Studi Aliran Daya PLTU Kaltim-6 Pada Sistem Kalseltengtimra

Mulki Rezka[1],Erwin Yusuf[2]

Departemen Teknik Elektro,Universitas Muhammadiyah Bandung[1],

Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung[2]

[1]ukisan87 @gmail.com

[2]erwin.yusuf@gmail.com

Abstrak

Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di Pulau Kalimantan saat ini masih tetap direncanakan sebagaimana yang tercantum di dalam RUPTL. Salah satunya adalah Kaltim-6 dengan kapasitas 200MW yang pembangunannya diserahkan pada pihak swasta (IPP). Konsep dari pembangkit ini adalah mulut tambang, yang artinya pembangkit dekat dengan tambang atau biaya transportasi dari tambang dianggap nol. Listrik yang dihasilkan oleh PLTU Kaltim-6 selanjutnya disalurkan ke sistem transmisi Kalseltengtimra dengan koneksi double phi ke kabel transmisi 150kV antara gardu induk Petung dengan Kariangau. Untuk memastikan bahwa listrik yang dihasilkan dapat terserap oleh beban yang ada, maka perlu dilakukan studi aliran daya, sehingga dapat diketahui listrik yang dikirimkan dapat terserap oleh beban dan sistem bekerja dengan baik dan aman. Untuk menyelesaikan permasalahan ini akan digunakan metode Newton-Rhapson dengan simulasi menggunakan komputer. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa listrik yang dihasilkan dapat terserap oleh beban pada tahun 2020 dan tidak memerlukan perubahan rating peralatan eksisting.

Kata Kunci—*;Kaltim-6, Aliran daya, Transmisi 150kV, Newton-Rhapson.*

PENDAHULUAN

Tenaga listrik merupakan kebutuhan dasar yang vital dalam perekonomian dunia modern saat ini, ini juga merupakan komoditas strategis bagi pemerintah dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat, mendidik bangsa dan untuk mendorong kegiatan ekonomi. Di beberapa negara berkembang, tersedianya pasokan listrik yang mantap dengan harga pantas sangat penting bagi pertumbuhan ekonomi dan pembangunan. Oleh karena itu, ketersediaan listrik dalam jumlah cukup, andal, aman, dengan harga yang kompetitif dan berwawasan lingkungan menjadi sangat penting dan merupakan program pengembangan infrastruktur berskala prioritas di Indonesia.

Pemerintah telah menargetkan pertumbuhan ekonomi yang tinggi. Target ini dilakukan untuk memberikan kemudahan kepada investor untuk berinvestasi di Indonesia. Semua rencana ini akan tercapai bila dukungan ketersediaan tenaga listrik di Indonesia dapat terpenuhi.

Pembangunan pusat tenaga listrik bersifat padat modal dan teknologi. Sejalan dengan asas desentralisasi dan demokratisasi dalam tatanan masyarakat, bangsa, dan negara, peran pemerintah dan masyarakat dalam penyediaan listrik perlu ditingkatkan. Termasuk pulau Kalimantan yang saat ini memiliki pertumbuhan ekonomi yang tinggi. Berdasarkan RUPTL 2016-2025, untuk meningkatkan elektrifikasi di pulau Kalimantan PT PLN berencana membangun beberapa pusat pembangkit diantaranya PLTU Kaltim-6 dengan kapasitas 200MW.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan studi aliran daya dengan masuknya PLTU Kaltim-6 200MW pada Sistem Interkoneksi Kalimantan. Dimana, pembangunan pusat pembangkit dapat dilaksanakan apabila mendapat kepastian bahwa listrik yang diproduksi harus dapat tersalurkan sepenuhnya ke beban. Berdasarkan RUPTL PT PLN 2016-2025, PLTU Kaltim-6 direncanakan akan beroperasi dan tersambung ke jaringan transmisi Sistem Kalimantan 150 kV pada tahun 2020. Sehingga perlu dilakukan kajian aliran daya dan kemampuan jaringan pada tahun tersebut.

Adapun, ruang lingkup dari penelitian ini adalah analisis aliran daya pada Sistem Kalimantan dengan terinterkoneksinya PLTU Kaltim-6 menggunakan

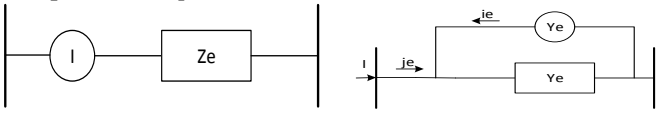
metode Newton-Rhapson dengan bantuan software simulasi.

PEHITUNGAN ALIRAN DAYA SISTEM TENAGA LISTRIK

Studi aliran daya atau biasa disebut juga aliran beban sangat penting dalam merencanakan dan merancang perluasan sistem tenaga dimasa depan. Selain itu, studi ini juga dalam menentukan operasi terbaik dari sistem yang ada.

A. Persamaan Kerja Jaringan Listrik

Dalam menganalisa jaringan tenaga listrik secara sistematis dibutuhkan persamaan kerja dalam entuk matrix berdasarkan Hukum Kirchoff, baik untuk tegangan maupun arus. Jaringan tenaga listrik pada hahekatnya adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari cabang-cabang pasif yang mengandung tegangan dan arus. Sebuah cabang adalah saluran yang menghubungkan dua buah bus. Gambar berikut merupakan sebuah saluran yang terdiri dari dua bus, bus p dab bus q.



a) dalam betuk Impedansi b) dalam betuk admitansi

Gambar 1 Rangkaian Pengganti Cabang Saluran Tenaga

Dari Gambar 1a, besaran Ee merupakan tegangan jatuh cabang p-q dan Ze merupakan impedansi saluran. Sedangkan Gambar 1b merupakan bentuk dari Gambar 1a, dimana persamaan arus dan tegangannya dapat ditulis dalam persamaan (2)(1) berikut.

$$i_e + j_e = Y_e E_e \quad (1)$$

Yang dalam suatu sistem dapat dihimpun dan dituliskan dalam bentuk matrix sebagaimana berikut.

$$[I] + [J] = [Y][E] \quad (2)$$

Persamaan (2) merupakan persamaan kerja dalam bentuk primitive yang masih belum dapat diselesaikan. Agar dapat diselesaikan maka perlu dipergunakan Hukum Kirchoff arus dan tegangan.

Hukum Kirchoff arus dalam bentuk matrix dapat dituliskan sebagai berikut.

$$[A][I] = [0] \quad (3)$$

Sedangkan Hukum Kirchoff tegangan dalam bentuk matrix dapat dituliskan sebagai berikut.

$$[A]^t[V] = [E] \quad (4)$$

Apabila matrix A dikalikan dengan persamaan (2), maka akan dihasilkan persamaan sebagai berikut.

$$[A][I] + [A][J] = [A][Y][E] \quad (5)$$

Kemudian persamaan (5) ini disubstitusikan dengan persamaan (3) dan (4) maka akan dihsasilkan persamaan berikut.

$$[0] + [A][J] = [A][Y][A]^t[V] \quad (6)$$

Kemudian persamaan (6) ini dapat dituliskan kedalam bentuk persamaan (7) berikut.

$$[I_{Bus}] = [Y_{Bus}][V_{Bus}] \quad (7)$$

Dimana

$$[I_{Bus}] = [A][J] \quad (8)$$

$$Y_{Bus}] = [A][Y][A]^t \quad (9)$$

$$V_{Bus}] = Vektor\ Tegangan\ Bus \quad (10)$$

Perhitungan Aliran Beban dengan Metoda Newton Rapshon

Besaran utama yang harus diketahui terlebih dahulu dalam studi aliran daya adalah tegangan dan sudut fasa pada masing-masing bus. Nilai besaran tegangan dan sudut fasa hasil perhitungan ini dilakukan untuk mengukur daya aktif dan daya reaktif yang mengalir pada jaringan, besarnya daya aktif dan daya reaktif yang harus dibangkitkan pada stasiun pembangkit, serta rugi-rugi daya pada jaringan. Setiap bus dalam sistem tenaga listrik dikelompokkan menjadi 3 tipe bus, yaitu [1][2][3]:

1. Bus beban (bus P-Q), pada bus beban variabel yang diketahui adalah daya aktif dan daya Reaktif, sedangkan besar tegangan dan sudut fasanya dihitung.
2. Bus generator (bus P-V), pada bus generator variabel yang diketahui adalah besar tegangan dan daya aktif , sedangkan sudut fasa tegangan dan daya reaktif dihitung.
3. Bus slack, pada bus slack atau bus referensi, variabel yang diketahui adalah besar tegangan dan sudut fasanya, sudut fasa pada bus referensi menjadi acuan untuk sudut fasa tegangan pada bus yang lain.

Salah satu metode untuk menyelesaikan persamaan aliran daya adalah metode Newton-Raphson. Dengan metode Newton-Raphson persamaan aliran daya dinyatakan bahwa tegangan bus dan admitansi saluran dalam bentuk polar, seperti pada Persamaan (11) dan (12) [1].

$$P_i = V_i^* \sum_{n=1}^{n} Y_{in} V_n \quad (11)$$

$$Q_i = -Im\left\{V_i^* \sum_{n=1}^{n} Y_{in} V_n\right\} \quad (12)$$

dimana P_i adalah besar daya aktif pada bus ke-i; Q_i adalah besar daya reaktif pada bus ke-i; V_i^* adalah besar tegangan pada bus kei; V_n adalah besar tegangan

pada bus ke-n; dan Y_{in} adalah besar admitansi antara bus ke-i dan bus ke-n.

Hasil perhitungan daya menggunakan Persamaan (11) dan (12) akan diperoleh nilai $P_1^{(k)}$ dan $Q_1^{(k)}$. Hasil ini digunakan untuk menghitung nilai $\Delta P_1^{(k)}$ dan $\Delta Q_1^{(k)}$ menggunakan persamaan (13) dan (14) berikut:

$$\Delta P_1^{(k)} = P_{i\,spec} - P_{i\,calc}^{(k)} \tag{13}$$

$$\Delta Q_1^{(k)} = Q_{i\,spec} - Q_{i\,calc}^{(k)} \tag{14}$$

dimana $P_{i\,calc}^{(k)}$ adalah besar daya aktif perhitungan pada bus ke-i; $P_{i\,spec}$ adalah besar daya aktif yang diketahui pada bu ke-i; $Q_{i\,calc}^{(k)}$ adalah besar daya reakti perhitungan pada bus ke-i; $Q_{i\,spec}$ besar daya reaktif yang diketahui pada bus ke-i.

Hasil perhitungan Persamaan (13) dan (14) digunakan untuk membentuk matriks Jacobian, persamaan matriks Jacobian dapat dilihat pada Persamaan (15) [1].

$$\begin{bmatrix}\Delta P^{(k)} \\ \Delta Q^{(k)}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}H & N \\ M & L\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta\delta^{(k)} \\ \Delta|V|^{(k)}\end{bmatrix} \tag{15}$$

Setelah nilai $\Delta\delta^{(k)}$ dan $\Delta|V|^{(k)}$ didapat, lalu menghitung nilai tersebut untuk iterasi berikutnya, yaitu dengan menambahkan nilai $\Delta\delta_i^{(k)}$ dan $\Delta|V_i^{(k)}|$, sehingga diperoleh Persamaan (16) dan (17)

$$\delta_i^{(k+1)} = \Delta\delta^{(k)} - \Delta\delta_i^{(k)} \tag{16}$$

$$|V_i^{(k+1)}| = |V_i^{(k)}| - \Delta|V_i^{(k)}| \tag{17}$$

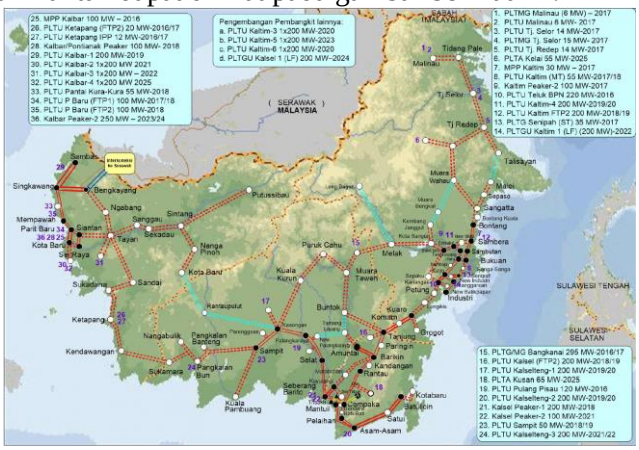
Hasil perhitungan Persamaan (16) dan (17). digunakan lagi untuk proses iterasi selanjutnya, yaitu dengan memasukkan nilai ini ke dalam Persamaan (12) dan (13) sebagai langkah awal perhitungan aliran daya. Proses ini dilakukan terus menerus yaitu n-iterasi sampai diperoleh nilai yang konvergen.

KELISTRIKAN SISTEM KALIMANTAN

A. Pengembangan Kelistrikan Sistem Kalimantan

Mengacu pada RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2016-2025, Pengembangan transmisi di Kalimantan diutamakan untuk menghubungkan sistem-sistem yang belum terinterkoneksi. Cross-border interconnection antara Kalimantan Barat dan Serawak akan meningkatkan keandalan dan efisiensi operasi sistem tenaga listrik di Kalbar..

Untuk menghubungkan sistem Kalbardengan sistem Kalselteng, akan dibangun transmisi 150 kV untuk meningkatkan keandalan pasokan. Dalam jangka panjang, sistem kelistrikan se-Kalimantan direncanakan akan terhubung menjadi satu yaitu Grid Borneo. Sebagai pengubung antar sistem (backbone) termasuk cross-border interconnection dengan Malaysia (Sabah dan Serawak), direncanakan pembangunan transmisi tegangan ekstra tinggi (EHV). Adapun level tegangan penyaluran yang akan digunakan menunggu hasil studi master plan Grid Borneo yang saat ini dalam tahap pelaksanaan.. Rencana pengembangan sistem transmisi di Kalimantan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2 Peta rencana pengembangan sistem interkoneksi Kalimantan

Beberapa proyek transmisi strategis di Sistem Kalimantan antara lain [4]:

- Proyek transmisi 275 kV cross border interconnection dan transmisi 150 kV yang terkait untuk menyalurkan daya dari Serawak ke Kalbar dalam rangka memenuhi demand dan meningkatkan keandalan pasokan sistem Kalbar.
- Transmisi interkoneksi 150 kV Kalselteng – Kaltim yang membentang dari Tanjung, Kuaro, Petung hingga Karangjoang dan saat ini dalam tahap konstruksi, diharapkan bisa selesai tahun 2016 sehingga akan membentuk sistem Kalseltengtim. Selain itu, rencana transmisi 150 kV Bangkanai – Melak – Kota Bangun akan memperkuat interkoneksi Kalseltengtim.
- Transmisi 150 kV Bangkanai – Muara Teweh – Buntok – Tanjung untuk evakuasi daya PLTMG Bangkanai 155 MW dan 140 MW ke sistem Kalselteng
- Transmisi 150 kV Muara Teweh – Puruk Cahu – Kuala Kurun – Kasongan dan uprating transmisi 150 kV Palangkaraya – Selat – Seberang Barito

untuk mendukung evakuasi daya dari PLTU IPP Kalselteng 1 (2x100 MW) ke pusat beban.

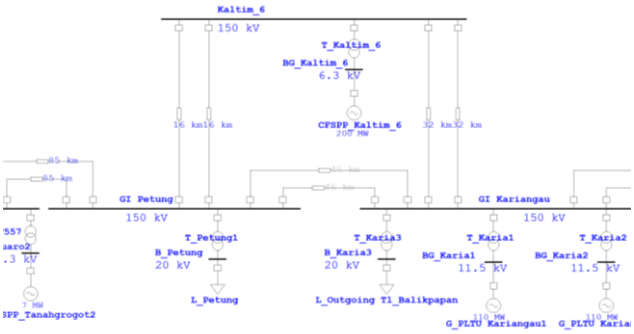
- Transmisi 150 kV Sampit – Pangkalan Bun untuk mendukung evakuasi daya dari PLTU Kalselteng 3 (2x100 MW) ke pusat beban.
- Transmisi 150 kV Embalut – New Samarinda – Sambera untuk mendukung evakuasi daya dari PLTU Kaltim 4 (2x100 MW) ke pusat beban.
- Transmisi 150 kV Tanjung Redep – Tanjung Selor – Tidang Pale – Malinau untuk meningkatkan keandalan pasokan ke ibukota Provinsi dan Kabupaten serta Kota di kalimantan Utara

B. Interkoneksi PLTU 1x200MW Kaltim-6 ke Sistem Kalsetengtimra

Terdapat beberapa alternatif titik sambung dari pembangkit PLTU Kaltim-6 ke transmisi 150kV sebagai berikut:

1. Radial ke gardu induk 150kV PLN Kariangau atau Petung atau Kuaro
2. Double phi ke jaringan 150kV PLN antara gardu induk Kariangau dan Petung atau antara gardu induk Petung dan Kuaro

Untuk penelitian ini, dari dua alternatif tersebut di atas, titik sambung yang dipilih adalah antara gardu induk petung dan kariangau. Dimana didaerah tersebut terdapat tambang batubara yang dapat dijadikan pembangkit listrik tenaga uap mulut tambang. Jarak dari pembangkit ke gardu induk Petung sekitar 16km, dan Jarak dari pembangkit ke gardu induk Kariangau sekitar 32km. Sehingga dipilih alternatif ke-2 sambungan double phi ke jaringan PLN antara Gardu Induk Kariangau dan Petung dengan jarak sekitar 7km. Berikut adalah gambar rencana penyambungan pembangkit ke jaringan PLN.



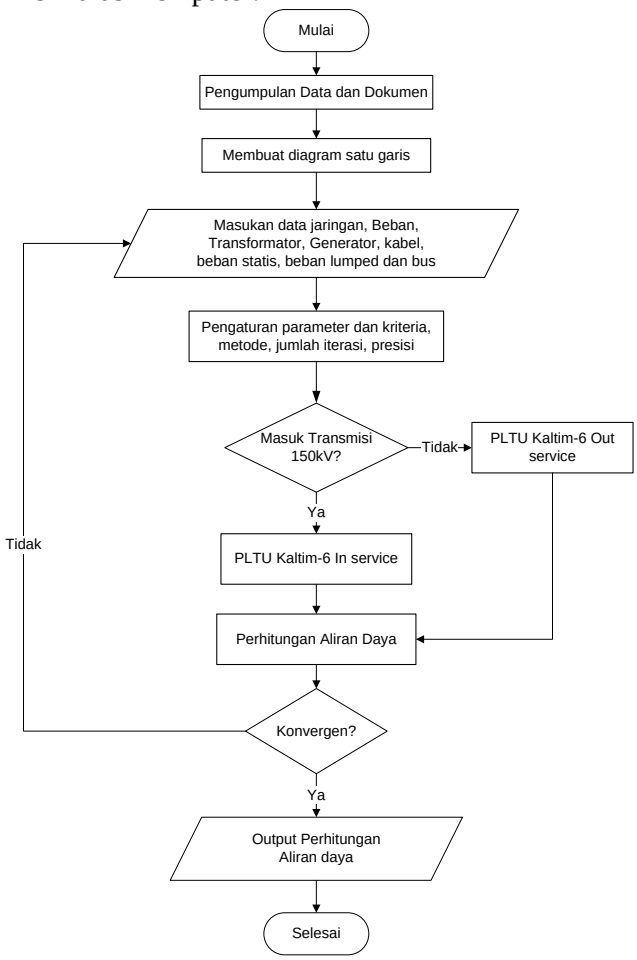
Gambar 3 Rencana Interkoneksi Pembangkit kaltim-6

PLTU Kaltim-6 direncanakan akan memproduksi 200MW pada tegangan 6.3kV. Untuk menyambungkan ke jaringan PLN, dibutuhkan transformator step-up 6.3/150kV untuk menaikan tegangan menjadi 150kV, kemudian dihubungkan ke serandang hubung dan interkoneksi ke jaringan PLN 150kV melalui kabel udara tegangan tinggi 150kV dengan double phi antara Kariangau dan Petung. Sebagai proteksi sistem dan pembangkit dari terjadinya fault, pembangkit dilengkapi dengan relay arus lebih, dan di serandang hubung dilengkapi dengan CB, serta kelengkapan proteksi lainnya.

SIMULASI DAN ANALISIS

A. Langkah Simulasi

Studi aliran daya pembangkit Kaltim-6 dilakukan dengan menggunakan simulasi komputer. Langkah yang dilakukan adalah dengan survey pengambilan data jaringan ke PLN AP2B di Karangjoang yang selanjutnya dari data tersebut diolah dan dimasukan dalam simulasi komputer.



Gambar 4 Langkah simulasi Aliran daya

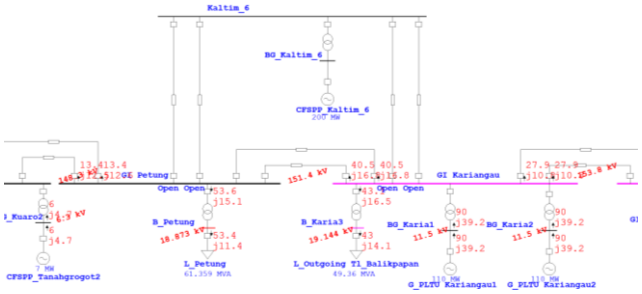
Langkah simulasi yang pertama dilakukan adalah dengan membuat diagram satu baris, kemudian memasukan data jaringan seperti data beban, generator,transformator, bus, kabel, beban statis dan

lainya. Selanjutnya melakukan pengaturan parameter seperti metode yang digunakan, maksimum iterasi dan presisi simulasi. Selanjutnya dilakukan 2 kondisi simulasi, pada saat PLTU Kaltim-6 sebelum dan saat setelah masuk sistem jaringan transmisi 150kV PLN. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar langkah studi aliran daya.

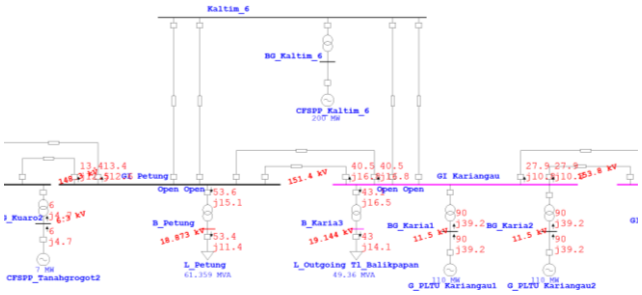
Simulasi diasumsikan pada data beban, pembangkit dan jaringan transmisi tahun 2020 dengan mengacu pada data survey dan data RUPTL tahun 2016-2025.

B. Analisis

Studi aliran daya dengan masuknya Kaltim-6 ke dalam sistem Kalseltengtimra melalui jaringan 150kV antara Kariangau dan Petung dengan menggunakan simulasi beban operasi puncak pada malam hari. Studi dan peninjauan tegangan dan daya dilakukan hanya pada beberapa gardu induk atau bus 150kV yang dekat dengan PLTU Kaltim-6 yang terdapat pada sistem Kalseltengtimra. Hasil dari simulasi komputer dapat dilihat pada gambar berikut ini



a. Pembangkit Kaltim-6 Sebelum tersambung ke Grid



b. Pembangkit Kaltim-6 Setelah tersambung ke Grid

Gambar 5 Aliran daya Kaltim-6 Sebelum dan setelah tersambung ke Grid

Besarnya aliran daya saat pembangkit belum tersambung dengan jaringan 150kV dapat dilihat pada tabel berikut ini:

TABEL 1
ALIRAN DAYA SEBELUM MASUK PLTU KALTIM-6 200MW

No	Gardu Induk 150kV		Aliran Daya	
	Dari	Ke	P (MW)	Q (MVAR)
1	Kariangau	Petung	80.1	33,6
2	Kariangau	Karangjoang	56.8	21,6
3	Petung	Kuaro	26,8	25
4	Kaltim-6	Kariangau	-	-
5	Kaltim-6	Petung	-	-

Pada saat PLTU Kaltim-6 200MW belum dioperasikan, Kebutuhan beban daerah kalimantan timur khususnya Petung, Balikpapan dan Karangjoang dipenuhi oleh PLTU Kariangau yang merupakan PLTU terbesar di Kalimantan Timur. Listrik dari Gardu Induk Kariangau dialirkan menuju GI petung, GI Karang Joang dan GI Kuaro. Daya yang dialirkan Dari PLTU Kariangau Melalui Bus Kariangau adalah sebesar 180 MW, diserap beban di sekitar teluk Balikpapan sebesar 43,1 MW dan dilairkan ke GI Karangjoang sebesar 56.8 MW. Selain itu Daya dialirkan menuju GI Petung sebesar 80.1 MW yang sebagian diserap oleh beban di petung sebesar 53.6 MW. Dan sisanya dialirkan menuju GI Kuaro sebesar 26.8 MW.

Karena beban yang besar, pada GI Kariangau mempunyai tegangan paling besar sekitar 153,8kV atau sekitar 102,54% dari tegangan nominalnya. Lebih jelasnya tegangan pada beberapa gardu induk sebelum PLTU Kaltim-6 200MW dioperasikan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

TABEL 2
KUALITAS TEGANGAN SEBELUM MASUK PLTU KALTIM-6 200MW

No	Bus	Tegangan (KV)	Tegangan(%)	Drop Tegangan (%)
1	Kuaro	148.3	98.87	-1,13
2	Petung	151.4	100.93	-0,93
3	Kariangau	153.8	102.54	-2,54
4	Kaltim-6	-	-	-

Berdasarkan tabel tersebut diatas, terlihat bahwa tegangan bus terkecil terdapat pada gardu Induk (GI) Kuaro sebesar 148,3 kW atau sekitar 98.87% dari tegangan nominalnya. Secara keseluruhan range tegangan sebelum masuknya PLTU Kaltim-6 berkisar antara 98,87% sampai 102,54%. Kondisi dan Kualitas tegangan tersebut dapat dikatakan baik dan tidak terjadi kelebihan tegangan.

Pada Kondisi saat PLTU Kaltim-6 dioperasikan dan koneksi ke sistem Kalseltengtimra, maka sistem akan mendapat tanbahan daya listrik sebesar 200MW. Hal ini akan menyebabkan perubahan aliran daya pada sistem, dan GI Kaltim-6 akan memasok daya ke GI Kariangau dan GI Petung, serta selanjutnya di teruskan ke GI Karangjoang dan GI Kuaro. Besarnya aliran daya saat pembangkit beroperasi dan koneksi dengan jaringan 150kV, dapat dilihat pada tabel berikut ini:

TABEL 3
ALIRAN DAYA SETELAH MASUK PLTU KALTIM-6 200MW

No	Gardu Induk 150kV		Aliran Daya	
	Dari	Ke	P (MW)	Q (MVAR)
1	Kaltim-6	Kariangau	47,8	-16.8
2	Kaltim-6	Petung	151,6	32,6
3	Kariangau	Karangjoang	183,8	13,6
4	Petung	Kuaro	96,6	18,8

Dari tabel di atas terlihat bahwa aliran daya dari bus Kaltim-6 dibagi dua yaitu menuju GI Kariangau adalah sebesar 47.8 MW dengan daya reaktif sebesar -16,8 MVAR, dan menuju GI Petung sebesar 151,6MW dengan daya reaktif sebesar 32,6MVAR. Aliran daya dari Kaltim-6 sekitar 75% menuju GI petung untuk diserap di beban petung dan menuju GI Kuaro sebesar 96,6MW dengan daya reaktif sebesar 18.8MW.

GI/Bus Kariangau Mendapat aliran daya dari Kaltim-6 yang selanjutnya diserap di beban teluk balikpapan dan sisanya selanjutnya dialirkan ke GI/Bus Karangjoang. Dengan tambahan daya PLTU Kaltim-6, menyebabkan terjadinya kenaikan tegangan di beberapa bus tersebut. Lebih jelasnya tegangan pada beberapa bus/GI setelah PLTU Kaltim-6 200MW dioperasikan dan koneksi ke sistem Kalseltengtimra dapat dilihat pada tabel berikut ini.

TABEL 4
KUALITAS TEGANGAN SETELAH MASUK PLTU KALTIM-6 200MW

No	Bus	Tegangan (KV)	Tegangan(%)	Drop Tegangan (%)
1	Kuaro	149,3	99,53	-0,47
2	Petung	153,1	102,07	2,07
3	Kariangau	154,8	103,20	3,20
4	Kaltim-6	154,4	103,60	3,60

Pada saat masuknya PLTU Kaltim-6 ke sistem Kalseltengtimra, kondisi tegangan pada bus-bus mengalami peningkatan antara 1-1,7kV atau sekitar 0,66-1,14%.dari tegangan sebelumnya. Kenaikan tegangan tersebut masih dalam kisaran aman.

Berdasarkan tabel tersebut diatas, terlihat bahwa tegangan pada bus yang terkecil adalah pada GI Kuaro sebesar 149,3KV sekitar 99,53% dari tegangan nominalnya. Tegangan terbesar pada bus Kaltim-6 sebesar 154,4kV sekitar 103,60% dari tegangan nominalnya. Kisaran tegangan adalah sekitar 99,53% sampai dengan 103,60 % dikatakan cukup baik dan tidak terjadi kondisi kelebihan atau kekurangan tegangan, masih dalam kisaran batas kriteria dibawah atau diatas 5% dari tegangan nominalnya.

KESIMPULAN

Dari analisis aliran daya tersebut diatas, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Pembelian tenaga listrik Oleh PLN kepada IPP/Swasta PLTU Kaltim-6 yang direncanakan pada tahun 2020 adalah layak untuk memenuhi kebutuhan beban dalam sistem Kalseltengtimra.
- Berdasarkan analisis aliran daya setelah masuknya PLTU Kaltim-6 ke dalam sistem Kalseltengtimra, Menunjukan bahwa kualitas tegangan di gardu induk Petung dan Gardu Induk Kariangau masih dalam ambang batas kriteria operasi yang bernilai antara 95% -105% dari tegangan nominalnya.
- Karena tegangan di gardu induk terdekat dengan PLTU Kaltim-6 masih dalam batas kriteria operasi. Sehingga belum dibutuhkan kompensator.
- Berdasarkan analisis over Voltage, diindikasikan dari hasil simulasi menunjukan bahwa pada gardu induk terdekat dengan pembangkit Kaltim-6 tidak terjadi atau terindikasi adanya over voltage

REFERENSI

[1] Sadaat, Hadi., 1999. *Power System Analysis*, New York: McGraw-Hill, Inc.

[2] Grainger, John J. and Stevenson, William D, 1994. *Power System Analysis*, McGraw-Hill, Inc, Singapore.

[3] Junior, W. S. D., 1984. *Power System Analysis*, New York: McGraw-Hill, Inc.

[4] PT PLN (Persero), 2015. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2016 – 2025.

[5] Malik, Toor, Siddiqui, Husain, Nadeem.,2016. Load Flow Analysis Of An EHT Network Using Etap®, Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), ISSN: 2458-9403, Vol. 3 Issue 6, June - 2016