EVALUASI UNTUK MENGATASI BEBAN LEBIH PADA PENYULANG BATU BELIG

K.H Priadi¹, R.S Hartati², I.W Sukerayasa³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana Email : priadi00@gmail.com¹

Abstrak

Penyulang Batu Belig merupakan penyulang dengan konfigurasi tipe radial, dengan 109 trafo distribusi, total daya terpasang 19.175 KVA. Pada tahun 2013 beban puncak penyulang Batu Belig sebesar 284 A dan standar maksimal pembebanan suatu penyulang 240 A (80% dari 300 ampere). Mengatasi beban lebih pada penyulang Batu Belig, perlu dilakukan rekonfigurasi jaringan distribusi. Rekonfigurasi jaringan distribusi dapat dilakukan dengan dua skenario: skenario 1 dengan mengalihkan sebagian beban penyulang Batu Belig ke penyulang terdekat, yaitu penyulang Mertanadi dan Uma Alas. Skenario 2 dengan memotong beban penyulang Batu Belig menjadi dua, sehingga didapat penyulang Batu Belig 1 dan penyulang Batu Belig 2. Penyulang Batu Belig 2 akan dialihkan ke penyulang baru, yang ditarik dari gardu induk terdekat, yaitu Gardu Induk Padang Sambian dan Gardu Induk Pemecutan Kelod. Setelah dianalisis solusi terbaik untuk mengatasi beban yang sudah kritis pada penyulang Batu Belig dengan rekonfigurasi skenario 2, yaitu penyulang Batu Belig 2 dengan sumber gardu induk Pemecutan Kelod (trafo III/ 60 MVA) mengunakan kabel tanam (AL XLPE 240 mm²). Menggunakan kabel tanam didapat persentase losses sebesar 2,5% dan persentase drop tegangan sebesar 1,63%, untuk standar losses yang diijinkanl adalah 5,24% [1], dan drop tegangan pada tipe radial yang diijinkan tidak boleh lebih dari 5% [2].

Kata kunci: Rerekonfigurasi, sistem radial, losses, drop tegangan

1. PENDAHULUAN

. Data yang didapat dari PT. PLN area Bali Selatan menyebutkan bahwa beban maksimal penyulang Batu Belig sudah mencapai 284 A, beban itu sudah melebihi batas maksimal standar normal penyulang yaitu 240 A.

Solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan melakukan 2 skenario.

Skenario 1 dengan mengalihkan sebagian beban yang dipikul oleh penyulang Batu Belig tersebut ke penyulang terdekat, yaitu penyulang Uma Alas dan penyulang Mertanadi.

Skenario 2 yaitu dengan memotong beban penyulang Batu Belig menjadi dua, sehingga didapat penyulang Batu Belig 1 yaitu penyulang Batu Belig lama yang sebagian bebannya sudah dilepas dan Penyulang Batu Belig 2 yaitu sebagian beban penyulang Batu Belig yang akan dialihkan ke penyulang baru, yang ditarik dari gardu induk terdekat yaitu gardu induk Padang Sambian atau gardu induk Pemecutan Kelod.

Penelitian ini akan membahas tentang evaluasi untuk mengatasi beban lebih pada penyulang Batu Belig. Analisis akan mengkaji mengenai bagaimana solusi untuk mengatasi masalah beban yang sudah kritis pada penyulang Batu Belig dan menganalisis

penyulang tersebut menggunakan metode Newton Raphson untuk mendapat nilai losses dan drop tegangan pada penyulang Batu Belig, baik pada kondisi sebelum rekonfigurasi (eksisting) maupun pada penyulang Batu Belig setelah rekonfigurasi. Tujuan dari penelitian ini diharapkan penulis akan mengetahui suatu cara yang paling tepat untuk mengatasi masalah beban yang sudah kritis pada penyulang Batu Belig.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 *Drop* Tegangan

