

Peningkatan *Performance Index* Tegangan Melalui Pemasangan Kapasitor Bank Pada Gardu Induk Distribusi 20 kV: Studi Kasus Gardu Induk Betung

Rahmat Febrianto Wijanarko^a, Ananda Rizky Utami^b

^{a,b}Program Studi S1 Teknik Tenaga Listrik, Institut Teknologi Perusahaan Listrik Negara Jakarta, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25th February 2024
Received in revised form
10th March 2024
Accepted 20th April 2024
Available online 21 June 2024

Keywords:

Capacitor Bank,
Contingency,
Drop Voltage,
Performance Indeks.

ABSTRACT

This study aims to improve the voltage performance index on the distribution line of PLN's electricity network with medium voltage customers at Betung Substation through the installation of capacitor banks. There are 7 distribution channels in Betung Substation, namely Pempek Feeder, Bakwan Feeder, Model Feeder, Lenggang Feeder, Celimpungan Feeder, Tempoyak Feeder and Krokot Feeder. The value of the voltage drop that occurs in each channel when operating is in the Pempek Reinforcement of 5.12%, Bakwan Reinforcement of 10.13%, Model Reinforcement of 4.13%, Lenggang Reinforcement of 2.5%, Celimpungan Reinforcement of 1.88%, Tempoyak Reinforcement of 5.6% and Krokot Reinforcement of 1.5%. The analysis shows that the voltage drop on the Bakwan Feeder does not meet PLN standards (SPLN T6.001: 2013 Standard Voltage), which is $\pm 10\%$. To overcome this, improvement efforts were made by installing capacitors on Bakwan (4061.31kVAR), Pempek (447.94kVAR), and Tempoyak (445.43kVAR). The research method involves collecting relevant data, contingency simulation to identify problematic lines, and voltage performance index simulation using ETAP application. The simulation results showed that the addition of capacitors succeeded in increasing the voltage on each repeater according to PLN standards. This research has positive implications for improving performance index in Gardu Induk Betung when contingency happen.

1 Pendahuluan

Keandalan sistem tenaga listrik merupakan hal yang penting untuk dijaga dalam pendistribusian tenaga listrik. Keandalan sistem tenaga listrik merupakan kontinuitas pelayanan listrik yang diberikan kepada konsumen. Terhentinya pelayanan listrik kepada konsumen dapat disebabkan karena keluarnya salah satu elemen listrik dari sistem tenaga listrik, seperti terlepasnya saluran distribusi dari sistem akibat gangguan. Peristiwa terlepasnya elemen sistem tenaga listrik disebut dengan kontingensi. Efek dari terjadinya peristiwa kontingensi pada saluran distribusi akan menyebabkan perubahan tegangan pada tiap cabang saluran distribusi lain. Tingkat keandalan sistem dalam menghadapi peristiwa kontingensi dapat dilihat melalui nilai *Performance Index* Tegangan. Semakin besar nilai *performance index* tegangan akan mengakibatkan jatuh tegangan pada sistem semakin besar. Suatu sistem tenaga listrik dapat dikatakan beroperasi dengan baik apabila nilai jatuh tegangannya dibawah standar yang telah ditentukan PLN dalam SPLN T6.001: 2013 mengenai Tegangan Standar. Batas nilai tegangan yang diperbolehkan dalam SPLN T6.001: 2013 adalah sebesar $\pm 10\%$ dari tegangan nominal. Untuk mengatasi permasalahan jatuh tegangan dapat diselesaikan dengan beberapa metode, salah satunya yaitu dengan pemasangan kapasitor bank.

