

## **ANALISIS KUALITAS PELAYANAN SISTEM KELISTRIKAN BANGKA BELITUNG OPSI NUKLIR**

**Rizki Firmansyah Setya Budi, Suparman**

Pusat Pengembangan Energi Nuklir (PPEN) – BATAN  
Jalan Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta Selatan 12710  
Telp/Fax: (021) 5204243 Email: rizkifirmansyah@batan.go.id

Masuk: 10 Februari 2012

Direvisi: 30 Maret 2012

Diterima: 15 Mei 2012

### **ABSTRAK**

**ANALISIS KUALITAS PELAYANAN SISTEM KELISTRIKAN BANGKA BELITUNG OPSI NUKLIR.** Studi ini bertujuan untuk menganalisis kualitas pelayanan sistem kelistrikan Bangka Belitung pada saat PLTN pertama kali beroperasi (tahun 2023) dan saat akhir masa studi (tahun 2030) agar dapat diketahui sistem kelistrikan tersebut sudah baik atau masih perlu dilakukan perbaikan. Studi perencanaan pengembangan pembangkitan listrik opsi nuklir dilakukan dengan WASP IV. Perencanaan pengembangan jaringan transmisi dilakukan berdasarkan RPTL PT. PLN (Persero) Wilayah Bangka Belitung Tahun 2011-2020 dan diasumsikan tidak ada penambahan lagi sampai tahun 2030 dan sudah dilakukan interkoneksi antara sistem Bangka dengan sistem Belitung. Analisis kualitas pelayanan sistem kelistrikan dilakukan dengan ETAP. Hasil studi menunjukkan bahwa frekuensi sistem kelistrikan Bangka Belitung masih dalam standar PLN (50 Hz). Tegangan terendah dalam sistem tersebut sebesar 88% (tahun 2023) dan 79% (tahun 2030) dari tegangan nominalnya sehingga drop tegangan sistem masih jauh melebihi standar drop tegangan PLN. Perbaikan tegangan sistem kelistrikan Bangka Belitung dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu: pengaturan tegangan, pengaturan luas penampang saluran, penambahan saluran baru, dan pemasangan kapasitor.

**Kata kunci:** kualitas pelayanan, perencanaan pengembangan, nuklir

### **ABSTRACT**

**QUALITY SERVICE ANALYSIS OF BANGKA BELITUNG ELECTRICITY SYSTEM WITH NUCLEAR OPTION.** The goal of the study is to analyze the quality service of Bangka Belitung electricity system so can be known that the electricity system is good or need an improvement. The study of electricity generation development planning was done using WASP IV. The transmission development planning based on RPTL PT. PLN (Persero) Wilayah Bangka Belitung Tahun 2011-2020 and assumed that no more improvement and Bangka system was interconnected with Belitung system. The analyze of Bangka Belitung electricity quality service was done using ETAP. The result showed that the frequency is 50 Hz and appropriate with the PLN's standard. The lowest voltage in the system are 88% (year of 2023) and 79% (year of 2030) from the nominal voltage so the drop voltage exceed the PLN's standard. The voltage betterment can be done by voltage controlling, line sectional area controlling, adding new line, and installing capacitor

**Keywords :** quality service, expansion planning, nuclear

## 1. PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan yang baik adalah sistem kelistrikan yang memenuhi kriteria andal, ekonomis, dan mempunyai kualitas pelayanan yang baik. Keandalan suatu sistem kelistrikan ditunjukkan dengan berapa lama pelanggan kehilangan suplai energi listrik dalam jangka waktu satu tahun. Kualitas keandalan tersebut ditunjukkan dengan nilai LOLP (*loss of load probability*). Semakin besar nilai LOLP, semakin rendah keandalan atau semakin banyak pemadaman yang dilakukan dalam waktu satu tahun. Standar LOLP yang digunakan PLN adalah maksimal 0,274 (dalam satu tahun, setiap pelanggan maksimal hanya 1 hari kehilangan suplai energi listrik)<sup>[1]</sup>. Kualitas pelayanan dalam sistem kelistrikan dipengaruhi oleh tegangan dan frekuensi. PLN menggunakan standar tegangan untuk 20 kV ke atas sebesar  $V_{operasi} \pm 5\%$ <sup>[2]</sup> dan standar frekuensi sebesar  $50 \pm 0,2$  Hz<sup>[3]</sup>. Suatu sistem kelistrikan yang baik harus dapat menyediakan energi listrik secara kontinyu, biaya murah serta mempunyai tegangan dan frekuensi yang masih berada dalam standar pelayanan PLN.

Studi tentang perencanaan pengembangan pembangkit listrik dengan opsi nuklir telah dilakukan di wilayah Propinsi Kepulauan Bangka Belitung dengan tahun dasar perencanaan 2010 dan berakhir tahun 2030. Dalam perencanaan tersebut telah mempertimbangkan aspek keekonomian dan keandalan. Hal itu ditunjukkan dengan nilai LOLP sistem yang masih dalam standar PLN dan memiliki biaya yang paling murah (*least cost*). Namun, sejauh ini perencanaan tersebut belum memperhatikan aspek kualitas pelayanan.

Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan, PLTN akan beroperasi di Bangka Belitung pertama kali pada tahun 2023. Untuk mewujudkan suatu sistem kelistrikan yang baik maka perencanaan pengembangan pembangkit listrik opsi nuklir tersebut harus didukung juga dengan perencanaan jaringan transmisi dan distribusi tegangan menengah yang baik pula. Pengembangan sistem transmisi (150 dan 70 kV) yang digunakan berdasarkan RPTL PT. PLN (Persero) Wilayah Bangka Belitung Tahun 2011-2020 dan diasumsikan tidak ada penambahan lagi.

Berdasarkan hal-hal di atas, maka studi ini bertujuan untuk melakukan analisis kualitas pelayanan sistem kelistrikan Bangka Belitung pada saat PLTN pertama kali beroperasi dan saat akhir masa studi sehingga dapat diketahui sistem kelistrikan tersebut sudah cukup baik atau masih perlu dilakukan perbaikan sehingga dapat terwujud sistem kelistrikan yang lebih baik.

## 2. DASAR TEORI

Analisis kualitas pelayanan sistem kelistrikan yang digunakan dalam studi adalah analisis aliran daya dengan menggunakan program ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*). ETAP adalah suatu program yang dapat digunakan untuk menganalisis suatu sistem kelistrikan, seperti: analisis aliran daya, analisis hubung singkat, analisis harmonik, analisis transien dan stabilitas, dan lain-lain. Berdasarkan analisis aliran daya tersebut dapat diperoleh hasil sebagai berikut : arah aliran daya aktif dan reaktif, susut jaringan, *drop* tegangan, frekuensi, dan lain-lain. Dengan menggunakan data *drop* tegangan dan frekuensi maka dapat diketahui sistem tersebut sudah memenuhi standar pelayanan yang telah ditetapkan PLN atau belum.

Perhitungan aliran daya pada sistem tenaga listrik bertujuan untuk mencari besar dan sudut dari tegangan pada tiap bus dan besar daya aktif maupun reaktif yang mengalir pada tiap saluran<sup>[4]</sup>. Langkah awal perhitungan aliran daya adalah pembentukan matriks admitansi bus ( $Y_{bus}$ ) dari parameter saluran transmisi. Jika jumlah bus pada sistem adalah  $N$  bus, maka akan dibentuk matriks admitansi bus  $N \times N$  dengan elemen  $Y_{ij}$  adalah

$$Y_{ij} = |Y_{ij}| \angle \theta_{ij} = |Y_{ij}| \cos \theta_{ij} + j |Y_{ij}| \sin \theta_{ij} \dots\dots\dots (1)$$

Tegangan pada bus ke- $i$  diberikan dalam bentuk polar yaitu :

$$V_i = |V_i| \angle \delta_i = |V_i| (\cos \delta_i + j \sin \delta_i) \dots\dots\dots (2)$$

Jika  $P_i$  dan  $Q_i$  adalah daya aktif dan reaktif yang terhubung ke sistem melalui bus  $i$ , maka:

$$P_i = \sum_{n=1}^N |Y_{in} V_i V_n| \cos(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_i = -\sum_{n=1}^N |Y_{in} V_i V_n| \sin(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \dots\dots\dots (4)$$

Metode aliran daya yang digunakan dalam program ETAP adalah metode *Newton-Rhapson*. Untuk menyelesaikan perhitungan aliran daya dengan metode *Newton-Rhapson*, tegangan bus dan admitansi saluran diekspresikan dalam bentuk polar. Dari persamaan (3) dan (4) diperoleh persamaan (5) dan (6) :

$$P_i = |V_i|^2 G_{ii} + \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq i}}^N |V_i V_n Y_{in}| \cos(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \dots\dots\dots (5)$$

$$Q_i = -|V_i|^2 B_{ii} + \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq i}}^N |V_i V_n Y_{in}| \sin(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \dots\dots\dots (6)$$

Nilai daya yang didapat dari sistem adalah daya yang direncanakan pada bus  $i$  ( $P_{i, sch}$ ,  $Q_{i, sch}$ ). Sedangkan nilai daya yang diperoleh dari persamaan (3) dan (4) adalah daya hasil perhitungan ( $P_{i, calc}$ ,  $Q_{i, calc}$ ), sehingga diperoleh *mismatch* :

$$\Delta P_i = P_{i, sch} - P_{i, calc} \dots\dots\dots (7)$$

$$\Delta Q_i = Q_{i, sch} - Q_{i, calc} \dots\dots\dots (8)$$

Jika  $N = i$ , maka dari persamaan *mismatch* tersebut dapat diperoleh tegangan  $V_i$  dan sudut fase tiap bus dengan menyelesaikan persamaan *mismatch* dalam matriks dan vektor.

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_N} & |V_2| \frac{\partial P_2}{\partial |V_2|} & \dots & |V_N| \frac{\partial P_2}{\partial |V_N|} \\ \vdots & J_{11} & \vdots & \vdots & J_{12} & \vdots \\ \frac{\partial P_N}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_N}{\partial \delta_N} & |V_2| \frac{\partial P_N}{\partial |V_2|} & \dots & |V_N| \frac{\partial P_N}{\partial |V_N|} \\ \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_N} & |V_2| \frac{\partial Q_2}{\partial |V_2|} & \dots & |V_N| \frac{\partial Q_2}{\partial |V_N|} \\ \vdots & J_{21} & \vdots & \vdots & J_{22} & \vdots \\ \frac{\partial Q_N}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_N}{\partial \delta_N} & |V_2| \frac{\partial Q_N}{\partial |V_2|} & \dots & |V_N| \frac{\partial Q_N}{\partial |V_N|} \end{bmatrix}}_{Jacobian} \times \underbrace{\begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \vdots \\ \Delta \delta_N \\ \frac{\Delta |V_2|}{|V_2|} \\ \vdots \\ \frac{\Delta |V_N|}{|V_N|} \end{bmatrix}}_{Corrections} = \underbrace{\begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \vdots \\ \Delta P_N \\ \Delta Q_2 \\ \vdots \\ \Delta Q_N \end{bmatrix}}_{Mismatches} \dots\dots (9)$$

Untuk menyelesaikan aliran daya pada persamaan (9) adalah dengan menghitung  $P_i^{calc}$  dan  $Q_i^{calc}$  dalam beberapa iterasi sampai diperoleh *mismatch* yang lebih kecil dari nilai toleransi yang diperbolehkan. Selama iterasi akan diperoleh nilai tegangan dan sudut fase sebagai berikut :

$$|V_i|^{(k+1)} = |V_i|^{(k)} + \Delta |V_i|^{(k)} = |V_i|^{(k)} \left( 1 + \frac{\Delta |V_i|^{(k)}}{|V_i|^{(k)}} \right) \dots\dots\dots (10)$$

$$\delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k)} + \Delta \delta_i^{(k)} \dots\dots\dots (11)$$

Semua perhitungan dan iterasi di atas akan langsung dihitung secara otomatis oleh program ETAP. Untuk melakukan *running* program ETAP, terlebih dahulu harus dibuat *one line diagram* dari jaringan yang akan dianalisis. *One line diagram* adalah suatu diagram tunggal yang disederhanakan untuk merepresentasikan sebuah sistem listrik 3 fase dan diasumsikan ketiga fasenya seimbang.

Susut daya atau kehilangan energi listrik merupakan salah satu ukuran efisien atau tidaknya suatu pengoperasian sistem kelistrikan tersebut. Nilai daya aktif dan daya reaktif yang hilang pada saat proses penyaluran daya dapat diketahui dari hasil perhitungan aliran daya. Nilai rugi-rugi daya pada jaringan didapat dari selisih daya yang dikirim dengan daya yang diterima.

### 3. RENCANA PENGEMBANGAN SISTEM KELISTRIKAN BANGKA BELITUNG

Perencanaan pengembangan pembangkit bertujuan untuk memenuhi perkembangan beban setiap tahun dan dilakukan menggunakan program WASP IV. Suatu sistem kelistrikan idealnya memiliki cadangan yang mencukupi sehingga apabila ada pembangkit dengan kapasitas terbesar yang lepas dari sistem karena terjadi kerusakan atau sedang dilakukan perawatan tidak akan menyebabkan terjadinya pemadaman. Penentuan besarnya cadangan harus diperhitungkan dengan matang sehingga cadangan yang ada tidak terlalu kecil atau terlalu besar. Oleh karena itu perlu ditetapkan batas cadangan (*reserve margin*) minimal dan batas cadangan (*reserve margin*) maksimal. Pengembangan pembangkit dilakukan apabila kapasitas pembangkit sudah berada di bawah beban puncak ditambah batas cadangan minimal. Pada studi ini digunakan batas cadangan minimal 10 % dan batas cadangan maksimal 40 %. Kapasitas pembangkit hasil dari pengembangan yang dilakukan tidak boleh kurang dari beban puncak ditambah batas cadangan 10% dan tidak boleh melebihi beban puncak ditambah batas cadangan 40 %. Apabila cadangannya terlalu besar maka akan mengakibatkan biaya yang dibutuhkan juga semakin besar<sup>[1]</sup>.



Gambar 1. Sistem Kelistrikan Bangka Belitung Tahun 2010<sup>[5]</sup>

### 3.1 Kondisi Eksisting Kelistrikan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

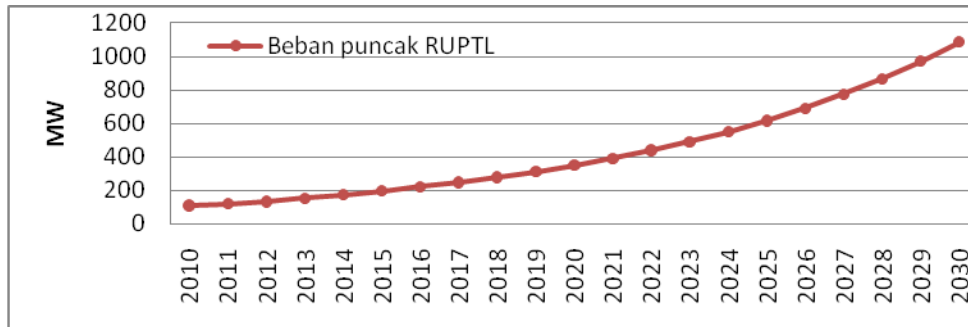
Pada tahun 2010, sistem kelistrikan Bangka Belitung secara garis besar dikelompokkan menjadi 2 sistem kelistrikan yaitu sistem kelistrikan Bangka dan sistem kelistrikan Belitung. Secara umum sistem kelistrikan Bangka Belitung ditunjukkan pada Gambar 1.