Berdasarkan SPLN 72:1987 sebuah jaringan tegangan menegah dengan kriteria *drop* tegangan pada tipe radial yang dijinkan tidak boleh lebih dari 5% ($\Delta V < 5\%$)

Besarnya *drop* tegangan yang terjadi dapat dirumuskan [3, 4]:

$$\Delta V = I.L(R\cos\theta + X\sin\theta) \tag{1}$$

dengan:

$$Cos\theta = \frac{R}{\sqrt{(R^2 + X^2)}} \tag{2}$$

$$Sin\theta = \sin(Arc.Cos\theta)$$
 (3)

Drop tegangan dalam persentase:

$$\Delta V\% = \frac{(V_{GI}) - (V_{UJung})}{(V_{GI})} \times 100\% \tag{4}$$

Keterangan:

△V : Drop tegangan (V)

L : Panjang saluran (km)

I : Arus saluran (A)

 \mathbb{R} : Resistansi saluran (Ω/km) X : Reaktansi saluran (Ω/km)

 V_{GI} : Tegangan di sumber/Gardu Induk (V) V_{ujung} : Tegangan di ujung penyulang (V)

2.2 Losses

Losses atau rugi-rugi daya yaitu kehilangan daya listrik saat penyaluran daya dari sumber ke konsumen nilai losses dapat dirumuskan dengan[5]:

$$\Delta P = (V_{GI} - V_{ujung}) \times I_{beban} \times Cos\theta$$
 (5)

Keterangan:

 ΔP : Rugi-rugi daya total (Watt) V_{GI} : Tegangan di sumber (V)

V_{ujung}: Tegangan di ujung penyulang (V)

 I_{beban} : Arus (A) $Cos\theta$: Faktor daya

2.3 Rekonfigurasi Jaringan Distribusi

Rekonfigurasi jaringan (Network Reconfiguration) merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan pensakelaran terkontrol jarak jauh (switching remotely controlled) pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko pada operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan [6].

Rekonfigurasi jaringan pada kondisi normal dilakukan karena dua alasan [6]:

- 1. Mengurangi rugi-rugi daya pada sistem (*loss reduction*).
- 2. Mendapatkan pembebanan yang seimbang untuk mencegah pembebanan yang berlebih pada jaringan (*load balancing*)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Analisis Data

Metode yang digunakan dalam analisis hasil penelitian ini adalah dengan menggunakan metode aliran daya Newton Raphson pada software aliran daya. Alur analisis dapat dijabarkan sebagai berikut:

- Mempersiapkan parameter-parameter data yang akan digunakan, seperti single line diagram dan data parameter penyulang Batu Belig, Uma Alas dan Mertanadi, serta data kapasitas karakteristik input-output transformator dan data beban.
- 2. Melakukan rekonfigurasi skenario 1

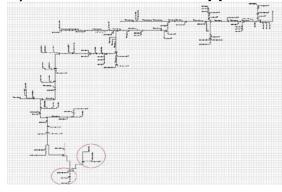
- dengan menentukan titik potong beban, untuk mengalihkan sebagian beban pada penyulang Batu Belig ke penyulang terdekat, yaitu penyulang Uma Alas dan Mertanadi.
- Melakukan rekonfigurasi skenario 2 dengan menentukan titik potong beban pada penyulang Batu Belig, untuk mengalihkan sebagian beban ke penyulang baru dan menentukan jalur yang akan dilalui penyulang baru tersebut.
- 4. Analisis aliran daya dilakukan pada skenario rekonfigurasi yang memungkinkan untuk dilakukan. Sehingga didapat hasil dan kesimpulan rekonfigurasi jaringan distribusi yang terbaik dari nilai losses dan drop tegangan untuk mengatasi beban lebih pada penyulang Batu Belig.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi *Eksisting* Penyulang Batu Belig

Penyulang Batu Belig mensuplai energi listrik untuk daerah Kerobokan, Seminyak dan sekitarnya. jenis penghantar yang digunakan pada penyulang ini adalah kabel tanam (AL XLPE 240 mm²), kabel udara (MVTIC 150 mm², A3C 150 mm²) dengan total panjang jaringan 18,668 km. Sesuai dengan data yang didapat dari PT. PLN Area Bali Selatan, beban puncak penyulang batu belig pada tahun 2013 sudah mencapai 284 (standar maksimal suatu penyulang 240 A).