Pemakaian kapasitor bank dapat memperkecil arus mengalir pada penghantar dan dapat memperbaiki faktor daya sehingga dapat mengurangi jatuh tegangan dan *performance index* pada saluran distribusi. Kapasitor mempunyai fungsi dalam proses perbaikan faktor daya jaringan, mengurangi rugi-rugi (*losses*) jaringan, memperbaiki stabilitas dan menghilangkan/menghapus jatuh tegangan. Jatuh tegangan atau drop voltage sering terjadi karena pada saluran distribusi mengalami beban yang berlebih (*overload*) [1]. Untuk memenuhi permintaan beban listrik yang

kian bertambah, PT. PLN Persero harus mampu memenuhi kebutuhan energi listrik. Penelitian ini mengambil studi di gardu induk Betung yang terletak di kecamatan Betung, Kabupaten Sekayu, Sumatera Selatan dengan jarak 76 km dari kota Palembang. Gardu Induk Betung merupakan gardu induk dengan jumlah gangguan terbanyak berdasarkan akumulasi data gangguan di PT. PLN (Persero). Saat beroperasi, terjadi jatuh tegangan yang melebihi batas ketentuan SPLN pada saluran distribusi yaitu penyulang Bakwan sebesar 10,13% atau 19,77kV. Untuk menilai tingkat keandalan sistem pada gardu induk Betung, dilakukan simulasi kontingensi pada saluran distribusi dengan menggunakan aplikasi ETAP. Kemudian, melihat kondisi masing-masing saluran melalui nilai jatuh tegangan dan *performance index* tegangan yang dihasilkan simulasi. Setelah itu, dilakukan simulasi optimal capacity placement untuk mengetahui kapasitas dari kapasitor bank yang dibutuhkan untuk memperbaiki jatuh tegangan dan *performance index* tegangan masing-masing saluran.

2 Studi Literatur

2.1 State of The Art

Dalam penelitian yang dipublikasikan [2] bahwa permasalahan terjadinya drop tegangan merupakan problem yang sering terjadi pada sistem distribusi. Selain itu permasalahan yang sering terjadi adalah *contingency* yang dapat dilihat melalui *performance index* tegangan. Semakin besar nilai *performance index* tegangan akan mengakibatkan jatuh tegangan pada sistem semakin besar. Suatu sistem tenaga listrik dapat dikatakan beroperasi dengan baik apabila nilai jatuh tegangannya dibawah standar yang telah ditentukan PLN dalam SPLN T6.001: 2013 mengenai Tegangan Standar. Sedangkan dalam [3]Pemakaian kapasitor bank dapat memperkecil arus mengalir

pada penghantar dan dapat memperbaiki faktor daya sehingga dapat mengurangi jatuh tegangan pada sistem distribusi. Menurut [1] [4] Kapasitor mempunyai fungsi dalam proses perbaikan faktor daya jaringan, mengurangi rugi-rugi (*losses*) jaringan, memperbaiki stabilitas dan mengurangi dampak jatuh tegangan.

Sehingga pada penelitian ini akan melihat mitigasi ketika terjadi *contingency* dengan melihat *performance index* dan memasang kapasitor bank untuk mitigasinya. Dari pemasangan kapasitor bank akan dilihat dampak terhadap nilai dari *performance index*nya. [10]

2.2 Penentuan Performance Index Tegangan dan Jatuh Tegangan

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melihat tingkat keandalan sistem adalah dengan menggunakan metode *Performance Index* [5]. *Performance Index* adalah suatu besaran yang mewakili seberapa besar dampak apabila terjadinya peristiwa gangguan di dalam sistem tenaga listrik. Untuk melihat dampak gangguan sistem pada sisi tegangan dapat dilakukan menggunakan persamaan:

$$PIVi = \sum_{i=1}^N \left(\frac{V_{jmin}}{V_{j,i}} \right) + \sum_{i=1}^N \left(\frac{V_{j,i}}{V_{jmax}} \right) \quad (1)$$

Keterangan:

PIVi = Nilai Indeks Performa Tegangan

Vj min = Batas minimal nilai tegangan pada bus j (kV)

Vj max = Batas maksimal nilai tegangan pada bus j (kV)

Semakin besar nilai *performance index* tegangan pada suatu sistem tenaga listrik, maka akan memperbesar nilai jatuh tegangan pada sistem tersebut. Jatuh tegangan adalah selisih nilai tegangan antara tegangan ujung pengiriman dan tegangan ujung penerimaan. Semakin besar nilai jatuh tegangan akan mengakibatkan rugi-rugi pada pendistribusian tenaga listrik. Untuk menghitung nilai jatuh tegangan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan [6] :

$$V_R = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan :

V_R = Jatuh tegangan (%)

V_s = Tegangan sisi kirim (kV)

V_r = Tegangan sisi penerima (kV)

Nilai jatuh tegangan pada sistem tenaga listrik telah diatur dalam (SPLN T6.001: 2013 Mengenai Tegangan Standar). Untuk sistem distribusi 20kV, batas nilai tegangan yang diperbolehkan maksimalnya sebesar +10% dari tegangan nominal dan batas minimumnya sebesar -10% dari tegangan nominal. Semakin besar nilai jatuh tegangan yang melampaui batas SPLN akan mengakibatkan banyak kerugian pada sistem tenaga listrik. Untuk mengurangi nilai jatuh tegangan pada sistem dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan kapasitor bank.

2.3 Perbaikan Jatuh Tegangan Dengan Kapasitor

Jatuh tegangan merupakan peristiwa dimana saat pendistribusian tegangan listrik terjadi penurunan tegangan pada beberapa titik konsumen. Besarnya tegangan yang diterima tidak sama dengan tegangan yang dikirim. Salah satu penyebab besarnya jatuh tegangan adalah bertambahnya beban listrik. Kapasitor daya terdiri dari komponen konduktor dan isolasi. Yaitu terdiri dari pelat metal yang dipisahkan satu sama lain dengan bahan isolasi. Tidak ada bagian yang bergerak, akan tetapi terdapat gaya yang bekerja sebagai fungsi dari kuat medan listrik [7].

Pada sebuah saluran distribusi yang semakin panjang salurannya dan semakin banyak motor penggerak yang digunakan

akan semakin memperbesar daya reaktif induktif yang dapat menyebabkan jatuh tegangan dan rugi-rugi daya. Diperlukannya sumber daya reaktif kapasitif untuk memperbaiki jatuh tegangan tersebut dengan memasang kapasitor bank yang kapasitasnya tepat untuk memperbaiki jatuh tegangan tersebut pada saluran distribusi primer [8]. Kebutuhan kompensasi daya reaktif (QC) yang dibutuhkan untuk dapat memperbaiki tegangan yang rendah pada sistem dapat dilihat dari persamaan berikut ini :

$$Q_c = P (\tan(\cos^{-1}(PF_1)) - \tan(\cos^{-1}(PF_2))) \quad (3)$$

Keterangan :

Qc = Nilai Kapasitor (kVar)

P = Daya Aktif yang mengalir pada feeder tersebut

PF1 = Power Factor Sebelum

PF2 = Power Factor Sesudah

Dalam perbaikan faktor daya dengan pengaturan tegangan jaringan, para teknisi menggunakan kapasitor sistem kompensasi daya reaktif, beban yang memiliki sifat induktif akan mengakibatkan penyerapan daya reaktif, dan akan menimbulkan jatuh tegangan di sisi yang menerima, pada saat ini kapasitor berfungsi untuk mengkompensasi daya reaktif serta memastikan tegangan terjadi di level beban puncak, pemakaian kapasitor merupakan sebuah usaha yang dilakukan agar berguna untuk memberi *supply* daya reaktif, yang sebagaimana penggunaan kapasitor dapat mengurangi penyerapan oleh beban.

