

ANALISIS SUSUT ENERGI PADA SISTEM KELISTRIKAN BALI SESUAI RENCANA OPERASI SUTET 500 kV

I N Juniastra Gina, W G Ariastina¹, I W Sukerayasa¹

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

¹Staff Pengajar Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran, Bali, 80361

Email: mangastra@gmail.com, w_ariastina@yahoo.com, sukerayasawayan@yahoo.com

Abstrak

Berdasarkan peramalan beban sistem Bali dari tahun 2012 hingga tahun 2021 dengan pertumbuhan 6.16% sistem Bali harus dapat menyuplai daya sebesar 1059.45 MW pada tahun 2021. Upaya yang dilakukan untuk dapat memenuhi suplai daya listrik sistem Bali hingga tahun 2021 dengan suplai tambahan daya listrik melalui Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV sistem interkoneksi Jawa-Bali. Rencana beroperasinya SUTET 500 kV di Bali perlu mempertimbangkan susut energi yang terjadi. Susut energi dipengaruhi oleh panjang SUTET yang dioperasikan. Analisa susut energi dilakukan dengan menggunakan analisis "Load Flow" dengan tiga skenario beroperasinya SUTET 500 kV. Skenario pertama SUTET sampai di GI Kapal, skenario kedua SUTET sampai di GI New Kapal dan skenario ketiga SUTET sampai di GI Gilimanuk. Skenario dilakukan pada kondisi beban tahun 2015 dan kondisi beban tahun 2021. Berdasarkan hasil analisis diperoleh susut energi terendah jika rencana SUTET dioperasikan sampai di Kapal dengan susut daya tahun 2015 sebesar 11.328 MW atau 1.4% dari suplai dan pada tahun 2021 susut daya sebesar 19.594 MW atau 1.8 % dari suplai. Dari susut daya tersebut dapat diperoleh susut energi tahunan saat SUTET 500 kV dioperasikan di Kapal tahun 2015 sebesar 68.47 GWh dan pada tahun 2021 susut energi sebesar 118.43 GWh. Sehingga dari hasil analisis tersebut skenario SUTET 500 kV beroperasi di GITET kapal merupakan skenario dengan operasi sistem yang optimal dan efisien karena susut daya dan susut energi yang terjadi sangat rendah.

Kata kunci: SUTET 500 kV, *load flow*, skenario, susut daya, susut energi.

1. PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan Bali memiliki total suplai daya sebesar 675.8 MW, yang disalurkan melalui jaringan transmisi 150 kV. Sampai dengan tahun 2011, beban puncak sistem Bali telah mencapai 591 MW. Dengan demikian, cadangan pasokan Bali hanya tersisa sebesar 84.8 MW. Dengan cadangan hanya sebesar 84.8 MW, sistem kelistrikan Bali sangat riskan terhadap terjadinya pemadaman [1].

Salah satu opsi yang direncanakan untuk menambah pasokan energi listrik Bali, berupa peningkatan pasokan dari Jawa melalui sistem interkoneksi Jawa-Bali dengan menggunakan transmisi Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV [2]. Sebelum beroperasinya SUTET 500 kV di Bali, diperlukan suatu analisa aliran daya sistem kelistrikan Bali untuk meminimalisir susut daya yang terjadi. Dalam kenyataannya, adanya susut daya listrik pada penyediaan energi listrik adalah sesuatu yang tidak bisa dihindari, meski demikian susut energi yang terjadi dalam proses penyaluran energi listrik merupakan suatu pemborosan energi apabila tidak dikendalikan secara optimal. Berdasarkan hal tersebut, maka dalam suatu perencanaan pembangunan suatu jaringan transmisi yang baru diperlukan skenario-skenario dimana jaringan transmisi baru tersebut akan dioperasikan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui dan menganalisa dimana

susut energi terbesar terjadi, sehingga dapat dihindari dan memperoleh lokasi dengan nilai susut energi yang tidak terlalu besar. Analisa aliran daya beroperasinya SUTET 500 kV di Bali menggunakan 3 buah skenario lokasi beroperasinya SUTET 500 kV, yaitu skenario 1 SUTET beroperasi sampai di Kapal, skenario 2 SUTET beroperasi sampai di New Kapal, skenario 1 SUTET beroperasi sampai di Gilimanuk [1]