Analisis aliran daya pada program aliran daya didapat persentase *losses* sebesar 4,4%, dengan standar maksimal *losses* 5,24% [1] dan tegangan terendah yang diterima dari tegangan sumber (20 KV) sebesar 19,173 KV pada 6 bus, yaitu bus 260, bus 261, bus 263, bus 265, bus 271, bus 273, seperti dilihat pada gambar yang diberi lingkaran pada gambar 1, sehingga didapat *drop* tegangan sebesar 4,2%. *Drop* tegangan pada tipe radial yang diijinkan tidak boleh lebih dari 5% [2].



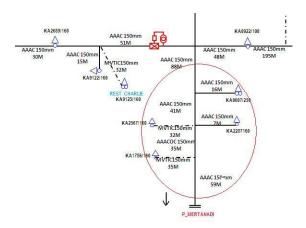
Gambar 1. Titik bus dengan tegangan terendah penyulang Batu Belig eksisting.

4.2 Rekonfigurasi Penyulang Batu Belig Skenario 1

Rekonfigurasi yang dimaksud yaitu dengan mengalihkan sebagian beban penyulang Batu Belig ke penyulang terdekat yaitu penyulang Uma Alas dan penyulang Mertanadi.

4.2.1 Pengalihan beban ke penyulang Mertanadi

Kondisi dilapangan pada jaringan distribusi penyulang Batu Belig, jumlah gardu distribusi yang dapat dialihkan ke penyulang Mertanadi hanya empat buah, hal ini dikarenakan hanya empat buah gardu distribusi yang tidak terletak pada jalur utama penyulang Batu Belig, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.

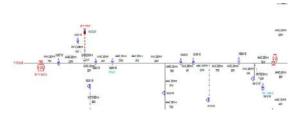


Gambar 2. Pertemuan penyulang Batu Belig dengan penyulang Mertanadi.

Kondisi pembebanan diketahui beban puncak penyulang Mertanadi sudah mencapai 266 A (PT. PLN area Bali Selatan), beban tersebut sudah melebihi standar maksimal beban suatu penyulang yaitu 240 A, sehingga dapat disimpulkan bila sebagian beban penyulang Batu Belig dialihkan ke penyulang Mertanadi akan mengakibatkan beban yang dipikul penyulang Mertanadi akan semakin kritis.

4.2.2 Pengalihan beban ke penyulang Uma Alas

Kondisi dilapangan pada jaringan distribusi penyulang Batu Belig didapat hasil yaitu hanya dapat memindahkan beban sementara ke penyulang Uma Alas, untuk pengalihan beban permanen tidak dapat dilakukan, karena pada pertemuan penyulang Batu Belig dengan penyulang Uma Alas terdapat recloser tie. Terdapatnya recloser tie pada jalur utama penyulang Batu Belig, akan merubah konstruksi pada penyulang Batu Belig jika dilakukan pengalihan beban dari penyulang Batu Belig ke penyulang Uma Alas.



Gambar 3. Pertemuan penyulang Uma Alas dengan Penyulang Batu Belig.

Kondisi pembebanan diketahui beban puncak penyulang Uma Alas sudah mencapai 233 A dan hanya boleh memikul manuver beban sebesar 7 ampere (standar maksimal suatu penyulang 240 A). Dari analisis tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa beban dari penyulang Batu Belig tidak dapat dialihkan ke penyulang Uma Alas, karena penyulang Uma Alas sudah memikul beban yang cukup besar.