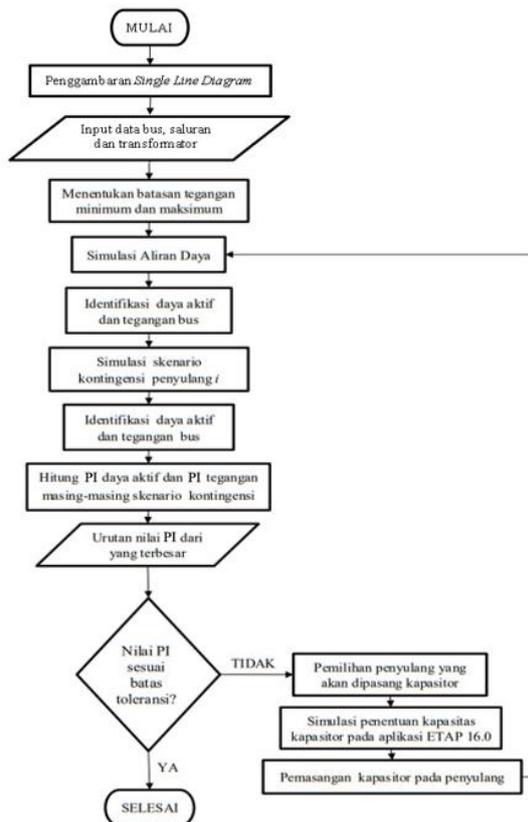
Fungsi kapasitor secara umum pada sistem tenaga adalah menyuplai daya reaktif agar dapat memaksimalkan penggunaan daya mengurangi jatuh tegangan, memperbaiki faktor daya, mengurangi kelebihan beban transformator, memberi tambahan daya reaktif, kenaikan arus dan suhu pada penghantar dapat terhinder dan menghemat efisiensi. [9]

Kapasitor memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran, tergantung dari kapasitas, tegangan kerja, dan lain sebagainya. Kapasitor terbagi dalam dua kelompok yaitu kapasitor yang memiliki kapasitas yang tetap (*Fixed Capacitor*) dan kapasitor yang memiliki kapasitas yang dapat diubah-ubah atau dengan kata lain kapasitor variable (*Variabel Capacitor*).

3 Metodologi

Penelitian ini dimulai dengan menyusun single line diagram yang telah ditentukan, diikuti oleh penginputan data yang diperlukan pada aplikasi ETAP. Proses selanjutnya melibatkan analisis kontingensi menggunakan aplikasi ETAP, di mana *performance index* dan nilai jatuh tegangan diperoleh dari hasil kontingensi. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan standar PLN untuk menilai jatuh tegangan dan *performance index* sistem kelistrikan di Gardu Induk Betung apakah sesuai dengan batas yang diperbolehkan SPLN.

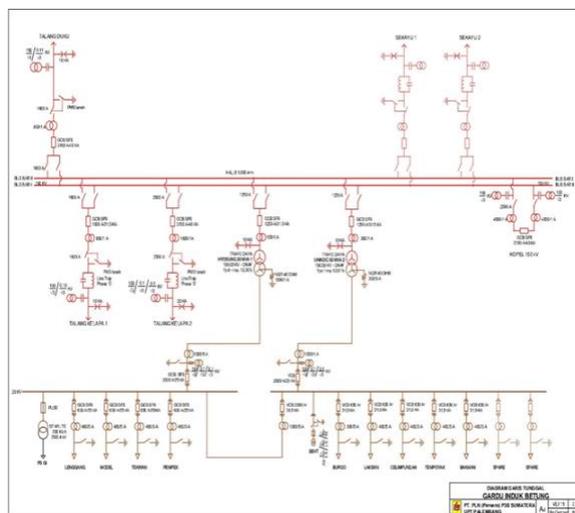
Jika hasil menunjukkan ketidaksesuaian dengan standar PLN, langkah selanjutnya melibatkan proses input kombinasi kapasitor dan simulasi pemasangan kapasitor. Evaluasi dilakukan terhadap hasil jatuh tegangan dari simulasi pemasangan kapasitor, dengan tujuan memperbaiki *performance index* tegangan dan jatuh tegangan secara keseluruhan. Alur penelitian dapat dilihat pada diagram alir penelitian.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

4 Pembahasan

Single line diagram Gardu Induk Betung pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2. Single Line Diagram Penelitian

