

Studi Pembangunan Saluran Transmisi 150 Kv Kayu Agung – Gumawang Untuk Mengatasi Keandalan Sistem Kelistrikan Lampung

Setyo Harmono¹, Ridho Ilham Fauzi², Tommy Kurniawan³

^{1,2,3}Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Lampung
Jl. Zainal Abidin Pagar Alam No. 14 Labuhan Ratu, Bandar Lampung
e-mail : t10_eei@yahoo.com
ridhoilham.fauzi@gmail.com

ABSTRAK

South Sumatra kelampung requires a 150 kV transmission line which is relatively very far away and prone to conductor disturbances. In addition, with the high demand for electrical energy, the average transfer value is close to the maximum value so that when a disturbance occurs on the transmission line it will have an impact on a very large deficit blackout.

The method used is by collecting power flow data, system loading and transmission line models, then modeling the current distribution system conditions and making comparisons after planning the new transmission line system to maintain the reliability level of the Lampung electrical system. From the research results, the construction of KayuAgung - Gumawang transmission is an alternative solution to overcome the problem of high energy transfer requirements and currently only supplied through one transmission line location. The addition of the KayuAgung-Gumawang transmission line will increase the maximum transfer capacity to 760 MW, so that the reliability of the Lampung system will be maintained with the value of the power reserve that meets the N-1 power plant in the Lampung system, which is 80 MW.

Keywords: Transmission, Reliability, Lampung Electrical System

1. Pendahuluan

Konsumsi energi listrik di wilayah Lampung seiring berjalannya waktu mengalami peningkatan yang sangat cepat. Tingginya pemakaian energi listrik tersebut tentu perlu di imbangi dengan pembangunan-pembangunan pembangkit, saluran transmisi dan saluran distribusi oleh perusahaan penyedia energi listrik. Pembangunan yang dilakukan dengan analisa yang tepat dan efektif maka akan berdampak pada keandalan penyaluran energi listrik ke pelanggan dapat terus dijaga dalam kondisi semaksimal dan seoptimal mungkin.

Sistem kelistrikan Lampung di *supply* oleh pembangkitan yang berada di wilayah Lampung dan Wilayah Sumatera Selatan, sehingga untuk menyalurkan energi listrik dari Sumatera selatan ke Lampung dibutuhkan saluran transmisi 150 kV yang relatif sangat jauh. Kondisi saat ini (*existing*) dalam menyalurkan energi listrik dari sistem Sumatera Selatan ke sistem Lampung melalui saluran transmisi dua line (*double phi*) 150 kV Bukit Asam - Baturaja. Saluran transmisi Bukit Asam - Baturaja yang relatif panjang maka akan menjadi rawan

mengalami gangguan pada jaringan penyalurannya.

Saluran transmisi yang menghubungkan sistem Sumatera Selatan dengan sistem Lampung perlu mendapatkan perhatian yang lebih karena energi yang disalurkan sangat besar mencapai 360 MW. Oleh karena itu melihat kondisi saat ini (*existing*) yang hanya di salurkan melalui satu lokasi penyaluran yang terdiri dari dua line Bukit Asam – Baturaja maka agar dapat mem-*backup* dan menjaga saluran energi listrik tetap terjaga ketika terjadi gangguan pada salah satu line transmisinya perlu adanya *alternative* jalur transmisi 150 kV lain untuk dapat menjaga keandalan transfer listrik dari wilayah Sumatera selatan ke wilayah Lampung.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*) hingga Saluran distribusi listrik (*substation distribution*) sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik atau dapat diartikan Sistem Tenaga Listrik adalah sekumpulan dari suatu

kesatuan unit-unit listrik yang terdiri dari unit pembangkit listrik, unit transmisi listrik, dan unit distribusi listrik yang terinterkoneksi satu dengan yang lainnya untuk menyalurkan listrik dari produsen kepada konsumen dengan dilengkapi sistem proteksi pada kesatuan tersebut. Sehingga pada intinya sistem tenaga listrik dibagi menjadi tiga segmen, yaitu Pembangkitan, Transmisi, dan Distribusi.

2.2 Pusat Pembangkit Listrik

Yaitu tempat energi listrik pertama kali dibangkitkan, dimana terdapat turbin sebagai penggerak mula (*prime mover*) dan generator yang membangkitkan listrik. Biasanya di pusat pembangkit listrik juga terdapat gardu induk (GI). Peralatan utama pada gardu induk antara lain: *Transformer*, yang berfungsi untuk menaikkan tegangan generator (11,5 kV) menjadi tegangan transmisi / tegangan tinggi (150 kV) dan juga peralatan pengaman dan pengatur.

Jenis pusat pembangkit yang umum antara lain:

1. PLTA (Pusat Listrik Tenaga Air)
2. PLTU (Pusat Listrik Tenaga Uap)
3. PLTG (Pusat Listrik Tenaga Gas)
4. PLTN (Pusat Listrik Tenaga Nuklir).

2.3 Saluran Transmisi

Berupa kawat-kawat yang di pasang pada menara atau tiang dan bisa juga melalui kabel yang di pendam di bawah permukaan tanah, saluran transmisi berfungsi menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit yang umumnya terletak jauh dari pusat beban menuju ke Gardu Induk (GI) atau dari Gardu Induk (GI) ke Gardu Induk (GI) sesuai dengan *supply* pada tegangan yang telah ditentukan, yang nantinya dari gardu induk akan diturunkan tegangannya melalui *transformer* penurunan tegangan dari tegangan transmisi ke tegangan distribusi (menengah).

2.4 Sistem Distribusi

Yang merupakan sub-sistem tersendiri yang terdiri dari: Pusat Pengatur Distribusi (*Distribution Control Centre, DCC*), Saluran tegangan menengah (6 kV dan 20 kV, biasa

juga disebut tegangan distribusi primer) yang merupakan saluran udara atau kabel tanah, Gardu Distribusi (GD) tegangan menengah yang terdiri dari panel-panel pengatur tegangan menengah dan trafo sampai dengan panel-panel distribusi tegangan rendah (380 V, 220 V) yang menghasilkan tegangan kerja/tegangan jala-jala untuk industri dan konsumen perumahan.

2.5 Gardu Induk

Merupakan sub sistem dari sistem penyaluran, Berfungsi untuk :

1. Mentransformasikan tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lain (500 kV, 150 kV / 70 kV) atau dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 kV / 20 kV, 70 kV / 20 kV).
2. Pengukuran, pengawasan operasi dan pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik.
3. Pengaturan pelayanan beban (daya) ke gardu-gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan ke gardu-gardu distribusi setelah melalui transformator penurunan tegangan (*step down transformer*) dan diteruskan ke penyulang (*feeder*) tegangan menengah.
4. Pengatur beban, seperti pada P2B Gandul, UPB Cawang, UPB Cigelereng, UPB Ungaran dan UPB Waru.

Jenis-Jenis Gardu Induk

- a. Gardu Induk Konvensional (jenis pasang luar / *outdoor*)

Adalah gardu induk yang peralatannya ditempatkan pada bagian luar (di area terbuka) disebut juga *switch yard* atau *switch gear*.



Gambar 1. Gardu Induk konvensional

- b. Gardu Induk Indoor (GIS)

Adalah gardu induk yang peralatannya ditempatkan pada bagian dalam ruangan (*indoor*) dengan memodifikasi peralatan tegangan tinggi yang dilindungi sistem gas terisolasi.

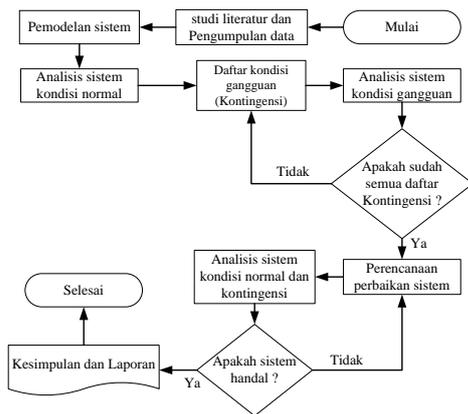


Gambar 2. Gardu Induk Indoor (GIS)

c. Gardu Induk Bawah Tanah
Adalah gardu induk *indoor* (GIS) yang ditempatkan pada ruangan bawah tanah dengan kondisi khusus.

3. Metode Penelitian

Flow chart penelitian ditunjukkan dalam alur seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3. Flow chart analisis keandalan sistem kelistrikan

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Sistem Kelistrikan Lampung

Sistem kelistrikan Lampung terdiri dari dua bagian yaitu sistem *isolated* yang merupakan saluran 20 kV yang di *supply* dari satu pembangkit lokal dan langsung disalurkan ke pelanggan tanpa terhubung dengan sistem besar dan sistem *grid* yang merupakan saluran transmisi 150 kV yang menghubungkan pembangkit - pembangkit dan Gardu Induk - Gardu Induk dengan frekuensi sistem 50 Hz sehingga sangat penting untuk menjaga keandalan penyaluran energinya, oleh karena itu sistem *grid* kelistrikan Lampung di *supply* oleh pembangkit-pembangkit sebagai berikut :

1. PLTA Besai, dengan daya mampu pasok 89,6 MW
2. PLTA Batuteги, dengan daya mampu pasok 28 MW

3. PLTU Tarahan, dengan daya mampu pasok 160 MW
4. PLTU Sebalang, dengan daya mampu pasok 140 MW
5. PLTP Ulu Belu, dengan daya mampu pasok 213,8 MW
6. PLTG Tarahan, dengan daya mampu pasok 14,8 MW
7. PLTD (tarahan, teluk betung, Tegineneng), daya mampu pasok 30 MW
8. PLTU Gunung Sugih, dengan daya mampu pasok 14 MW
9. PLTU Pelabuhan Tarahan, dengan daya mampu pasok 10 MW
10. PLTU Baturaja, dengan daya mampu pasok 20 MW
11. PLTMG Sutami, dengan daya mampu pasok 30 MW
12. PLTMG New Tarahan, dengan daya mampu pasok 30 MW
13. PLTMG MPP New Tarahan, dengan daya mampu pasok 100 MW

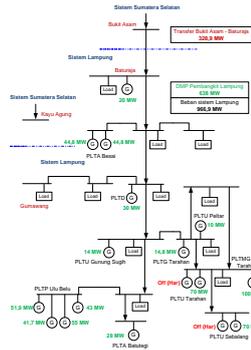
Berdasarkan data pembangkit yang berada dalam sistem Lampung diatas maka didapatkan total DMP (Daya mampu Pasok) Pembangkit sistem *grid* Lampung sebesar 820,2 MW sedangkan untuk beban Lampung tertinggi pada tahun 2018 mencapai 966,9 MW, sehingga sistem Lampung dapat dikatakan defisit bahkan untuk kondisi semua pembangkit beroperasi maksimal.

Untuk mengatasi kondisi defisit tersebut maka sistem Lampung di *supply* oleh pembangkit sistem Sumatera Selatan yang terkoneksi dalam sistem besar Sumatera melalui satu lokasi saluran transmisi dua *line* Bukit Asam - Baturaja mencapai 360 MW, padahal kemampuan maksimal *transfer* energinya sebesar 380 MW, kondisi ini sangat berpotensi besar akan terjadinya defisit daya ketika terjadi gangguan pada pembangkit atau penghantar sistem Lampung.

4.2 Analisis Sistem Kelistrikan Lampung Kondisi Normal

Untuk mengetahui kondisi *existing* sistem kelistrikan Lampung, maka dilakukan evaluasi dan analisa aliran daya pada sistem normal. Berdasarkan data monitoring pembebanan sistem Lampung maka dalam simulasi analisis ini digunakan hasil

monitoring beban sistem *grid* tertinggi yang pernah dicapai yaitu 966,9 MW dan rata - rata Daya Mampu Pasok (DMP) pembangkit sistem Lampung sebesar 638 MW.



Gambar 4. Analisis Aliran Daya Sistem Lampung Kondisi Normal

Dari hasil analisis aliran daya untuk kondisi normal dapat dibagi menjadi dua kondisi yaitu:

1. Defisit Daya jika tidak mendapat transfer energi dari sistem Sumatera Selatan, dengan perhitungan nilai faktor ketersediaan, faktor penggunaan dan defisit daya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Faktor Ketersediaan} &= \frac{\text{Daya Tersedia}}{\text{Daya Terpasang}} \\ &= \frac{638}{820,2} \\ &= 0,78 \end{aligned}$$

Berdasarkan faktor ketersediaan = 0,78, maka dapat disimpulkan jika dalam kondisi normal ketersediaan daya sistem Lampung sebesar 78%.

$$\begin{aligned} \text{Faktor Penggunaan} &= \frac{\text{Beban Puncak}}{\text{Daya Terpasang}} \\ &= \frac{966,9}{820,2} \\ &= 1,17 \end{aligned}$$

Berdasarkan faktor penggunaan = 1,17, maka dapat disimpulkan jika kondisi sistem lampung akan mengalami defisit sebesar 17% untuk ketersediaan pembangkit 100%.

Defisit Daya yang terjadi berdasarkan ketersediaan daya pembangkit adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Defisit Daya} &= \text{Beban Puncak} - \text{Daya Tersedia} \\ &= 966,9 - 638 \\ &= 328,9 \text{ MW} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka sistem harus melakukan pemadaman defisit daya sebesar 328,9 MW.

2. Normal jika mendapat transfer energi dari sistem Sumatera Selatan dengan nilai transfer mampu maksimal 380 MW. Untuk perhitungan nilai faktor ketersediaan, faktor penggunaan dan defisit daya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Faktor Ketersediaan} &= \frac{638 + 380}{820,2 + 380} = \frac{1018}{1200,2} \\ &= 0,85 \end{aligned}$$

Berdasarkan faktor ketersediaan = 0,85, maka dapat disimpulkan jika dalam kondisi normal ketersediaan daya sistem Lampung sebesar 85 %.

$$\begin{aligned} \text{Faktor Penggunaan} &= \frac{\text{Beban Puncak}}{\text{Daya Terpasang}} = \frac{966,9}{1200,2} \\ &= 0,80 \end{aligned}$$

Berdasarkan faktor penggunaan = 0,80, maka dapat disimpulkan jika kondisi sistem Lampung normal dengan cadangan daya sebesar 20% untuk ketersediaan pembangkit dan transfer 100%.

Defisit Daya yang terjadi berdasarkan ketersediaan daya pembangkit adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Defisit Daya} &= \text{Beban Puncak} - \text{Daya Tersedia} \\ &= 966,9 - 1018 \\ &= - 51,1 \text{ MW} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka sistem tidak mengalami defisit daya dan mempunyai cadangan daya sebesar 51,1 MW. Untuk nilai N-1 sistem Lampung sebesar 80 MW (kapasitas pembangkit tertinggi) maka dapat disimpulkan sistem masih belum andal.

Tabel 1. Hasil Analisis Sistem Kelistrikan Lampung Kondisi Normal

No	Keterangan	Sistem Lampung	Sistem Lampung + Transfer Daya Sumsel
1	Daya terpasang (MW)	820,2	1200,2
2	Daya Tersedia (MW)	638	1018
3	Beban Puncak (MW)	966,9	966,9
4	Faktor Ketersediaan (%)	78	85
5	Faktor Penggunaan (%)	117	80
6	Defisi daya (MW)	328,9	0
7	Cadangan Daya (MW)	0	51,1
8	N-1 (80 MW)	Tidak Terpenuhi	Tidak Terpenuhi
9	Kesimpulan	Belum Andal	Siaga

4.3 Analisis Sistem Kelistrikan Lampung Kondisi Gangguan

Selain dilakukan analisis pada kondisi normal, untuk mengetahui kondisi sistem *existing* maka perlu untuk dilakukan analisis

terhadap kondisi sistem saat terjadi gangguan pada pembangkitan ataupun penghantar saluran transmisi.

Dalam analisis sistem kelistrikan Lampung Kondisi Gangguan dilakukan dengan cara melakukan simulasi beberapa kondisi gangguan (kotingensi) yang mungkin terjadi pada sistem Lampung yang mendapat transfer daya dari sistem Sumatera Selatan. Untuk analisis sistem kondisi gangguan dengan kotingensi sebagai berikut:

1. Gangguan Pada Unit PLTU Tarahan (trip 70 MW)

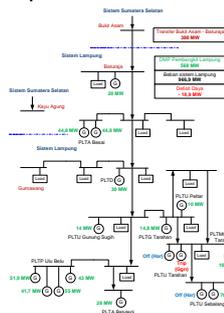
$$\text{Faktor Ketersediaan} = \frac{568 + 380}{820,2 + 380} = \frac{948}{1200,2} = 0,79$$

Jadi ketersediaan daya sistem Lampung sebesar 79 %.

Defisit Daya yang terjadi berdasarkan ketersediaan daya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Defisit Daya} &= \text{Beban Puncak} - \text{Daya Tersedia} \\ &= 966,9 - 948 \\ &= 18,9 \text{ MW} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka sistem mengalami defisit daya dan harus melakukan pemadaman sebesar 18,9 MW.



Gambar 5. Analisis Aliran Daya Kotingensi Trip PLTU Tarahan

2. Gangguan Pada Unit PLTU Tarahan dan PLTU Sebalang (trip 140 MW)

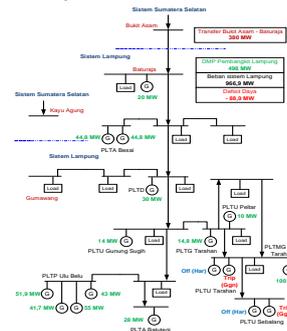
$$\text{Faktor Ketersediaan} = \frac{498 + 380}{820,2 + 380} = \frac{878}{1200,2} = 0,73$$

Jadi ketersediaan daya sistem Lampung sebesar 73%.

Defisit Daya yang terjadi berdasarkan ketersediaan daya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Defisit Daya} &= \text{Beban Puncak} - \text{Daya Tersedia} \\ &= 966,9 - 878 \\ &= 88,9 \text{ MW} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka sistem mengalami defisit daya dan harus melakukan pemadaman sebesar 88,9 MW.



Gambar 6. Analisis dengan Kotingensi Trip PLTU Tarahan dan Sebalang

3. Gangguan Pada Unit PLTP Ulu Belu (trip 191,6 MW)

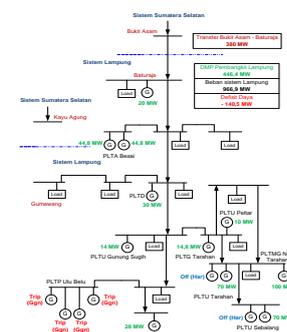
$$\text{Faktor Ketersediaan} = \frac{446,4 + 380}{820,2 + 380} = \frac{826,4}{1200,2} = 0,69$$

Jadi ketersediaan daya sistem Lampung sebesar 69%.

Defisit Daya yang terjadi berdasarkan ketersediaan daya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Defisit Daya} &= \text{Beban Puncak} - \text{Daya Tersedia} \\ &= 966,9 - 826,4 \\ &= 140,5 \text{ MW} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka sistem mengalami defisit daya dan harus melakukan pemadaman sebesar 140,5 MW.



Gambar 7. Analisis Aliran Daya Kotingensi Trip PLTP Ulu Belu

4. Gangguan Pada Peghantar Bukit Asam – Baturaja

$$\text{Faktor Ketersediaan} = \frac{638 + 0}{820,2 + 380} = \frac{638}{1200,2} = 0,53$$

Jadi ketersediaan daya sistem Lampung sebesar 53 %.

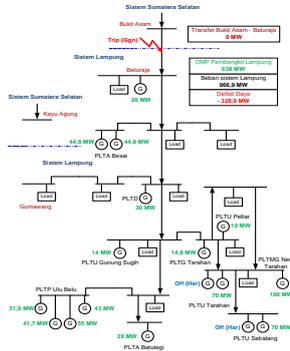
Defisit Daya yang terjadi berdasarkan ketersediaan daya adalah :

Defisit Daya = Beban Puncak - Daya Tersedia

$$= 966,9 - 638$$

$$= 328,9 \text{ MW}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka sistem mengalami defisit daya dan harus melakukan pemadaman sebesar 328,9 MW.



Gambar 8. Analisis dengan Kotingensi Trip Penghantar Bukit Asam Baturaja

Hasil analisis dan perhitungan - perhitungan diatas maka dapat disimpulkan kondisi gangguan sistem Lampung *existing* seperti dalam tabel berikut ini :

Tabel 2. Hasil Analisis Sistem Kelistrikan Lampung Kondisi Gangguan

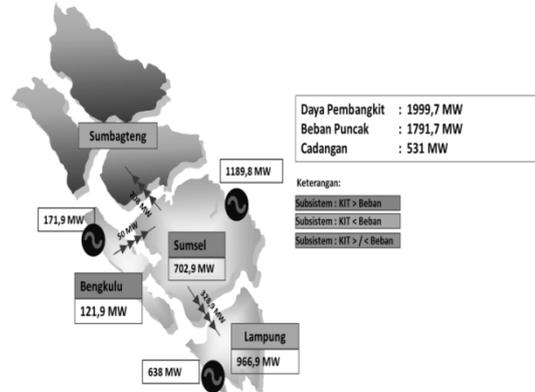
No	Keterangan	Sistem Lampung + Transfer Daya Sumsel			
		Trip Unit PLTU Tarahan	Trip Unit PLTU Tarahan dan Sebalang	Trip Unit PLTP Ulu Belu	Trip Penghantar Bukit Asam - Baturaja
1	Daya terpasang (MW)	1200,2	1200,2	1200,2	1200,2
2	Daya Tersedia (MW)	948	878	826,4	638
3	Beban Puncak (MW)	966,9	966,9	966,9	966,9
4	Faktor Ketersediaan (%)	79	73	69	53
6	Defisi daya (MW)	18,9	88,9	140,5	328,9
7	Cadangan Daya (MW)	0	0	0	0
8	N-1 (80 MW)	Tidak Terpenuhi	Tidak Terpenuhi	Tidak Terpenuhi	Tidak Terpenuhi
9	Kesimpulan	Defisit	Defisit	Defisit	Defisit

4.4 Perencanaan Sistem Kelistrikan Lampung

Pada sistem kelistrikan Lampung yang terhubung dengan sistem Sumatera melalui sistem kelistrikan Sumatera Selatan untuk kondisi *existing* hanya melalui saluran transmisi Bukit Asam - Baturaja, berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka didapatkan kondisi sistem Lampung yang belum andal. Oleh karena itu untuk meningkatkan keandalan sistem Lampung maka akan direncanakan pembangunan saluran transmisi Kayu Agung - Gumawang, sehingga untuk hasil perencanaannya sistem

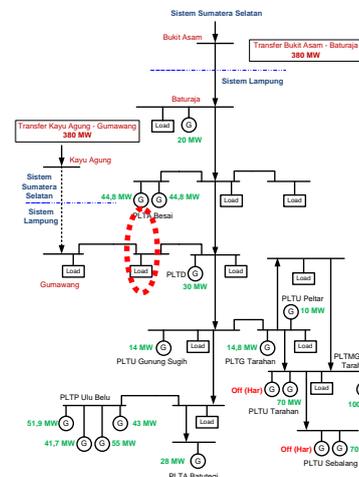
Lampung dapat di *supply* dari dua jalur transmisi yang berbeda lokasi.

Berdasarkan perencanaan yang dilakukan maka sistem Lampung dapat menerima tambahan aliran daya dari sistem sumatera melalui sub sistem Sumatera Selatan yang mempunyai cadangan daya pembangkit cukup besar. Untuk kondisi sistem penyaluran sistem sumatera dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 9. Aliran Daya Sistem Sumatera Bagian Selatan

Jika dilakukan pembangunan saluran transmisi dengan kapasitas penghantar sesuai dengan kondisi *existing* maka sistem Lampung akan mendapatkan tambahan transfer daya maksimal sebesar 380 MW sehingga total transfer daya dari sistem Sumatera Selatan akan menjadi maksimal sebesar 760 MW. Untuk single line aliran daya dengan penambahan saluran transmisi Kayu Agung - Gumawang dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 10. Aliran Daya Sistem Lampung Setelah Perencanaan

4.4 Analisis Kondisi Sistem Normal dan Kondisi Gangguan Pada Sistem yang Direncanakan

Untuk melihat tingkat keandalan sistem Lampung yang direncanakan maka dilakukan analisis kondisi normal dan kondisi gangguan pada sistem yang direncanakan yaitu sebagai berikut :

1. Kondisi Normal Sistem

$$\text{Faktor Ketersediaan} = \frac{638 + 380 + 380}{820,2 + 380 + 380} = \frac{1398}{1580,2} = 0,88$$

Berdasarkan faktor ketersediaan = 0,88, maka dapat disimpulkan jika dalam kondisi normal ketersediaan daya sistem Lampung sebesar 88 %.

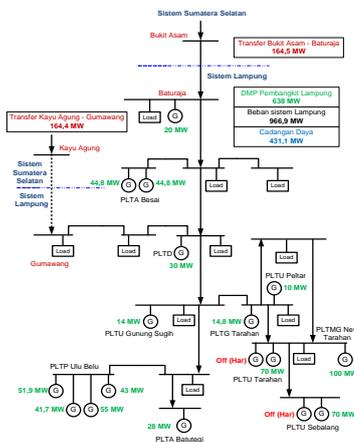
$$\text{Faktor Penggunaan} = \frac{\text{Beban Puncak}}{\text{Daya Terpasang}} = \frac{966,9}{1580,2} = 0,61$$

Berdasarkan faktor penggunaan = 0,61, maka dapat disimpulkan jika kondisi sistem Lampung normal dengan cadangan daya sebesar 39% untuk ketersediaan pembangkit dan transfer 100%.

Defisit Daya yang terjadi berdasarkan ketersediaan daya pembangkit adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Defisit Daya} &= \text{Beban Puncak} - \text{Daya Tersedia} \\ &= 966,9 - 1398 \\ &= - 431,1 \text{ MW} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka sistem tidak mengalami defisit daya dan mempunyai cadangan daya sebesar 431,1 MW. Untuk nilai N-1 sistem Lampung sebesar 80 MW (kapasitas pembangkit tertinggi) maka dapat disimpulkan sistem dalam kondisi andal.



Gambar 11. Analisis Rencana Sistem Kondisi Normal

2. Gangguan Pada Unit PLTU Tarahan (trip 70 MW)

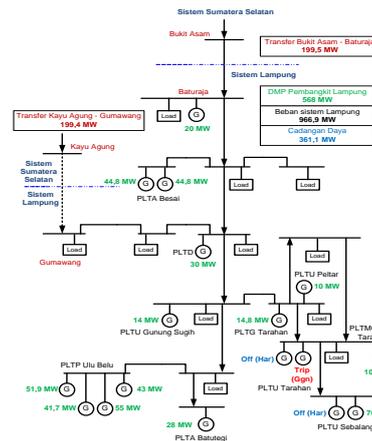
$$\begin{aligned} \text{Faktor Ketersediaan} &= \frac{568 + 380 + 380}{820,2 + 380 + 380} \\ &= \frac{1328}{1580,2} = 0,84 \end{aligned}$$

Jadi ketersediaan daya sistem Lampung sebesar 84 %.

Defisit Daya yang terjadi berdasarkan ketersediaan daya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Defisit Daya} &= \text{Beban Puncak} - \text{Daya Tersedia} \\ &= 966,9 - 1328 \\ &= - 361,1 \text{ MW} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka sistem tidak mengalami defisit daya dan mempunyai cadangan daya sebesar 361,1 MW.



Gambar 12. Analisis Rencana Sistem dengan Kotingensi Trip PLTU Tarahan

3. Gangguan Pada Unit PLTU Tarahan dan PLTU Sebalang (trip 140 MW)

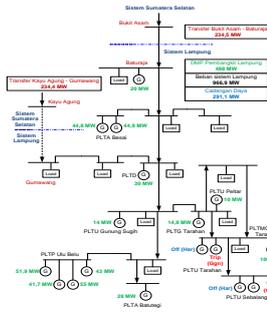
$$\begin{aligned} \text{Faktor Ketersediaan} &= \frac{498 + 380 + 380}{820,2 + 380 + 380} \\ &= \frac{1258}{1580,2} = 0,80 \end{aligned}$$

Jadi ketersediaan daya sistem Lampung sebesar 80%.

Defisit Daya yang terjadi berdasarkan ketersediaan daya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Defisit Daya} &= \text{Beban Puncak} - \text{Daya Tersedia} \\ &= 966,9 - 1258 \\ &= - 291,1 \text{ MW} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka sistem tidak mengalami defisit daya dan mempunyai cadangan daya sebesar 291,1 MW.



Gambar 13. Analisis Rencana Sistem dengan Kotingensi Trip PLTUTarahan dan Sebalang

4. Gangguan Pada Unit PLTP Ulu Belu (trip 191,6 MW)

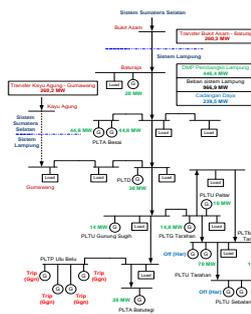
$$\text{Faktor Ketersediaan} = \frac{446,4 + 380 + 380}{820,2 + 380 + 380} = \frac{1206,4}{1580,2} = 0,76$$

Jadi ketersediaan daya sistem Lampung sebesar 76%.

Defisit Daya yang terjadi berdasarkan ketersediaan daya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Defisit Daya} &= \text{Beban Puncak} - \text{Daya Tersedia} \\ &= 966,9 - 1206,4 \\ &= - 239,5 \text{ MW} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka sistem tidak mengalami defisit daya dan mempunyai cadangan daya sebesar 239,5 MW.



Gambar 14. Analisis Rencana Sistem dengan Kotingensi Trip PLTP Ulu Belu

5. Gangguan Pada Peghantar Bukit Asam - Baturaja

$$\text{Faktor Ketersediaan} = \frac{638 + 0 + 380}{820,2 + 380 + 380} = \frac{1018}{1580,2} = 0,64$$

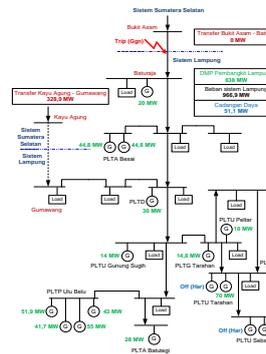
Jadi ketersediaan daya sistem Lampung sebesar 64 %.

Defisit Daya yang terjadi berdasarkan ketersediaan daya adalah :

$$\text{Defisit Daya} = \text{Beban Puncak} - \text{Daya Tersedia}$$

$$\begin{aligned} &= 966,9 - 1018 \\ &= -51,1 \text{ MW} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka sistem tidak mengalami defisit daya dan mempunyai cadangan daya sebesar 51,1 MW.



Gambar 15. Analisis Rencana Sistem dengan Kotingensi Trip Penghantar Bukit Asam - Baturaja

Hasil perhitungan dan analisis terhadap rencana sistem dengan pembangunan saluran transmisi Kayu Agung - Gumawang untuk kondisi normal dan kondisi gangguan dapat disimpulkan seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 3. Hasil Analisis Rencana Sistem Kelistrikan Lampung Kondisi Normal dan Kondisi Gangguan

No	Keterangan	Sistem Lampung + Transfer Daya Sumsel			
		Kondisi Normal	Trip Unit PLTU Tarahan dan Sebalang	Trip Unit PLTP Ulu Belu	Trip Penghantar Bukit Asam - Baturaja
1	Daya terpasang (MW)	1580,2	1580,2	1580,2	1580,2
2	Daya Tersedia (MW)	1398	1328	1258	1206,4
3	Beban Puncak (MW)	966,9	966,9	966,9	966,9
4	Faktor Ketersediaan (%)	88	84	80	76
6	Defisi daya (MW)	0	0	0	0
7	Cadangan Daya (MW)	431,1	361,1	291,1	239,5
8	N-1 (80 MW)	Terpenuhi	Terpenuhi	Terpenuhi	Terpenuhi
9	Kesimpulan	Andal	Andal	Andal	Andal

4.5 Perbandingan Kondisi Existing Dan Kondisi Setelah Perencanaan Sistem Kelistrikan Lampung

Agar dapat diketahui tingkat keandalan sistem Lampung dengan adanya pembangunan saluran transmisi Kayu Agung - Gumawang maka perlu dilakukan perbandingan hasil analisis kondisi sebelum dan sesudah dilakukan perencanaan.

Pembangunan saluran transmisi Kayu Agung - Gumawang terbukti dapat meningkatkan keandalan penyaluran energi pada sistem kelistrikan Lampung. Dengan meningkatnya keandalan sistem maka akan berdampak pada peningkatan penjualan dan kepuasan pelanggan dalam menggunakan energi listrik

Hasil perbandingannya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4. Perbandingan Hasil Analisis Sebelum dan Sesudah Rencana Sistem untuk Kondisi Normal dan Kondisi Gangguan

No	Keterangan		Daya Tersedia (MW)	Beban Puncak (MW)	Defisit daya (MW)	Cadangan Daya (MW)	N-1 (80 MW)	Kesimpulan
1	Kondisi Normal	Sebelum	1018	966,9	0	51,1	Tidak Terpenuhi	Siaga
		Sesudah	1580,2	966,9	0	431,1	Terpenuhi	Andal
2	Trip Unit PLTU Tarahan	Sebelum	948	966,9	18,9	0	Tidak Terpenuhi	Defisit
		Sesudah	1328	966,9	0	361,1	Terpenuhi	Andal
3	Trip Unit PLTU Tarahan dan Sebalang	Sebelum	878	966,9	88,9	0	Tidak Terpenuhi	Defisit
		Sesudah	1258	966,9	0	291,1	Terpenuhi	Andal
4	Trip Unit PLTP Ulu Belu	Sebelum	826,4	966,9	140,5	0	Tidak Terpenuhi	Defisit
		Sesudah	1206,4	966,9	0	239,5	Terpenuhi	Andal
5	Trip Penghantar Bukit Asam - Baturaja	Sebelum	638	966,9	328,9	0	Tidak Terpenuhi	Defisit
		Sesudah	1018	966,9	0	51,1	Tidak Terpenuhi	Siaga

5. Kesimpulan

1. Sistem Lampung terkoneksi dengan sistem Sumatera Selatan melalui saluran transmisi Bukit Asam – Baturaja, untuk meningkatkan keandalan sistem maka pembangunan saluran transmisi Kayu Agung – Gumawang sangat penting.
2. Hasil study sistem Lampung saat ini (*existing*) kondisi normal tidak memenuhi nilai N-1 (80 MW) dengan cadangan 51,1 MW, sedangkan sesudah sistem direncanakan maka dapat memenuhi nilai N-1 dengan cadangan 431,1 MW.
3. Hasil study kondisi 4 model kotingensi (gangguan) maka sistem saat ini (*existing*) mengalami defisit untuk semua pemodelan dengan nilai defisit terbesar mencapai 328,9 MW. Sedangkan hasil analisis pada sistem sesudah direncanakan didapatkan kondisi sistem andal untuk 3 pemodelan dan siaga untuk 1 pemodelan dengan nilai cadangan daya sebesar 51,1 MW.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvarado, Fernando. dan Oren, Shmuel. (2004) Transmission System Operation and Interconnection. Madison: University of Wisconsin.
- Fitri, Shindy Dewi Saras. (2017) Analisa Indeks Keandalan Pada Pembangkitan Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) Pantai Baru Pandansimo Menggunakan Perhitungan LOLP (*Lost Of Load Probability*). Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Grainger, John J. dan Stevenson, William D. (1998) Power System Analysis. Singapore: McGraw-Hill International Edition.

Kim, Hyungchul. (2003) Evaluation of Power System Security and Development of Transmission Price Method. Texas: A&M University.

Marsudi, Ir. Djiteng. (2006) Operasi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta: Graha Ilmu.

PLN. (2011) Perencanaan Sistem Transmisi. Jakarta: Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT. PLN (Persero).

Pottonen, Liisa. (2005) A Method for The Probabilistic Security Analysis of Transmission Grid. Finland: Helsinki University of Technology.

Prasetyo, Gunawan Eko. (2007) Studi Tentang Indeks Keandalan Pembangkit Tenaga Listrik Wilayah Daerah Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Semarang: Universitas Diponegoro.

R. Billinton, R.N. Allan. (1994) Reliability Evaluation Of Power Systems, 2nd ed. London: Plenum Publishing Corporation.

Yeu, Rodney. (2005) Post-Contingency Equilibrium Analysis. Canada: IEEE