4.3 Rekonfigurasi Penyulang Batu Belig Skenario 2

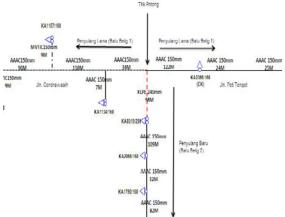
Rekonfigurasi yang dimaksud yaitu dengan membangun penyulang baru dari gardu induk dan memotong beban Batu Belig menjadi dua. Sehingga akan didapat penyulang Batu Belig 1 yaitu penyulang Batu Belig yang sebagian bebannya sudah dipotong (dilepas) dan penyulang Batu Belig 2 yaitu sebagian beban penyulang Batu Belig vang akan dialihkan ke penyulang baru.

Sebelum menentukan dimana lokasi beban dipotong (dilepas) pada penyulang Batu Belig terlebih dahulu dilakukan analisis kondisi dilapangan dan analisis daya, untuk mendapatkan titik potong beban yang ideal baik dari segi kondisi dilapangan maupun dari segi daya.

Tahap selanjutnya akan dilakukan analisis pada gardu induk terdekat yang akan menjadi sumber daya pada penyulang baru, yaitu gardu induk Padang Sambian dan gardu induk Pemecutan Kelod. Analisis tersebut meliputi analisis daya pada gardu induk yaitu dengan melakukan analisis trafo pada kedua gardu induk tersebut untuk mendapat nilai pembebanan dan kapasitas pada masingmasing trafo, sehingga dapat diketahui trafo yang dapat memikul beban penyulang baru pada gardu induk Padang Sambian dan gardu induk Pemecutan Kelod. Tahap selanjutnya dilakukan analisis iarak dari gardu induk ke titik perpotongan beban penyulang Batu Belig vaitu dengan menggunakan program dreamap, yaitu program pemetaan yang dapat menampilkan jalur, lokasi serta aset dari PT. PLN untuk daerah Bali. Tahap terakhir, analisis jenis kabel dan jalur yang akan menggunakan dilewati dengan analisis dilapangan, sehingga didapat jenis kabel yang dapat digunakan dan jalur yang memiliki jarak lebih pendek ke titik perpotongan beban penyulang Batu Belig.

4.3.1 Penentuan titik potong pada penyulang Batu Belig

Analisis kondisi di lapangan dan kondisi beban didapat titik potong beban penyulang Batu Belig yaitu pada percabangan pada jalan Cendrawasih dan jalan Peti Tenget, setelah gardu dengan nomor KA2366. Pemotongan dilakukan dengan menambahkan LBS yang beroperasi dengan sistem *Normaly Open* (N/O). Titik potong pada penyulang batu Belig dapat dilihat pada gambar 4.

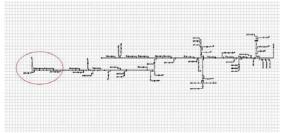


Gambar 4. Titik potong penyulang Batu Belig.

Titik potong tersebut dipilih karena dari segi kondisi dilapangan lebih memungkinkan untuk pemasangan LBS karena tersedianya tiang untuk penempatan LBS tersebut. Sedangkan dari segi daya, total daya yang dimiliki oleh penyulang Batu Belig pada kondisi *eksisting* adalah 19.175 KVA, setelah dilakukan pemotongan beban, penyulang Batu Belig 1 memiliki daya 9855 KVA dan penyulang Batu Belig 2 memiliki daya 9320 KVA (cukup berimbang).

4.3.2 Penyulang Batu Belig 1

Penyulang yang dimaksud yaitu penyulang Batu Belig yang sebagian bebannya sudah dialihkan ke penyulang baru. Penyulang ini bersumber dari gardu induk Padang Sambian (trafo II/ 60 MVA), dengan 55 buah trafo distribusi, total daya pada trafo distribusi sebesar 9855 KVA, Persentase losses sebesar 2,3% dan Tegangan terendah yang diterima dari tegangan sumber (20 KV) sebesar 19,688 KV pada 7 bus, yaitu bus 130, bus 131, bus 133, bus 135, bus 137, bus 138, bus 140, sehingga didapat drop tegangan sebesar 1,56%. Tegangan terendah pada penyulang Batu Belig 1 dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Titik bus dengan tegangan terendah penyulang Batu Belig 1.