4.1 Hasil Power Flow Sebelum terjadi Contingency

Berdasarkan hasil simulasi aliran daya dengan menggunakan aplikasi ETAP, pada kondisi normal, dari tujuh penyulang yang beroperasi pada gardu induk Betung. Terdapat satu penyulang yang mengalami jatuh tegangan diluar batas toleransi yang diperbolehkan, yaitu pada penyulang Bakwan. Besar nilai jatuh tegangan yang terjadi pada penyulang Bakwan yaitu sebesar 10,13%. Adapun nilai tegangan yang mengalir pada tiap penyulang sebelum kontingensi, dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Tegangan Kondisi Normal

No	Nama Penyulang	Tegangan (kV)	%V
1	Pempek	20,87	94,876
2	Bakwan	19,77	89,871
3	Model	21,09	95,865
4	Lenggang	21,44	97,464
5	Celimpungan	21,58	98,121
6	Tempoyak	20,77	94,440
7	Krokot	21,67	98,532

Tabel 2. Pembebanan normal sebelum kontingensi

No	Nama Penyulang	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Arus (A)
1	Pempek	5,603	3,537	183,3
2	Bakwan	3,030	1,905	104,5
3	Model	3,758	2,403	122,1
4	Lenggang	1,948	1,231	62,0
5	Celimpungan	1,591	1,011	50,4
6	Tempoyak	1,087	0,691	35,8
7	Krokot	6,837	4,368	216,1

Dari

Tabel 2 dapat diketahui besarnya daya aktif, daya reaktif, dan arus yang tersalurkan pada tiap penyulang. Penyaluran daya aktif, daya reaktif, dan arus yang paling besar saat tidak ada gangguan (kondisi normal), tersalurkan pada penyulang Krokot. Hal ini dikarenakan total beban yang ditanggung oleh penyulang Krokot merupakan total beban yang paling besar dibandingkan dengan kebutuhan beban yang ditanggung oleh penyulang yang lain.

Sehingga, aliran daya aktif, daya reaktif dan arus yang tersalurkan pada penyulang Krokot lebih besar dibandingkan penyulang lainnya. Sedangkan penyaluran daya aktif, daya reaktif, dan arus yang paling kecil tersalurkan pada penyulang Tempoyak. Hal ini dikarenakan total beban yang ditanggung oleh penyulang Krokot merupakan total beban yang paling kecil dibandingkan dengan kebutuhan beban yang ditanggung oleh penyulang yang lain. Sehingga, aliran daya aktif, daya reaktif dan arus yang tersalurkan pada penyulang Krokot lebih kecil dibandingkan penyulang lainnya.

4.2 Performance Index Masing-Masing Saluran

Adapun urutan nilai *performance index* tegangan yang didapatkan berdasarkan 7 (tujuh) skenario kontingensi dari 7 (tujuh) penyulang yang telah dilakukan dengan menggunakan aplikasi ETAP dapat dilihat pada Tabel 3. Dari Tabel 3 dapat diketahui nilai *performance index* tegangan pada tiap saluran di gardu induk Betung. Didapatkan nilai *performance index* tegangan tertinggi terjadi pada penyulang Krokot sebesar 5,67. Semakin besar nilai *performance index* tegangan maka semakin tingkat keandalan sistem semakin buruk. Apabila terjadi gangguan pada penyulang Krokot akan memberikan dampak terburuk pada sistem sehingga mempengaruhi sistem proteksi pada gardu induk Betung. Mengingat beban puncak yang ditanggung oleh penyulang Krokot merupakan total beban yang paling besar dibandingkan dengan beban pada penyulang yang lain.

Berdasarkan aplikasi ETAP yang digunakan, perhitungan *performance index* tegangan sistem yang dihasilkan merupakan

hasil iterasi dari *performance index* tegangan secara keseluruhan pada masing-masing saluran. Untuk melihat dampak yang ditimbulkan terhadap nilai *performance index* tegangan tiap saluran apabila dilakukan kontingensi pada penyulang Krokot secara detail dapat dihitung berdasarkan persamaan (1).

Tabel 3. Urutan *performance Index*

Rank	Penyulang	<i>Performance Index</i> Tegangan
1	Krokot	5,67
2	Celimpungan	5,66
3	Lenggang	5,66
4	Tempoyak	5,65
5	Model	5,65
6	Pempek	5,64
7	Bakwan	5,61

Tabel 4. Perhitungan PIV Skenario penyulang krokot *outage*

Dampak Saluran Lain	PIV	Keterangan
Bakwan	1.001517	Tidak Memenuhi Standar
Celimpungan	0.908674	Memenuhi
Lenggang	0.923507	Memenuhi
Model	0.938834	Memenuhi
Pempek	0.94873	Memenuhi
Tempoyak	0.943756	Memenuhi

Berdasarkan aplikasi ETAP, didapatkan nilai *performance index* tegangan (PIV) pada penyulang Krokot sebesar 5,67. Sedangkan perhitungan rinci untuk nilai *performance index* tegangan didapatkan sebesar 5.665018. Saluran distribusi dapat dikatakan *overload* jika nilai *performance index* tegangan pada satu titik saluran melebihi 1 ($PIV \geq 1$) [10].

Pada penyulang Bakwan terdapat nilai *performance index* tegangan yang melebihi 1 ditunjukkan pada Tabel 4, jika terjadi kontingensi pada penyulang Krokot. Ini berarti, apabila terjadi kontingensi pada penyulang Krokot akan berdampak pada penyulang Bakwan dimana nilai jatuh tegangan diluar batas toleransi SPLN T6.001: 2013 Tegangan Standar ($\pm 10\%$ tegangan nominal). Karena jatuh tegangan yang terjadi pada penyulang Bakwan sudah terjadi dari sebelum dilakukannya skenario kontingensi. Maka, dapat dikatakan apabila terjadi pelepasan pada penyulang Krokot, secara keseluruhan sistem tetap dapat beroperasi secara normal.

Dapat dilihat berdasarkan aliran daya setelah kontingensi penyulang Krokot, penyulang Bakwan mengalami jatuh tegangan sebesar 10,139%. Untuk itu perlu dilakukan upaya mitigasi dengan pemasangan kapasitor bank agar nilai *performance index* tegangan sistem dapat menurun dan operasi sistem menjadi lebih optimal.

4.3 *Performance Index Setelah Pemasangan Kapasitor*

Untuk menjaga sistem jaringan distribusi gardu induk Betung dalam kondisi optimal pada kondisi normal ataupun kondisi kontingensi. Perlu dilakukan mitigasi dengan cara melakukan pemasangan kapasitor bank pada penyulang yang memiliki

tegangan diambang batas toleransi yang diperbolehkan. Terdapat tiga penyulang yang beroperasi dengan tegangan yang nilainya diambang batas toleransi, yaitu penyulang Bakwan, penyulang Pempek dan penyulang Tempoyak.

Pemasangan kapasitor bank dilakukan dengan melakukan simulasi *Optimal Capacitor Placement* pada aplikasi ETAP. Berdasarkan perhitungan simulasi *Optimal Capacitor Placement* pada aplikasi ETAP, dibutuhkan pemasangan kapasitor pada Penyulang Bakwan dengan kapasitas sebesar 4061,31kVAR, Penyulang Pempek sebesar 447,94kVAR, dan Penyulang Tempoyak sebesar 445,43kVAR.

Untuk memenuhi kebutuhan pemasangan kapasitor tersebut disesuaikan dengan ketersediaan spesifikasi kapasitor yang ada di pasaran. Sehingga digunakan masing-masing satu buah kapasitor bank dengan kapasitas 500 kVAR untuk dipasang pada penyulang Pempek dan penyulang Tempoyak. Sedangkan untuk penyulang Bakwan dibutuhkan pemasangan 9 buah kapasitor bank dengan kapasitas masing-masing 500 kVAR. Adapun hasil pemasangan kapasitor bank, menunjukkan perbaikan tegangan sistem pada gardu induk Betung. Besar tegangan sistem setelah dilakukan pemasangan kapasitor dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Tegangan setelah pemasangan kapasitor

No.	Nama Penyulang	Tegangan (kV)	%V
1	Bakwan	21,51	97,795
2	Celimpungan	21,60	98,216
3	Krokot	21,69	98,627
4	Lenggang	21,64	98,401
5	Model	21,29	96,817
6	Pempek	21,11	95,973
7	Tempoyak	21,07	95,800

Tabel 6. Penurunan *Performance Index* Tegangan Sebelum dan Sesudah pemasangan kapasitor

No	Penyulang	<i>Performance Index</i>			
		Tanpa Kapasitor	Rank	Dengan Kapasitor	Rank
1	Krokot	5,67	1	5,58	3
2	Pempek	5,64	2	5,58	3
3	Model	5,65	2	5,58	3
4	Bakwan	5,61	3	5,60	1
5	Celimpungan	5,66	3	5,59	2
6	Lenggang	5,66	4	5,59	2
7	Tempoyak	5,65	5	5,58	3

Dari Tabel 5 menunjukkan tegangan setelah pemasangan kapasitor bank. Nilai jatuh tegangan sistem hanya mencapai <5% dan masih dibawah ketentuan SPLN. Sistem distribusi pada semua saluran di gardu induk Betung beroperasi dalam kondisi optimal dan tidak ada yang mengalami jatuh tegangan melampaui batas toleransi (SPLN T6.001: 2013 Tegangan Standar).

Hasil perhitungan peringkat *performance index* tegangan tiap saluran yang didapatkan setelah adanya penambahan kapasitor

bank membuat representasi *performance index* tegangan tiap saluran menjadi lebih rendah. Semakin kecil nilai *performance index* tegangan yang didapat maka semakin baik tingkat keandalan sistem tenaga listrik.

Sedangkan dari Tabel 6 menunjukkan bahwa dengan adanya pemasangan kapasitor bank memberikan penurunan terhadap nilai *performance index* tegangan. Dengan kata lain, tingkat keandalan sistem distribusi pada gardu induk Betung menjadi lebih baik.

5 Kesimpulan

Sesuai dengan perhitungan simulasi Optimal Capacitor Placement pada aplikasi ETAP didapatkan nilai kapasitor yang dibutuhkan pada gardu induk Betung. Pada penyulang Bakwan hasil perhitungannya didapatkan nilai kapasitas kapasitor yang dibutuhkan sebesar 4061,31 kVAR atau dibutuhkan pemasangan 9 (Sembilan) unit kapasitor bank dengan kapasitas sebesar 500 kVAR, pada penyulang Pempek hasil perhitungannya didapatkan nilai kapasitas kapasitor yang dibutuhkan sebesar 447,94 kVAR atau dibutuhkan pemasangan 1 (satu) unit kapasitor bank dengan kapasitas 500 kVAR, dan pada penyulang Tempoyak hasil perhitungannya didapatkan nilai kapasitas kapasitor sebesar 445,43 kVAR atau dibutuhkan pemasangan 1 (satu) unit kapasitor bank dengan kapasitas 500 kVAR. Pemasangan kapasitor bank ini membuat pengoperasian sistem menjadi lebih optimal dan representasi *performance index* tegangan juga menurun. Selain itu, penambahan kapasitor tersebut membuat jatuh tegangan sistem pada gardu induk Betung beroperasi dalam kondisi normal. Jatuh tegangan sistem setelah pemasangan kapasitor hanya mencapai <5% dan masih dibawah ketentuan SPLN T6.001: 2013. Diharapkan dengan dilakukannya penambahan kapasitor pada gardu induk Betung dapat menjadi acuan untuk merencanakan dan mengoperasikan sistem tenaga listrik di wilayah Palembang dalam peningkatan keandalan sistem di masa depan.