Dari permasalahan yang telah diuraikan tersebut di atas, maka dalam penelitian ini akan dianalisa mengenai keadaan aliran daya (*load flow*) Sistem Kelistrikan Bali baik saat kondisi eksisting dan saat dioperasikannya SUTET 500 kV melalui Saluran interkoneksi Jawa-Bali. Untuk menganalisa permasalahan tersebut dalam penelitian ini, penulis menggunakan bantuan fasilitas program *Load Flow Simulation*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peramalan Beban Sistem Bali

Prakiraan beban adalah usaha untuk mengetahui situasi dan kondisi beban sistem di masa mendatang. Cara prakiraan beban yang sederhana adalah memprediksi dengan menggunakan data *historis* beban di masa lalu, metode ini disebut dengan cara runtun waktu (*time series*). Pendekatan numerik yang digunakan sebagai metode peramalan beban adalah metode kuadrat terkecil (*Least Square Method*).

Persamaan umum dari bentuk kuadrat terkecil (*Least Square Method*), adalah:

$$Y = a + bx \quad \text{trend garis lurus} \quad (2.1)$$

$$Y = a + bx + cx^2 \quad \text{trend garis lengkung} \quad (2.2)$$

dengan :

Y = variabel yang akan diramalkan

A = konstanta harga Y apabila X = 0 (nol)

B = variabel per "x" yaitu menunjukkan besarnya perubahan nilai Y dan setiap perubahan satu unit x.

X = unit waktu.

2.2 Perhitungan Load Factor Dan Loss Factor

Perhitungan susut energi tahunan secara empiris dapat dilakukan dengan menggunakan konstanta yang disebut dengan *Load Factor*. Sebelum membahas mengenai perhitungan *load factor* maka terlebih dahulu kita ketahui parameter yang harus dihitung terlebih dahulu. Adapun persamaan yang akan digunakan dalam perhitungan *Load Factor* adalah sebagai berikut [1]:

2.2.1 Beban Rata-Rata

Beban rata-rata (B_r) didefinisikan sebagai perbandingan antara energi yang terpakai dengan waktu pada periode. Atau dituliskan menurut persamaan 1 periode hari :

$$B_r = \frac{\text{KWh yang terpakai selama 1 hari}}{24 \text{ jam}} \quad (2.3)$$

2.2.2 Load Factor

Faktor beban atau *Load factor* didefinisikan sebagai perbandingan antara beban rata-rata dengan beban puncak yang diukur untuk suatu periode waktu tertentu. Dari definisi faktor beban dapat dituliskan menurut persamaan berikut.

$$L_f = \frac{B_r \text{ (beban rata-rata)}}{B_p \text{ (beban puncak)}} \quad (2.4)$$

2.2.3 Loss Factor

Untuk menghitung rugi-rugi energi dengan metode *Loss Factor*, dibutuhkan data rugi-rugi daya saat terjadi beban puncak. Aliran rugi-rugi energi diestimasi dengan menggunakan bantuan *load factor* pada sistem, yang selanjutnya dipergunakan dalam menghitung nilai *loss factor* untuk perhitungan rugi-rugi energi [3]. Persamaan empiris untuk menentukan *loss factor* sebagai berikut [4].

$$F_{LS} = 0.3 F_{LD} + 0.7 F_{LD}^2 \quad (2.5)$$

dengan : F_{LS} = Loss Factor

F_{LD} = Load Factor

2.3 Analisis Aliran Daya

Studi aliran daya adalah studi yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya atau tegangan sistem dalam kondisi operasi tunak. Informasi ini sangat dibutuhkan guna mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga dan menganalisa kondisi pembangkitan maupun pembebanan. Analisa ini juga

memerlukan informasi aliran daya dalam kondisi normal maupun darurat [5]. Studi aliran daya merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya aktif maupun daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik jaringan listrik pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi di masa yang akan datang [6]. Adapun tujuan dari studi analisa aliran daya antara lain [1]:

- Untuk mengetahui tegangan-tegangan pada setiap bus yang ada dalam sistem, baik magnitude maupun sudut fasa tegangan.
- Untuk mengetahui daya aktif dan daya reaktif yang mengalir dalam setiap saluran yang ada dalam sistem.
- Untuk mengetahui kondisi dari semua peralatan, apakah memenuhi batas-batas yang ditentukan untuk menyalurkan daya listrik yang diinginkan.
- Untuk memperoleh kondisi mula pada perencanaan sistem yang baru.
- Untuk memperoleh kondisi awal untuk studi-studi selanjutnya seperti : studi hubung singkat, stabilitas, dan pembebanan ekonomis.

2.3.1 Persamaan Aliran Daya Umum

Dengan mengetahui tegangan tegangan pada setiap bus yang dilakukan analisis maka dapat dilakukan perhitungan besarnya daya yang mengalir antara bus yang saling terhubung. Analisis aliran daya pada saluran sistem tenaga listrik dapat ditentukan dengan persamaan aliran daya kompleks saluran seperti berikut. [6]:

$$P_{pq} + jQ_{pq} = V_p I_{pq}^* \quad (2.6)$$

Arus yang mengalir pada bus kirim (p) dari suatu saluran p ke q adalah :

$$I_{pq} = (V_p - V_q) Y_{pq} + V_q \frac{Y_{pq}}{2} \quad (2.7)$$

Sehingga dapat diketahui daya yang mengalir dari bus p ke bus q adalah :

$$S_{pq} = P_{pq} + jQ_{pq} = V_p I_{pq}^* \quad (2.8)$$

Sedangkan arus yang mengalir dari bus q ke bus p adalah :

$$I_{qp} = (V_q - V_p) Y_{pq} + V_p \frac{Y_{pq}}{2} \quad (2.9)$$

Jadi daya yang mengalir dari bus q ke bus p adalah :

$$S_{qp} = P_{qp} + jQ_{qp} = V_q I_{qp}^* \quad (2.10)$$

2.3.2 Metode Newton-Raphson

Metode *Newton Raphson* pada dasarnya merupakan metode *Gauss-Seidel* yang telah diperluas dan disempurnakan. Metode ini dapat mengatasi kelemahan dari metode *Gauss Seidel* antara lain dalam hal ketelitian dan jumlah iterasi [7]. Dalam analisis aliran daya, terdapat dua persamaan yang harus diselesaikan pada tiap-tiap bus sistem tenaga listrik yang dianalisis. Kedua persamaan tersebut seperti pada Persamaan (2.11) dan Persamaan (2.12):

$$P_p = |V_p| \sum_{q=1}^n |V_q| [G_{pq} \cos(\delta_p - \delta_q) + B_{pq} \sin(\delta_p - \delta_q)]$$

Persamaan.....(2.11)

$$Q_p = |V_p| \sum_{q=1}^n |V_q| [E_{pq} \sin(\delta_p - \delta_q) - E_p E_q \cos(\delta_p - \delta_q)]$$

Persamaan.....(2.12)

2.4 Analisis Susut Daya dan Susut Energi

2.4.1 Susut Daya

Susut daya dipengaruhi oleh dua hal penting yaitu arus beban dan tahanan penghantar. Arus beban sangat dipengaruhi oleh dua pola konsumsi energi listrik pelanggan. Untuk persamaan susut daya dapat diuraikan sebagai berikut [6]:

Rugi daya nyata=

$$\frac{MW \text{ ujung kirim} - MW \text{ ujung terima}}{MW \text{ ujung kirim}} \times 100\%$$

Persamaan (2.13)

2.4.2 Susut Energi

Untuk perhitungan rugi energi atau susut energi digunakan persamaan dengan parameter rugi tembaga dan rugi kuadrat beban. Dalam perhitungan rugi energi sebaiknya dipakai faktor rugi yaitu perbandingan antara rugi daya rata-rata dan rugi daya

pada beban puncak dalam periode tertentu. Jadi rugi daya rata-rata adalah [1]:

Rugi daya rata rata =

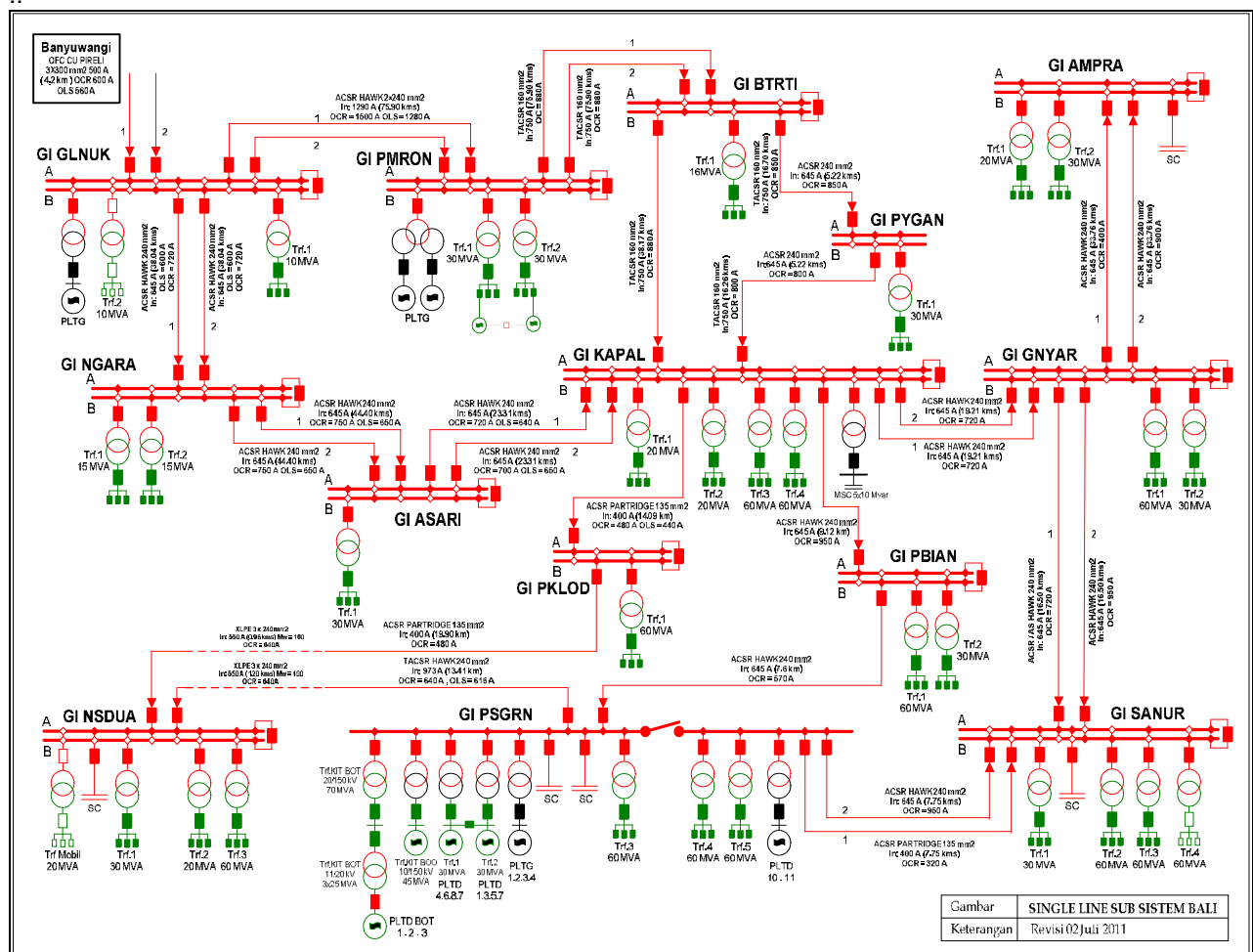
$$Rugi \text{ daya beban puncak} \times loss \text{ factor} \times 8760$$

Persamaan(2.14)

Dimana: 8760 merupakan jumlah jam dari periode tersebut (satu tahun)

3 METODELOGI PENELITIAN

Analisis aliran daya sistem kelistrikan Bali yang dibahas merupakan skenario rencana beroperasinya SUTET 500 kV di Bali. Dalam penelitian ini juga melakukan peramalan beban sistem Bali dengan menggunakan "metode Time Series" berdasarkan data beban puncak sistem Bali yang diperoleh dari tahun 2000 hingga tahun 2012 dan menggunakan pendekatan numerik kuadrat terkecil (Leas Square Method). Parameter data yang digunakan antara lain data impedansi penghantar sistem kelistrikan Bali, data pembangkit sistem Bali, data pembebanan pada 14 gardu induk tahun 2012 hingga tahun 2021, serta data kapasitor pada Gardu Induk sistem kelistrikan Bali. Single line diagram Sistem Kelistrikan Bali dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Single Line Diagram Sistem Kelistrikan Bali..

Simulasi dilakukan dengan menggambar *single line diagram* sistem kelistrikan Bali lalu memasukkan semua parameter-parameter data yang diperlukan kemudian merunning simulasi dengan menggunakan metode Newton Raphson sesuai dengan skenario rencana beroperasinya SUTET 500 kV di Bali yang direncanakan. Setelah diperoleh hasil simulasi dilanjutkan dengan melakukan perhitungan susut energi untuk memperoleh nilai susut energi terendah.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.4 Peramalan Beban Sistem Kelistrikan Bali

Dengan analisa peramalan beban sistem Bali menggunakan "*metode Time Series*" dan pendekatan numerik kuadrat terkecil (*Leas Square Method*), maka diperoleh pertumbuhan beban puncak sistem Bali dari tahun 2012 hingga 2021 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Porsentase Pertumbuhan Beban Sistem Kelistrikan Bali

Tahun	2012	2015	2021
Daya (MW)	6.18.45	745.15	1059.45
% pertumbuhan	4.34%	6.35%	5.79%
RATA RATA	6.16%		

4.5 Rencana Pengembangan SUTET 500 kV di Bali

Untuk rencana pengembangan SUTET 500 kV di Bali, terdapat tiga skenario perencanaan dioperasikannya SUTET 500 kV. Skenario pertama adalah kondisi dimana SUTET 500 kV beroperasi sampai di GI Kapal dengan panjang SUTET 101.5 KM. Skenario 2 adalah kondisi dimana SUTET 500kV beroperasi sampai dengan di GI New Kapal dengan panjang SUTET 90 KM. Skenario 3 adalah kondisi dimana SUTET 500kV beroperasi sampai di GI Gilimanuk dengan panjang SUTET 10 KM. Jarak yang dilalui jaringan SUTET sangat mempengaruhi susut daya yang terjadi pada jaringan tersebut, terlebih jika jarak SUTET 500 kV dengan pusat beban semakin jauh maka susut daya yang terjadi akan semakin besar. Oleh sebab itu, lokasi dan jarak SUTET 500 kV harus ditentukan dengan baik untuk meminimalisir susut daya.

4.5.2 Asumsi Pengembangan Sistem Kelistrikan di Bali

Untuk keperluan simulasi, maka diberlakukan beberapa asumsi, dimana asumsi ini dilakukan untuk membatasi berbagai kemungkinan yang terjadi dalam pengembangan sistem kelistrikan Bali [1].

1. Sampai dengan tahun 2015 diasumsikan tidak ada pembangunan pembangkit listrik di daerah Bali, selain tambahan suplai melalui interkoneksi Jawa Bali.
2. Tahun 2021 diasumsikan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Celukan Bawang sudah beroperasi dengan daya 380 MW.

3. Tambahan suplai Sistem Kelistrikan Bali berupa pembangunan 2 sirkit SUTET 500kV dan penambahan 2 sirkit kabel laut 150kV.
4. Pada saat SUTET 500kV sudah beroperasi, terdapat penambahan Bus pada Gardu Induk Celukan Bawang.
5. Pada saat SUTET 500kV sudah beroperasi, beberapa unit pembangkit yang berada di Bali dikondisikan sebagai stand by unit, untuk menghemat penggunaan bahan bakar minyak.
6. Pada tahun 2015 GITET 500 kV hanya mengoperasikan 1 unit *Inter Bus Transform* (IBT) 500/150 kV, sedangkan tahun 2021 sudah mengoperasikan 2 unit *Inter Bus Transform* (IBT) 500/150 kV
7. Pada tahun 2015 sampai tahun 2021 terdapat penambahan saluran sistem Bali 150 kV sesuai dengan RUPTL Bali 2011-2020
8. Analisis hanya melihat sistem dalam keadaan tunak dan hanya mempertimbangkan aliran daya serta susut daya total. Sistem dalam keadaan transient tidak menjadi bagian dari simulasi.

4.5.3 Hasil Analisis Sistem Kelistrikan Bali Dengan Beroperasinya SUTET 500 kV

Dalam pembahasan hasil analisis sistem kelistrikan Bali dengan beroperasinya SUTET 500 kV di Bali, hanya akan memperlihatkan hasil analisis pada tahun 2015 dan 2021 dimana SUTET 500 kV diasumsikan sudah beroperasi sesuai skenario dengan nilai susut energi terkecil. Dalam analisa yang telah dilakukan telah diperoleh bahwa skenario 1 yaitu SUTET 500 kV beroperasi sampai di GITET Kapal merupakan skenario dengan nilai susut daya terendah.

Analisa aliran daya untuk kondisi skenario 1 beroperasinya SUTET 500 kV sampai di GITET Kapal dilakukan dengan menggunakan data sistem beban tahun 2015 dan beban tahun 2021 yang telah dilakukan peramalan sebelumnya, serta disesuaikan dengan asumsi pengembangan sistem kelistrikan Bali. Salah satu asumsi yang digunakan dalam analisis tahun 2015 ini adalah, ada beberapa pengembangan sistem ketenagalistrikan di Bali seperti penambahan konduktor. Pada tahun 2015 secara bertahap GITET 500/150 kV hanya mengoperasikan 1 buah *Inter Bus Transformator* (IBT) 500/150 kV. Rangkuman hasil analisis aliran daya pada skenario 1 tahun 2015 dapat dilihat pada tabel 4.2 dan skenario 2 pada tahun 2021 dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.2 Rangkuman Hasil Analisis SUTET 500 kV Berakhir di GITET Kapal Tahun 2015

No	Uraian	Nilai
1	Total pembangkitan Bali	229.800 MW
2	Transfer Jawa-Bali	526.440 MW Swing & SUTET
3	Total Daya	756.240 MW
4	Susut Daya total	11.328 MW 1.4 % dari suplai
5	Drop tegangan terendah	146.411 kV GI Baturiti
6	Drop tegangan tertinggi	149.087 kV GI Gilimanuk
7	Susut terbesar penghantar	1.084 MW Gili-Clk Bwang
8	Pembebanan arus terbesar penghantar	322.8 A Gili-Clk Bwang

Dengan menggunakan cara yang sama seperti analisis tabel 4.2, analisa SUTET 500 kV untuk tahun 2021 dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rangkuman Hasil Analisis SUTET 500 kV Berakhir di GITET Kapal Tahun 2021

No	Uraian	Nilai
1	Total pembangkitan Bali	609.800 MW
2	Transfer Jawa-Bali	468.884 MW Swing & SUTET
3	Total Daya	1078.684 MW
4	Susut Daya total	19.594 MW 1.8 % dari suplai
5	Drop tegangan terendah	143.166 kV GI Sanur
6	Drop tegangan tertinggi	149.462 kV GI Gilimanuk
7	Susut terbesar penghantar	1.537 MW Kpl-Psanggaran
8	Pembebanan arus terbesar penghantar	449.4 A Kpl-P Bian

Pada analisis pada tahun 2021 sistem kelistrikan Bali memperoleh suplai daya dari beroperasinya Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Celukan Bawang dengan kapasitas 380 MW serta tambahan suplai daya dari kabel laut sirkit 3 dan 4 sebesar 200 MW. Untuk asumsi tahun 2021 ini GITET 500/150 kV sudah mengoperasikan 2 unit *Inter Bus Transformator 500/150 kV*.

Dari nilai susut daya yang diperoleh pada tabel 4.2 dan 4.3 maka dapat dilakukan analisa mengenai susut energi tahunan yang terjadi dengan menggunakan persamaan 2.13, sehingga diperoleh nilai susut energi tahunan seperti tabel 4.5 Namun sebelum melakukan analisa mengenai susut energi tahunan, parameter Loss Factor harus diketahui dengan menggunakan persamaan 2.5. Dalam analisis

ini menggunakan data pembebanan pada tanggal 3 s/d 9 September 2012. Untuk nilai Loss factor dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.28 Perhitungan Load Factor dan Loss Factor.

Tanggal	3 s/d 9 September 2012 Rata - rata
Beban Puncak	449.7586
Load Factor	0.80
Loss Factor	0.69

Tabel 4.5 Uraian Susut Energi Tahunan Sistem Kelistrikan Bali Tahun 2015 dan 2021

No	Uraian	Total Suplai Daya (MW)	% Susut Daya	Susut Energi Tahun (GWh)
1	Tahun 2015 Kapal	758.13	1.7 %	68.47
2	Tahun 2021 Kapal	1086.871	2.5 %	118.43

Dari tabel tersebut diperoleh bahwa susut energi pada skenario SUTET 500 kV beroperasi di GITET Kapal memiliki nilai susut energi yang kecil. Dengan memperoleh nilai susut daya yang sangat rendah maka sistem penyaluran tenaga listrik tersebut dapat dikatakan optimal dan efisien, disebabkan karena energi yang hilang pada saat penyaluran daya listrik tidak terlalu besar.

Pengaruh susut daya pada jaringan transmisi SUTET 500 kV terhadap jarak dengan pusat beban, dapat mempengaruhi besar nilai susut daya yang terjadi pada sistem kelistrikan tersebut. Skenario SUTET 500 kV beroperasi di GITET Kapal merupakan skenario dimana SUTET 500 kV langsung beroperasi di pusat beban dengan terlebih dahulu tegangannya diturunkan menjadi 150 kV, sehingga dari SUTET tidak lagi terdapat tambahan susut yang dialami saluran 150 kV yang menghubungkan SUTET dengan pusat beban. Semakin dekat sumber pembangkit dengan pusat beban maka semakin kecil susut daya yang terjadi, ini diakibatkan jaringan transmisi sistem 150 kV untuk mengalirkan arus tidak terlalu banyak dibandingkan jika SUTET 500 kV dioperasikan jauh dari pusat beban. Jika SUTET dioperasikan jauh dengan pusat beban, maka susut yang terjadi pada sistem akan lebih besar. Hal ini disebabkan karena sebagian besar arus mengalir melalui jaringan transmisi sistem 150 kV, sehingga susut yang terjadi akan berkali-kali lipat dengan panjang saluran transmisi sistem 150 kV yang dilaluinya.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil peramalan beban sistem bali tahun 2012 hingga tahun 2021 terjadi peningkatan pertumbuhan beban yang cukup signifikan, dengan rata rata pertumbuhan beban 6.16% per tahunnya maka pada tahun 2021 sistem Bali harus dapat menyuplai daya listrik sebesar 1059.45 MW.
2. Dalam analisis beroperasinya SUTET 500 kV di Bali, skenario 1 SUTET 500 kV berakhir di Kapal memiliki susut tegangan terendah, kemudian diikuti skenario 2 SUTET 500 kV berakhir di New Kapal, dan skenario 3 SUTET 500 kV berakhir di Gilimanuk memiliki susut tegangan paling tinggi.
3. Berdasarkan analisis yang dilakukan diperoleh bahwa skenario beroperasinya SUTET 500 kV di Kapal memperoleh nilai susut daya dan susut energi paling rendah dibandingkan dengan skenario yang lainnya.

6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Program Studi Magister Teknik Elektro. Laporan Kajian Pembangunan SUTET 500 kV di Bali. Denpasar: Universitas Udayana. 2011.
- [2] PT PLN (Persero).2011. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2011-2020. Jakarta. Halaman 1017 Bagian C8 Provinsi Bali.
- [3] Daniel Rohi, dkk. Aplikasi Pendekatan Aliran Daya untuk Estimasi Rugi Rugi Energi Sistem Distribusi Radial 20 kV. Jurnal EECCIS Vol II, No. 1, Juni 2008.
- [4] Jasril Darwis, 1997. Diktat Kuliah Sistem Distribusi Tenaga. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [5] Cekdin, C. 2006. Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta
- [6] William D. Stevenson, Jr, Alih Bahasa : Ir. Kamal Idris, "Analisa Sistem Tenaga Listrik", Penerbit Erlangga, Jakarta, 1994.
- [7] Sulasno, Ir. 1993. Analisis Sistem Tenaga Listrik. Semarang: Badan Penerbit UNDIP, Semarang.