4.3.3 Penyulang Batu Belig 2

Penyulang yang dimaksud yaitu sebagian beban penyulang Batu Belig yang akan dialihkan ke penyulang baru yang ditarik dari Gardu Induk Padang Sambian dan Gardu Induk Pemecutan Kelod.

Penarikan penyulang baru dari Gardu Induk Padang Sambian, dilakukan dengan penambahan trafo baru, dikarenakan trafo I dan II sudah memikul beban yang cukup besar. Penyulang baru dapat ditarik menggunakan kabel tanam, untuk kabel udara sudah tidak memungkinkan, karena tiang jaringan distribusi 20 KV pada jalur yang akan dilewati sudah memikul beban maksimum. Analisis aliran daya pada iaringan menunjukkan persentase losses sebesar 2,59% dan drop tegangan sebesar 1,75%. Hasil pemetaan dengan program dreamap didapat panjang jaringan dari gardu induk Padang Sambian ke titik perpotongan beban yaitu 5,996 km [7]. Jalur yang akan dilewati dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Jalur kabel tanam dari GI Padang Sambian ke Batu Belig 2

Penarikan penyulang baru dari Gardu Induk Pemecutan Kelod dilakukan dengan penambahan trafo baru, dikarenakan trafo I dan II sudah memikul beban yang cukup besar. Jenis kabel yang dapat digunakan yaitu jenis kabel tanam dan kabel udara. Menggunakan kabel tanam didapat nilai losses sebesar 2,44% dan nilai drop tegangan sebesar 1,63%, dengan menggunakan kabel

udara didapat nilai *losses* sebesar 2,8% dan nilai *drop* tegangan sebesar 1,91%. Hasil pemetaan dengan program *dreamap* didapat panjang jaringan dari gardu induk Pemecutan Kelod ke titik perpotongan beban menggunakan kabel tanam dan kabel udara yaitu 5,436 km [7].



Gambar 7. Jalur kabel tanam dari GI Pemecutan Kelod ke Batu Belig 2

5. SIMPULAN

Simpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Solusi terbaik untuk mengatasi beban yang sudah kritis pada penyulang Batu Belig dengan rekonfigurasi skenario 2, yaitu mengalihkan sebagian beban penyulang Batu Belig ke penyulang baru dari gardu induk Pemecutan Kelod (trafo III/ 60 MVA) mengunakan kabel tanam (AL XLPE 240 mm²). Dikarenakan dengan menggunakan kabel tanam (AL XLPE 240 mm²) didapat nilai persentase losses dan drop tegangan terkecil yaitu, losses sebesar 2,5% dan persentase drop tegangan sebesar 1,63%, Standar batas losses yang diijinkan adalah 5,24%[1] dan drop tegangan pada tipe radial yang diijinkan tidak boleh lebih dari 5%[2].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] _____. 2014. Workplan Target Susut Jaringan Distribusi Bali. Denpasar: PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan.
- [2] SPLN 72 : 1987. Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) Dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [3] Gonen, T. 1986. Electric Power Distribution System Engineering. Columbia: McGraw-Hill Book Company.

- [4] Kadir, A. 2000. Distribusi dan Utilitas Tenaga Listrik), Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- [5] Parton, R.K. 2004. Perhitungan Instalasi Listrik Volume 3. Jakarta: Erlangga.
- [6] Fayyadl, M. 2006. Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Daya Listrik Dengan Metode Algoritma Genetika. Semarang: Kampus Universitas Diponegoro.
- [7] _____. 2014. *Dreamap.* Denpasar: PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan.