulau Bali meningkat signifikan, dimana jumlah pelanggan pada sektor rumah tangga sangat mendominasi pertumbuhan seperti yang telah diperlihatkan pada Gambar 2. Sedangkan pada sektor komersial, sektor publik dan sektor industri turut mengalami pertumbuhan meskipun tidak drastis seperti sektor rumah tangga. Peningkatan konsumsi energi listrik pada sektor rumah tangga sangat meningkat karena sektor rumah tangga menggunakan energi listrik hampir 24 jam dalam sehari.

4.2 Analisis Tidak Tersuplainya Beban Sistem Kelistrikan Bali Tahun 2015 sampai dengan 2025

Beban puncak Provinsi Bali pada tahun 2015 adalah sebesar 877,30 MW, total daya mampu sebesar 1067,90 MW. Untuk pemenuhan kebutuhan listrik di Bali, suplai daya listrik diperoleh dari transmisi Jawa Bali, kabel laut 1,2,3,4 sebesar 360 MW, PLTD tambahan dengan daya mampu 60 MW, serta pembangkitan kelistrikan Bali 647,5 MW sehingga total suplai sistem kelistrikan Bali 1.067 MW.

Pada tahun 2017 sistem kelistrikan Bali memiliki beban puncak mencapai 1.069 MW, dengan total daya mampu sebesar 1.192 MW, bila unit terbesar keluar (200 MW) maka total daya mampu menjadi 992,90 MW dengan kondisi tersebut sistem kelistrikan Bali tidak dapat mensuplai beban puncak sebesar 76,41 MW.

Pada tahun 2020 diperkirakan sistem kelistrikan Bali mendapat tambahan suplai dari SUTET sebesar 1500 MW, dimana total daya mampu menjadi 2.817 MW, jika terjadi kondisi n-1 dimana unit terbesar penyuplai sistem kelistrikan

Bali keluar atau tidak berfungsi maka pada pertengahan tahun 2017 sistem kelistrikan Bali sudah tidak mampu untuk menyuplai beban sistem kelistrikan Bali. Grafik yang ditampilkan pada Gambar 3 diperoleh berdasarkan persamaan (3) dan (4). Adapun perhitungan adalah:

$$EP_{2015} = \frac{ET_{2014}}{1 - LT_{2014}}$$

$$EP_{2015} = \frac{4948,75 \text{ GWh}}{1 - 0,0779}$$

$$EP_{2015} = \frac{4948,75 \text{ GWh}}{0,9221}$$

$$EP_{2015} = 5334,26 \text{ GWh}$$

$$BP_{2015} = \frac{EP_{2015}}{8760 * LF} * 100$$

$$BP_{2015} = \frac{5334,26}{8760 * 83,23} * 100$$

$$BP_{2015} = 731.36 \text{ MW}$$



Gambar 3 Grafik Neraca Daya Sistem Kelistrikan Bali sampai dengan 2025

Pada beban harian tahun 2015 – 2025, beban yang tidak dapat disuplai terjadi pada saat Sistem Kelistrikan Bali berada pada beban puncak sekitar pukul 18.00 sampai dengan 22.00 wita terutama pada tahun 2015 sampai dengan 2017. Khusus pada tahun 2018 dan 2019 beban yang tidak dapat disuplai terjadi pada pukul 11.00 sampai dengan 22.00 wita, ini dikarenakan beban yang semakin meningkat, tetapi belum ada penambahan suplai listrik. Pada tahun 2020 terdapat penambahan suplai sebesar 1500 MW berupa SUTET 500 kV untuk menyuplai beban Sistem Kelistrikan Bali, sehingga pada tahun 2020 beban puncak terjadi

pada pukul 19.00 – 21.00. Namun pada tahun 2020 tetap terdapat beban yang tidak dapat disuplai sebesar 281,17 MW mengingat meningkatnya beban puncak tiap tahun. Bertambahnya pasokan daya berupa STUET 500 kv sebesar 1500 MW pada tahun 2020 tidak bertahan lama untuk dapat menyuplai peningkatan beban Sistem Kelistrikan Bali hingga tahun 2025.

Pada tahun 2021 Sistem Kelistrikan Bali sudah mulai krisis karena pada pukul 11.00 wita sampai dengan 22.00 wita beban sudah tidak dapat disuplai lagi. Pada tahun 2022 hanya dapat menyuplai beban dari 01.00 wita hingga 08.00 wita, sedangkan pada tahun 2023 hanya dapat menyuplai beban dari pukul 03.00 sampai dengan 07.00 wita. Pada tahun 2024 dan tahun 2025 Sistem Kelistrikan Bali sudah tidak dapat menyuplai beban karena dalam kriteria N-1, beban Sistem Kelistrikan Bali melebihi daya mampu pembangkit Sistem Kelistrikan Bali.

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, konsumsi energi Provinsi Bali dari Tahun 2015 hingga tahun 2025 mengalami pertumbuhan yang sangat signifikan, dimana pada tahun 2025 mencapai 13.941,18 GWh dengan pembagian untuk sektor rumah tangga 7.862,63 GWh, sektor komersil 3.764,39 GWh, sektor publik 1.651,76 GWh, sektor Industri 662,40 GWh. Dengan meningkatnya konsumsi energi Provinsi Bali maka akan berpengaruh terhadap pertumbuhan beban puncak Sistem Kelistrikan Bali dari tahun ke tahun. Pada Tahun 2025 mencapai 2.261,14 MW dengan daya suplai energi pada Tahun 2025 sebesar 2.807,90 MW. Dalam Kriteria N-1 pada tahun 2015 pukul 19.00 wita terjadi beban puncak sebesar 877,30 MW dengan suplai 867,90 MW maka provinsi Bali kekurangan suplai 9,40 MW. Pada tahun 2020 diperkirakan Provinsi Bali juga kekurangan suplai sebesar 115,27 MW, sedangkan pada tahun 2025 terjadi kekurangan energi yang sangat besar sekitar 8.073,58 MW. Sistem Kelistrikan Bali tidak dapat menyuplai energi listrik jika terjadi kriteria N-1 dari tahun 2015 hingga 2025 dengan total 19.543,86 MWh yang membuat Sistem Kelistrikan Bali tidak aman dan rawan terjadi pemadaman.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disarankan untuk menghemat pemakaian energi

Listrik dikarenakan kebutuhan akan energi listrik dari tahun ke tahun selalu meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Juniastra, I Nyoman, **Analisis Susut Energi Pada Sistem Kelistrikan Bali Sesuai Rencana Operasi SUTET 500 kV**. Teknik Elektro Universitas Udayana. 2012
- [2] PT. PLN (Persero) UBS P3B Sub Region Bali dan PT PLN (Persero) Area Pengatur Beban (APB) Bali
- [3] Program Studi Magister Teknik Elektro. **Laporan Kajian Pembangunan SUTET 500 kV di Bali**. Universitas Udayana. Denpasar. 2011
- [4] PT. PLN (persero). **Rancangan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik. 2013-2020**
- [5] William D. Stevenson, Jr, Alih Bahasa Ir. Kamal Idris, **Analisa Sistem Tenaga Listrik**, Penerbit : Erlangga, Jakarta, 1994
- [6] Pabla (Terjemahan Abdul Hadi). **Sistem Distribusi Daya Listrik**, Erlangga : Jakarta. 1986
- [7] Karmiata, I Putu. **Metode dan Model Prakiraan kebutuhan Listrik**. PT. PLN (persero) Kantor Pusat : Jakarta. 2003