Saat ini pembangkit yang ada menggunakan bahan bakar minyak dan sebagian mesin pembangkit sudah berumur di atas 10 tahun sehingga tidak efisien lagi dalam pengoperasiannya. Untuk itu diperlukan adanya penambahan pembangkit baru dengan bahan bakar non-BBM yang bertujuan untuk melayani pertumbuhan beban, menggantikan mesin-mesin yang sudah tua, dan meningkatkan keandalan sistem ketenagalistrikan<sup>[1]</sup>. Tabel 1 menunjukkan pembangkit terpasang pada akhir tahun 2009 di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

Tabel 1. Pembangkit Terpasang pada akhir tahun 2009<sup>[6]</sup>

Sistem Kelistrikan	Nama Pembangkit	Bahan Bakar	Kapasitas(MW)
PLN Cabang Bangka	PLTD Merawang	HSD	49
	PLTU Listrindo (Biomassa, IPP)	BIOMASSA	2.5
	PLTD Mentok	HSD	5
	PLTD Toboali	HSD	4.5
	PLTD Koba	HSD	2.7
	PLTD Tanjung Labu	HSD	0.16
PLN Cabang Belitung	PLTD Pilang	HSD	24.9
	PLTD Padang/Manggar	HSD	2.7
	PLTD Selat Nasik	HSD	0.4
	PLTD Pulau Seliu	HSD	0.1

Gambar 1 menunjukkan bahwa pada tahun 2010 di Belitung terdapat PLTU Biomassa Belitung Energi sedangkan di Tabel 1, PLTU Biomassa tersebut tidak tercantum. Hal itu dikarenakan pada tahun 2010, PLTU Biomassa tersebut tidak beroperasi karena kekurangan bahan bakar sehingga tidak dicantumkan di Tabel 1.



Gambar 2. Perkiraan Pertumbuhan Beban Puncak Provinsi Kepulauan Bangka Belitung<sup>[6]</sup>

Gambar 2 menunjukkan perkiraan pertumbuhan beban puncak Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dengan pertumbuhan sebesar 12% setiap tahunnya. Pada tahun 2010, beban puncak di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung sebesar 110 MW. Berdasarkan perkiraan pertumbuhan beban puncak tersebut, dapat dibuat rencana pengembangan kapasitas pembangkit di Provinsi Bangka Belitung.

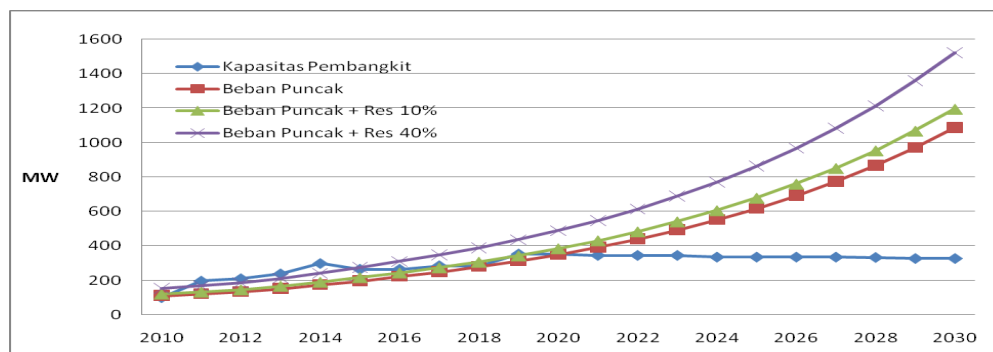
### 3.2 Pengembangan Pembangkit

Pengembangan pembangkit di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung didasarkan pada kebijakan RPTL 2010-2019 PT. PLN (Persero) Wilayah Bangka Belitung. Tabel 1 menunjukkan kandidat pembangkit yang digunakan untuk pengembangan pembangkit.

Tabel 1. Kandidat Pembangkit<sup>[1]</sup>

No	Jenis Pembangkit	Kapasitas (MW)
1	PLTN	100
2	PLTU Batubara	50
3	PLTG	50
4	PLTU Biomassa	7

Pembangkit *committed* yang tercantum dalam RUPTL PT. PLN (Pesero) 2010-2019 juga harus diperhatikan dalam melakukan pengembangan pembangkit. Oleh karena itu perlu diperhatikan terlebih dahulu kapasitas pembangkit yang telah terpasang dan kapasitas pembangkit *committed* sebelum menentukan tahun awal penambahan pembangkit baru. Tahun awal penambahan dimulai ketika kapasitas cadangan (*reserve*) pembangkit terpasang dan pembangkit *committed* di bawah beban puncak ditambah cadangan minimal<sup>[1]</sup>.



Gambar 2. Pengembangan Kapasitas Pembangkit Provinsi Kepulauan Bangka Belitung<sup>[1]</sup>

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada tahun 2018, kapasitas pembangkit lebih kecil daripada beban puncak ditambah *reserve margin* 10% sehingga mulai tahun 2018 harus dilakukan penambahan pembangkit baru.

Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan, diperoleh data pembangkit yang terpasang pada tahun 2023 dan tahun 2030, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Pembangkit-pembangkit tersebut, sebagian besar telah ditentukan letaknya oleh PLN sebagaimana seperti yang tercantum dalam RPTL. Ada beberapa pembangkit seperti : PLTU Biomassa I dan II, PLTG Perencanaan I, II, dan III, PLTU Perencanaan I, dan II, dan PLTN Mentok yang letaknya belum ditentukan di dalam RPTL. Untuk menentukan letak pembangkit-pembangkit tersebut digunakan asumsi sebagai berikut :

- Pembangkit dibangun sedekat mungkin dengan beban yang akan disuplai sehingga *losses* menjadi lebih kecil dan *drop* tegangannya menjadi lebih kecil
- Pembangkit diletakkan sedekat mungkin dengan gardu induk atau jalur transmisi yang ada sehingga akan menghemat biaya pembangunan saluran transmisi dan gardu induk.
- Pembangkit dibangun di lokasi yang sesuai dengan karakteristiknya, misal: PLTU dibangun di dekat sumber air karena PLTU membutuhkan air yang banyak.

**Tabel 1. Pembangkit Terpasang di Bangka Belitung Tahun 2023 dan 2030<sup>[1]</sup>**

Tahun 2023			Tahun 2030		
Nama	Lokasi	Kapasitas (MW)	Nama	Lokasi	Kapasitas (MW)
PLTD Merawang	Merawang	28,3	PLTU Listrindo	Bangka	5
PLTD Mentok	Mentok	3,6	PLTU Air Anyir	Bangka	60
PLTD Toboali	Toboali	2,2	PLTMG Mini LNG Bangka	Bangka	72
PLTU Listrindo	Tempilang	5	PLTU Mentok	Bangka	14
PLTU Air Anyir	Air Anyir	60	PLTG Bangka	Bangka	40
PLTMG Mini LNG Bangka	Air Anyir	72	PLTU Bangka Baru I	Bangka	60
PLTU Mentok	Mentok	14	PLTU Bangka Baru II	Bangka	14
PLTG Bangka	Air Anyir	40	PLTU Bangka Baru III	Bangka	60
PLTU Bangka Baru I	Sungai Liat	60	PLTU Biomassa I	Bangka	7
PLTU Bangka Baru II	Toboali	14	PLTU Biomassa II	Bangka	7
PLTU Bangka Baru III	Pangkalpinang	60	PLTG Perencanaan I	Bangka	50
PLTU Biomassa I	Tempilang	7	PLTG Perencanaan II	Bangka	100
PLTU Biomassa II	Tempilang	7	PLTU Perencanaan I	Bangka	100
PLTG Perencanaan I	Toboali	50	PLTN Mentok	Mentok	400
PLTG Perencanaan II	Pangkalpinang	50	PLTU Perencanaan II	Suge	100
PLTU Perencanaan I	Koba	50	PLTG Perencanaan III	Pilang	100
PLTN Mentok	Mentok	100	PLTU Mempaya	Mempaya	7
PLTD Pilang	Pilang	8,2	PLTU Suge	Suge	33
PLTU Mempaya	Mempaya	7	PLTGB Belitung	Belitung	10
PLTU Suge	Suge	33	PLTMG Mini LNG Belitung	Suge	18
PLTGU Belitung	Belitung	10	PLTU Belitung Baru III	Belitung	30
PLTMG Mini LNG Belitung	Belitung	18			
PLTU Belitung Baru III	Belitung	30			
<b>Jumlah</b>		<b>729,3</b>	<b>Jumlah</b>		<b>1287</b>

### 3.3 Pengembangan Jaringan Transmisi

Pengembangan jaringan transmisi dilakukan berdasarkan rencana PT. PLN (Persero) yang tertuang di dalam RPTL PT. PLN (Persero) Wilayah Bangka Belitung Tahun 2011-2020 dan diasumsikan tidak ada penambahan lagi. Rencana pengembangan sistem transmisi dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Pengembangan Saluran Transmisi Bangka Belitung<sup>[5]</sup>**

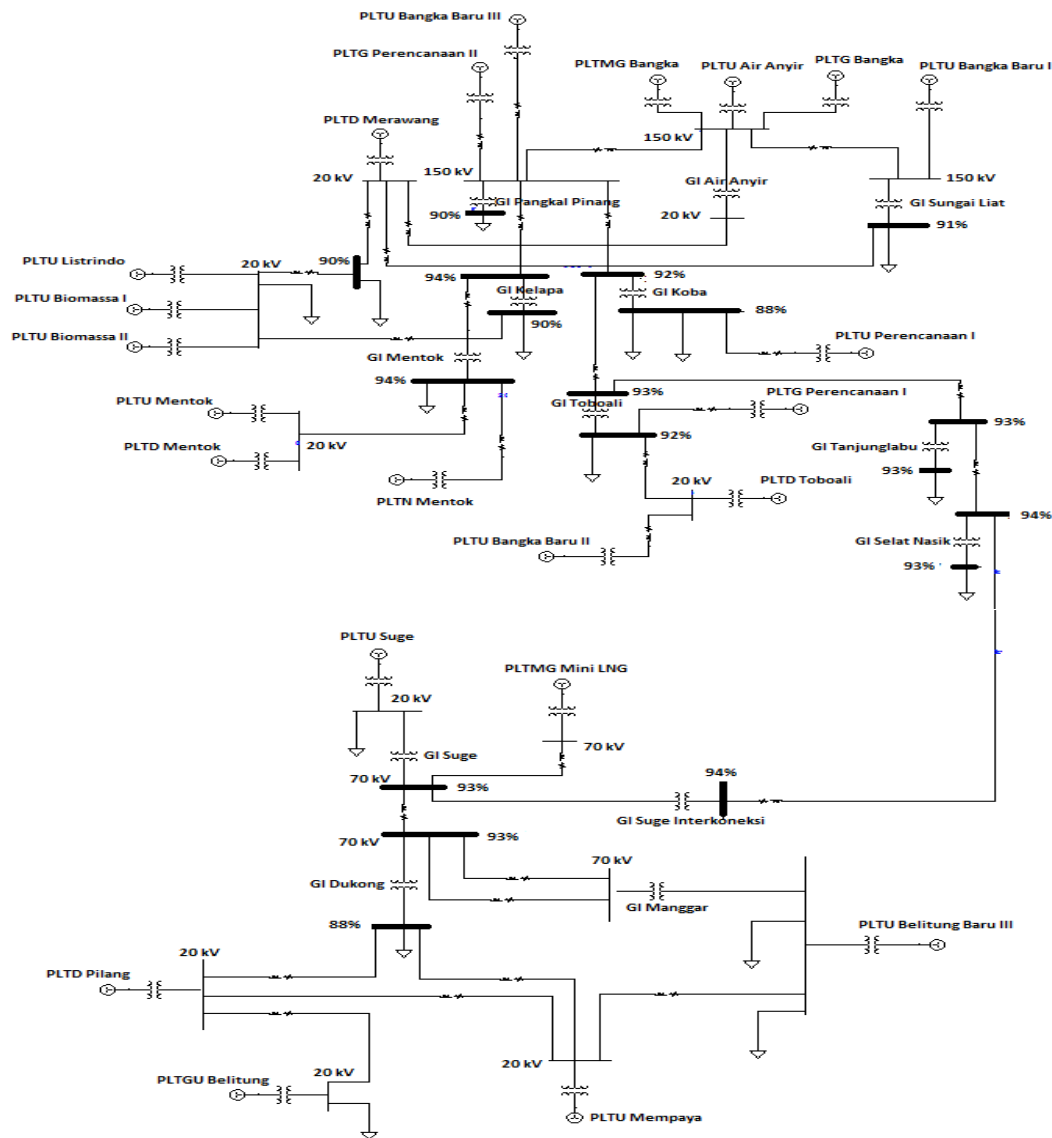
Transmisi		Sistem	Tegangan Operasi (kV)	Jarak (km)
Dari GI	Ke GI			
Pangkalpinang	Koba	Bangka	150	58
Koba	Toboali	Bangka	150	67
Pangkalpinang	Kelapa	Bangka	150	66
Kelapa	Mentok	Bangka	150	74
PLTU Suge	Dukong / Tj.Pandan	Belitung	70	25
Dukong / Tj.Pandan	Manggar	Belitung	70	70

Berdasarkan rencana pengembangan dan kondisi *eksisting* yang ada, dapat dibuat *one line diagram* sistem kelistrikan Bangka Belitung pada tahun 2023 dan tahun 2030. *One line diagram* tersebut digunakan dalam program ETAP untuk menganalisis kualitas pelayanan sistem kelistrikannya.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

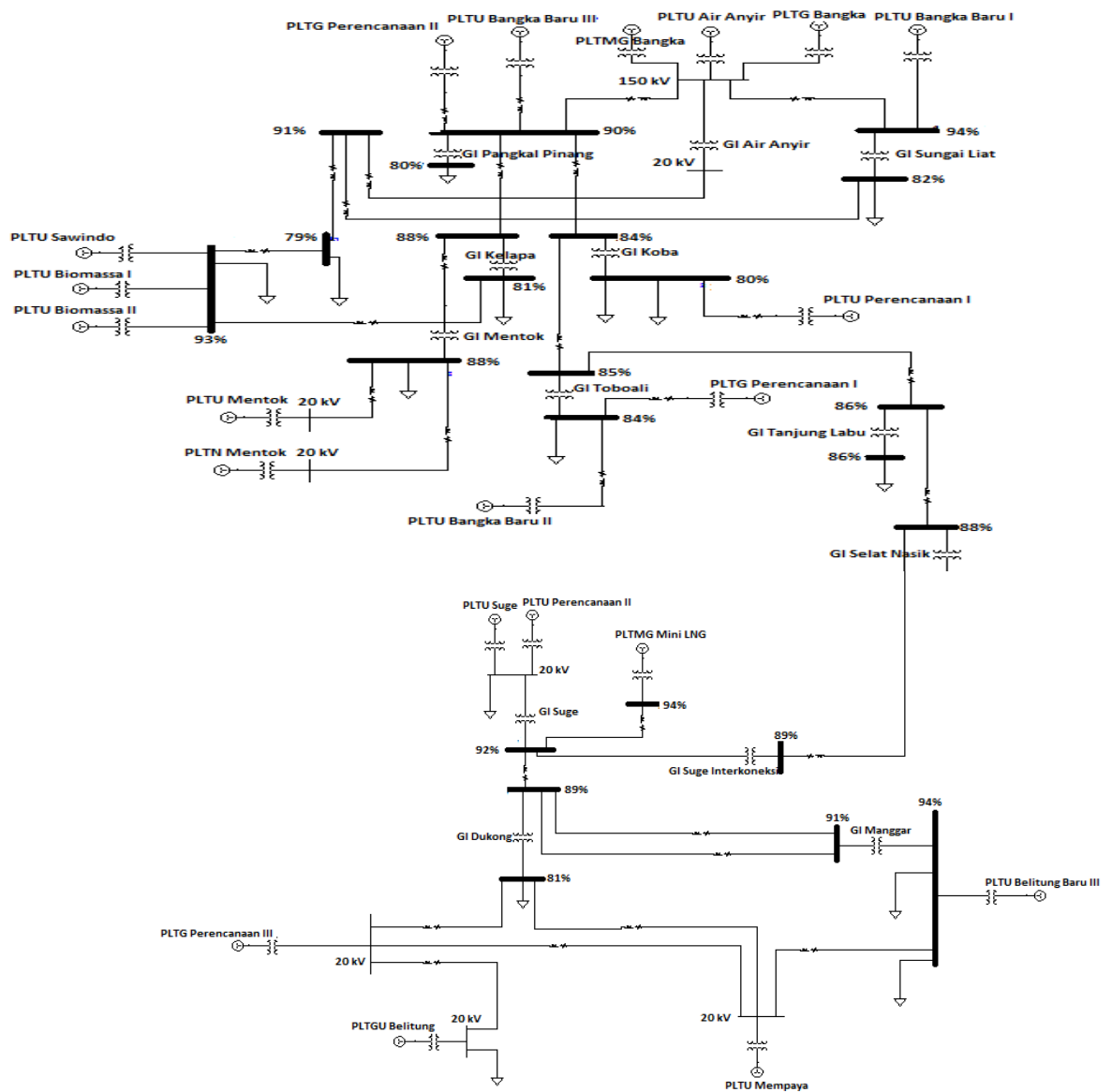
Hasil studi menunjukkan bahwa frekuensi sistem kelistrikan Bangka Belitung pada tahun 2023 dan 2030 tetap berada pada nilai 50 Hz dan masih dalam standar yang ditetapkan PLN. Hal itu disebabkan karena dalam analisis aliran daya ini, sistem beroperasi secara normal (tidak ada gangguan yang terjadi dalam sistem kelistrikan tersebut). Frekuensi sistem akan berubah jika terjadi gangguan yang menyebabkan keseimbangan aliran daya berubah. Frekuensi akan turun jika terjadi penambahan beban yang cukup signifikan dan tidak dapat dipenuhi oleh pembangkit. Frekuensi juga akan turun jika ada pembangkit yang mati sehingga suplai daya berkurang.





**Gambar 4. Lokasi Bus Yang Berada Diluar Standar PLN Pada Tahun 2023**

Di dalam sistem kelistrikan Bangka Belitung, masih ada beberapa bus yang mempunyai tegangan di bawah standar yang ditetapkan PLN. Bus yang dimaksud dalam studi ini adalah titik-titik perpotongan antar 2 saluran atau lebih dimana dititik itulah tegangan saluran diukur. Tegangan terendah dalam jaringan Bangka Belitung adalah sebesar 88% (tahun 2023) dan 79% (tahun 2030) dari tegangan nominalnya. Berdasarkan hal itu, drop tegangan paling besar adalah sebesar 12% (tahun 2023) dan 21% (tahun 2030). Drop tegangan tersebut jauh melewati standar yang ditetapkan PLN sebesar 5 % sehingga perlu dilakukan perbaikan mutu tegangan. Berdasarkan *one line diagram* yang telah dibuat, dapat diketahui lokasi bus yang berada diluar standar PLN. Gambar 4 dan 5 menunjukkan lokasi bus yang berada diluar standar yang ditetapkan PLN pada tahun 2023 dan 2030. Bus yang berada diluar standar PLN ditunjukkan dengan garis hitam tebal. Tegangan di bus tersebut ditampilkan dalam bentuk prosentase terhadap tegangan nominalnya.



**Gambar 5. Lokasi Bus Yang Berada Diluar Standar PLN Pada Tahun 2030**

Perbedaan *drop* tegangan yang cukup besar antara *drop* tegangan di tahun 2023 dengan tahun 2030 disebabkan karena daya yang disalurkan di dalam sistem setiap tahunnya meningkat mengikuti pertumbuhan beban puncak, sedangkan jaringan transmisi di dalam sistem tersebut diasumsikan tidak mengalami perkembangan setelah tahun 2020. Untuk mengurangi *drop* tegangan tersebut dapat dilakukan dengan pengembangan jaringan transmisi seperti: meningkatkan tegangan saluran, menambah luas penampang saluran, menambah saluran baru, dan memasang kapasitor daya.

Total daya yang dibangkitkan dalam sistem kelistrikan Bangka Belitung pada tahun 2023 adalah 450 MW dan 310 Mvar sehingga faktor daya secara keseluruhan sistem kelistrikan Bangka Belitung adalah 0,82. Beban sistem kelistrikan Bangka Belitung adalah 437 MW dan 231 Mvar sehingga faktor daya beban Bangka Belitung secara keseluruhan adalah 0,88. Sedangkan rugi-rugi jaringan sistem kelistrikan Bangka Belitung adalah 12 MW dan 79 Mvar. Dengan adanya rugi-rugi jaringan tersebut menyebabkan terjadinya *drop* tegangan. Semakin besar rugi-rugi jaringan, maka semakin besar pula *drop* tegangan yang

terjadi. Hal itu disebabkan karena untuk menyuplai beban yang sama, pembangkit harus menyediakan daya yang lebih besar karena adanya rugi-rugi jaringan.

Total daya yang dibangkitkan dalam sistem kelistrikan Bangka Belitung pada tahun 2030 adalah 846 MW dan 699 Mvar sehingga faktor daya secara keseluruhan sistem kelistrikan Bangka Belitung pada tahun tersebut sebesar 0,77. Beban sistem kelistrikan Bangka Belitung pada tahun 2030 adalah 802 MW dan 425 Mvar sehingga faktor daya beban Bangka Belitung secara keseluruhan pada tahun tersebut adalah 0,88. Sedangkan rugi-rugi jaringan sistem kelistrikan Bangka Belitung pada tahun 2030 adalah 44 MW dan 274 Mvar.

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk memperkecil dan mengurangi rugi-rugi jaringan, yaitu: pengaturan tegangan, pengaturan luas penampang saluran, penambahan saluran baru, dan pemasangan kapasitor daya.

Pengaturan tegangan dilakukan dengan cara menaikkan tegangan pada saluran yang telah terbebani berlebih dimana arus yang mengalir telah melebihi standar yang ditetapkan. Standar pembebanan yang dipakai dalam sistem kelistrikan Bangka Belitung adalah maksimal 60% dari kemampuan hantar arus (KHA) saluran<sup>[5]</sup>. Dengan tegangan yang lebih tinggi maka arus yang mengalir akan menjadi jauh lebih kecil sehingga rugi-rugi saluran pun berkurang.

Pengaturan luas penampang saluran dilakukan dengan memperbesar penampang saluran yang ada. Saluran dengan luas penampang yang lebih besar akan mempunyai impedansi saluran yang lebih kecil. Besar kecilnya rugi-rugi saluran sangat ditentukan oleh impedansi saluran. Semakin kecil impedansi saluran, maka semakin kecil pula rugi-rugi salurannya.

Penambahan saluran baru akan mengakibatkan arus yang mengalir dalam saluran sebelumnya menjadi berkurang. Dengan berkurangnya arus yang mengalir maka rugi-rugi saluran akan berkurang juga. Penambahan saluran baru dapat diletakkan bersamaan dengan saluran sebelumnya atau berbeda lokasi dengan saluran sebelumnya.

Pemasangan kapasitor daya akan mengakibatkan daya reaktif (Var) yang dibutuhkan oleh jaringan disuplai oleh kapasitor daya, sehingga daya reaktif yang harus dibangkitkan oleh generator akan berkurang. Dengan berkurangnya daya reaktif generator, maka arus yang mengalir dalam jaringan pun akan berkurang sehingga rugi-rugi daya jaringan dan *drop* tegangannya pun berkurang.

Beberapa cara di atas dapat dilakukan untuk memperbaiki mutu tegangan di jaringan kelistrikan Bangka Belitung. Pengaturan tegangan, luas penampang saluran, dan penambahan saluran baru dapat dilakukan karena masih ada beberapa saluran di jaringan Bangka Belitung yang terbebani lebih dari 60 %. Sedangkan untuk pemasangan kapasitor daya dapat dilakukan karena faktor daya dalam sistem masih bernilai 0,82. Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh PLN, faktor daya minimal dalam suatu jaringan adalah 0,85.

## **5. KESIMPULAN**

Dengan masuknya PLTN ke sistem kelistrikan Bangka Belitung tidak akan menyebabkan mutu frekuensi sistem keluar dari standar yang ditetapkan PLN. Kondisi *existing* sistem kelistrikan Bangka Belitung tahun 2023 dan tahun 2030 menunjukkan bahwa masih ada beberapa saluran yang mutu tegangannya berada diluar standar yang ditetapkan PLN. Tegangan terendah dalam sistem tersebut sebesar 88%(tahun 2023) dan 79% (tahun 2030) dari tegangan nominalnya. Perbaikan mutu tegangan sistem kelistrikan Bangka Belitung tahun 2023 dapat dilakukan dengan cara : pengaturan tegangan, pengaturan luas penampang, penambahan saluran baru, dan pemasangan kapasitor daya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. BUDI, R. F. S., SUPARMAN, *“Studi Perencanaan Pengembangan Pembangkit Wilayah Bangka Belitung Dengan Opsi Nuklir”*, Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir 2011, Jakarta, 2011.
- [2]. PT. PLN (Persero), *“Standar PLN 14:1979 Kriteria Dasar Bagi Perencanaan Saluran Udara Tegangan Menengah 20 KV serta Tegangan Tinggi 66 KV dan 150 KV”*, PT. PLN (Persero), Jakarta, 1979.
- [3]. PUTRA, A.S., WAHYU, APRILIYAN N., *“Simulasi Pengaturan Tegangan dan Frekuensi pada Sistem Tenaga Listrik Jawa Bali Menggunakan Dispatcher Training Simulator”*, Teknik Elektro UGM, Yogyakarta, 2009.
- [4]. BUDI, R. F. S., SARJIYA, B. S., M. ISNAENI, *“Studi Perbaikan Mutu Tegangan Saluran 20 KV GI Semanu dengan Pemasangan Kapasitor Daya Menggunakan Metode Algoritma Genetik”*, Teknik Elektro UGM, Yogyakarta, 2009.
- [5]. DISTAMBEN, *“Rencana Penyediaan Tenaga Listrik 2010-2019 PT. PLN (Persero) Wilayah Bangka Belitung”*, Dinas Pertambangan Dan Energi Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Bangka Belitung, 2009.
- [6]. PT. PLN (Persero), *“Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN (Persero) 2010-2019”*, PT. PLN (Persero), Jakarta, 2010