Kontribusi Penulis

Penelitian terkait peningkatan *performance index* tegangan melalui pemasangan kapasitor bank pada gardu induk Betung merupakan kerjasama antara 2 penulis. Penulis 1 telah melakukan penyusunan dan perumusan latar belakang dan tujuan penelitian, mengumpulkan dan menganalisis data sistem 20 KV yang digunakan dalam studi kasus. melakukan simulasi dan analisis kontingensi menggunakan aplikasi ETAP 16.0, menyusun bagian hasil dan pembahasan dalam jurnal serta mengkoordinasikan seluruh proses penelitian dan penulisan jurnal. Selain itu, penulis 2 telah berkontribusi dalam penyusunan studi pustaka dan literatur yang relevan dengan topik penelitian, mendukung proses analisis data dan membantu dalam interpretasi hasil simulasi., bertanggung jawab atas penulisan bagian metodologi dalam jurnal, dan melakukan *proofreading* dan memastikan kesesuaian format serta gaya penulisan sesuai dengan standar jurnal, mengurus komunikasi dengan editor jurnal dan menangani revisi berdasarkan umpan balik dari reviewer.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. PLN (Persero) UP3 Palembang yang telah memberikan dukungan dan bantuannya dalam pelaksanaan penelitian.

Referensi

- [1] S.-Y. Peng, L.-H. Liu, P.-K. Chang, T.-Y. Wang, and H.-Y. Li, "A Power-Efficient Reconfigurable Output-Capacitor-

Less Low-Drop-Out Regulator for Low-Power Analog Sensing Front-End," *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, vol. 64, no. 6, pp. 1318–1327, 2017, doi: 10.1109/TCSI.2016.2561638.

- [2] C. Fager, W. Hallberg, M. Özen, K. Andersson, K. Buisman, and D. Gustafsson, "Design of linear and efficient power amplifiers by generalization of the Doherty theory," in *2017 IEEE Topical Conference on RF/Microwave Power Amplifiers for Radio and Wireless Applications (PAWR)*, 2017, pp. 29–32. doi: 10.1109/PAWR.2017.7875565.
- [3] T. R. Cunha, P. M. Cabral, and L. C. Nunes, "Characterizing power amplifier static AM/PM with spectrum analyzer measurements," in *2014 IEEE 11th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD14)*, 2014, pp. 1–4. doi: 10.1109/SSD.2014.6808883.
- [4] E. N. Y. Ho and P. K. T. Mok, "Design optimization of an output capacitor-less low dropout regulator with compensation capacitance reduction and slew-rate enhancement technique," in *2011 IEEE International Symposium of Circuits and Systems (ISCAS)*, 2011, pp. 53–56. doi: 10.1109/ISCAS.2011.5937499.
- [5] *www.Techbooksyard.com*.
- [6] J. J. Carr, *Sensors and circuits : sensors, transducers, and supporting circuits for electronic instrumentation, measurement, and control*. Englewood Cliffs, N.J. : PTR Prentice Hall, 1993.
- [7] Suharsimi Arikunto, *Prosedur Penelitian : Suatu Pendekatan Praktek*. 2014.
- [8] S. Akto, E. Ervianto, and D. Y. Sukma, "Kajian Penempatan Kapasitor Bank Menggunakan Metode Genetik Algoritma pada South Balam Feeder 1 PT. Chevron Pacific Indonesia," *Jurnal Online Mahasiswa FTEKNIK*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2014.
- [9] Y. Rahmatulloh, "Analisis Penempatan Optimal Kapasitor Untuk Perbaikan Profil Tegangan Dan Rugi Daya Saluran Distribusi 20Kv Pada Penyulang Jolotundo," 2022.
- [10] S. Burada, D. Joshi, and K. D. Mistry, "Contingency analysis of power system by using voltage and active power performance index," *1st IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems, ICPEICES 2016*, 2017, doi: 10.1109/ICPEICES.2016.7853352.

Halaman ini sengaja dikosongkan