

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV UNTUK PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN DAN SUSUT DAYA LISTRIK

RECONFIGURATION OF 20 KV DISTRIBUTION NETWORK FOR IMPROVING VOLTAGE PROFILE AND LOSSES

Hari Prasetyo¹

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the voltage profile and decrease the electric power, main feeder 20 kV distribution system of Kalibakal Substation (GI Kalibakal). Evaluation refers to the standard PT. PLN (Persero) SPLN 72: 1987 about the specification and design to JTM and JTR and SPLN 10-1A: 1996 percentage losses tolerance is $\pm 10\%$ of the power delivered. Evaluation results used as the basis for improved simulation voltage drop and power losses with a network reconfiguration method. Potential re-configuration is determined by looking at the voltage profile and power losses in each configuration feeder and around feeder nearest feeder that will be reconfiguration. Simulation is done using the tools ETAP power station to analyze the power flow the main feeder of GI Kalibakal.

The first simulation assuming GI Kalibakal voltage of 20 kV as the voltage rating of medium voltage distribution system. The result is that the voltage profile, 92.66% in feeder 5 and 94.62% in feeder 6 under standard. With the GI Kalibakal boost to the 20.5 kV, voltage profile feeder 5 rose to 95.29% and feeder be 97.21% 6. So by increasing the voltage GI Kalibakal from 20 kV to 20.5 kV voltage profile already meet the standards.

From the simulation with the GI Kalibakal voltage 20.5 kV, losses that occur in all feeder under 10% which means meet with the standard, the largest losses in feeder 5 for 2.81%. Losses had to be suppressed as small as possible in this case performed by a network reconfiguration that can be done without investment. Reconfiguration is done by involving feeder 2, 3, 5 and 6 with total losses before the reconfiguration is 401 kW. After a reconfiguration of the steps:

- 1. Three sections with a value of voltage on the marginal area (section 5_8, section5_9 and 5_10) feeder delegated to section 6 through 6_8,*
- 2. Section 6_11 and 6_12 section feeder transferred to section 3 through 3_6,*
- 3. Section 5_8, 5_9 and 5_10 its section 6_8, 6_9 and 6_10 delegated to feeder section 2 through 2_6,*

total losses feeder 2,3,5 and 6 to 290 kW, so there is a decrease losses of 401-290 = 111 kW.

Key word : Reconfiguration, voltage profile, losses.

¹ Program Studi Teknik Elektro Unsoed

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV UNTUK PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN DAN SUSUT DAYA LISTRIK

PENDAHULUAN

Tenaga listrik merupakan salah satu infrastruktur yang menyangkut hajat hidup orang banyak. Oleh karena itu penyediaan tenaga listrik harus dapat menjamin tersedianya dalam jumlah yang cukup, harga yang wajar dan mutu yang baik. Sebagai upaya untuk menjamin keamanan pasokan energi dalam negeri dan untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan, Pemerintah menetapkan Kebijakan Energi Nasional melalui PP no.5 tahun 2006. Beberapa langkah kebijakan utama dalam KEN tersebut meliputi: kebijakan penyediaan energi, kebijakan pemanfaatan energi, kebijakan harga energi dan kebijakan pelestarian dengan menerapkan prinsip pembangunan berkelanjutan. Termasuk dalam kebijakan pemanfaatan energi yaitu efisiensi pemanfaatan energi dan diversifikasi energi (Kebijakan Energi Nasional, 2006)

Selain faktor pemenuhan kapasitas daya, penyediaan tenaga listrik harus memperhatikan kualitas profil tegangan dan efisiensi daya listrik di jaringan distribusi. Kualitas profil tegangan diperlukan bagi pelanggan karena peralatan listrik mengacu pada tegangan nominal suplai listrik. Sementara efisiensi daya listrik di jaringan distribusi yang tinggi akan menguntungkan karena menurunkan susut daya listrik (losses) di jaringan dan juga menguntungkan pelanggan karena semakin banyak calon pelanggan yang akan dapat teraliri daya listrik. Kualitas tegangan dan efisiensi energi listrik pada suatu sistem kelistrikan sangat dipengaruhi oleh adanya rugi-rugi (susut daya listrik) yang terjadi baik disisi pembangkitan, penyaluran ataupun pendistribusian melalui suatu jaringan distribusi. Dalam kenyataannya, adanya susut daya listrik pada penyediaan energi listrik adalah sesuatu yang tidak bisa dihindarkan. Meski demikian susut energi yang terjadi dalam proses penyaluran dan distribusi energi listrik merupakan suatu pemborosan energi apabila tidak dikendalikan secara optimal.

Jaringan distribusi Listrik di Wilayah Purwokerto dan Banyumas, sebagian besar

dipasok oleh PT. PLN (persero) Area Pelayanan Jaringan (APJ) Purwokerto melalui Gardu Induk (GI) Kalibakal, tidak lepas dari permasalahan tegangan dan susut daya listrik tersebut. Pada tahun 2005 Program Sarjana Teknik Unsoed bekerjasama dengan PT. PLN (Persero) Unit Pendidikan Dan Pelatihan Semarang melakukan survei kepuasan pelanggan PT. PLN (Persero) APJ Purwokerto dimana 312 responden pelanggan diantaranya merupakan jenis tarif R. Dari responden tersebut terdapat 33 responden (10%) yang dikategorikan perlu perhatian (back check) pelayanan PT. PLN (Persero) termasuk diantaranya mengenai kualitas tegangan. Secara umum ke-33 responden tersebut terletak di daerah Bancarkembar (16 responden = 48,5%), Bantar Soka (11 responden=33,3%) dan Kranji (6 responden=18,2%).

Susut tegangan dan daya yang terjadi pada dasarnya disebabkan oleh beberapa faktor seperti : panjang jaringan, penampang kabel yang digunakan, arus beban yang mengalir, dan sebagainya. Dengan meningkatnya permintaan energi listrik (Pertumbuhan kebutuhan tenaga listrik di daerah Purwokerto mencapai 8,35% per tahun) jaringan listrik mengalami perluasan dan menjadi lebih kompleks. Bertambahnya beban juga akan menaikkan susut tegangan dan daya pada jaringan jika tidak direncanakan atau diantisipasi dengan baik. selain karena saluran menjadi lebih panjang, arus beban yang mengalir menjadi lebih besar.

Berdasar Data PT. PLN (Persero) APJ Purwokerto menunjukkan bahwa transformator 2 x 20 MVA dan 1 x 60 MVA di GI Kalibakal dibagi menjadi 8 penyulang (feeder) menuju pelanggan. Penyulang tersebut menyuplai energi listrik pada tegangan menengah 20 kV ke suatu area atau daerah tertentu. Data panjang penyulang dan beban yang terhubung pada masing-masing penyulang diperlihatkan pada tabel 1

Tabel 1. Panjang feeder dan kebutuhan daya masing-masing feeder Kalibakal

No.	Feeder	Panjang saluran (m)	Kapasitas Daya Beban (kVA)
1	Kalibakal 1	5941	1406
2	Kalibakal 2	11736	4596
3	Kalibakal 3	9862	4303
4	Kalibakal 4	23470	5555
5	Kalibakal 5	35631	6142
6	Kalibakal 6	28701	8339
7	Kalibakal 7	14812	2019
8	Kalibakal 8	11528	2007

Terdapat beberapa penyulang panjang yang menyuplai daya besar yang berpotensi menyebabkan susut tegangan dan daya yang besar. Penelitian yang dilakukan Fiqi Alawiyah (2009) tentang perencanaan jaringan distribusi 20 kV PT PLN APJ Purwokerto pada penyulang 2 dan penyulang 5 mendapatkan hasil beberapa bus pada penyulang 5 berada pada tegangan marginal (mendekati nilai kritis 10%) dengan drop tegangan mencapai 9,65%. Sedangkan perkiraan untuk 10 tahun dengan tingkat pertumbuhan 8% tegangan pada ujung penyulang 5 sangat rendah dibawah nilai tegangan kritis dengan drop tegangan 20,24%. Kondisi ini juga berpotensi terjadi pada penyulang Kalibakal yang lain, terutama penyulang panjang dengan suplai daya besar .

Dari kondisi tersebut, upaya penekanan susut tegangan dan susut daya adalah sangat penting untuk dilakukan. Nilai tegangan yang berada diluar nilai kritis tidak bisa ditoleransi karena tidak sesuai dengan standar yang berlaku juga menyebabkan peralatan listrik tidak bekerja secara optimal sesuai dengan spesifikasi dan rating peralatan. Jatuh tegangan yang besar di sisi tegangan menengah 20 kV yang besar juga akan menyebabkan tegangan pemakaian di sisi tegangan rendah 220 V menjadi rendah. Susut daya yang besar adalah menyebabkan pemborosan energi karena besarnya daya listrik yang terbuang pada jaringan. Rekonfigurasi jaringan merupakan salah satu upaya yang sangat potensial dilakukan guna menekan susut tegangan dan daya yang terjadi. Hal ini mengingat terdapat beberapa penyulang yang lebih pendek yang menyuplai daya relatif lebih kecil.

METODE PENELITIAN

Materi Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi profil tegangan dan susut daya pada 8 penyulang kalibakal jaringan distribusi 20 kV PT PLN APJ Purwokerto serta menganalisis potensi rekonfigurasi dan pengaruh rekonfigurasi jaringan terhadap perbaikan profil tegangan dan susut daya jaringan distribusi.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tahapan-tahapan penelitian sebagai berikut :

1. Tahap persiapan meliputi perijinan dan penelusuran pustaka
2. Pengambilan data yang diperlukan berupa data penyulang Kalibakal serta spesifikasi teknis peralatan yang terpasang
3. Evaluasi profil tegangan dan susut daya pada penyulang Kalibakal. Evaluasi ini dilakukan melalui analisis aliran daya dengan menggunakan software ETAP Power Station 4.0.

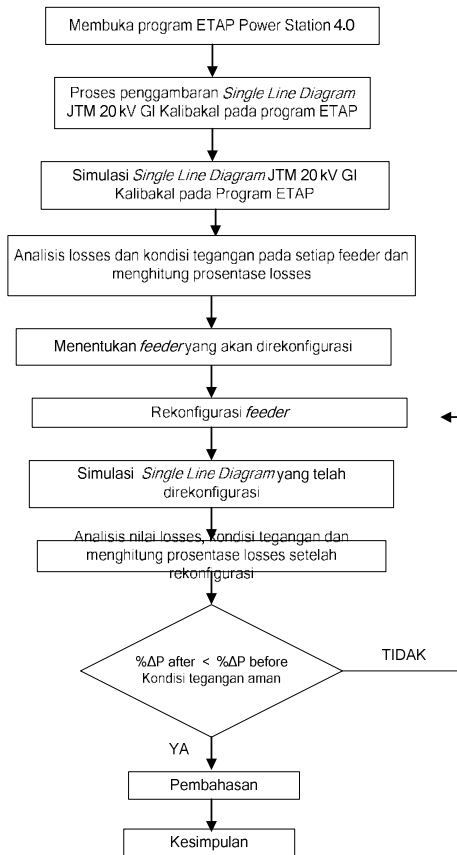
4. Menganalisis potensi rekonfigurasi jaringan. Potensi rekonfigurasi ditentukan dengan melihat profil tegangan dan susut daya pada masing-masing penyulang serta konfigurasi penyulang terdekat di sekitar penyulang yang akan direkonfigurasi.
5. Rekonfigurasi penyulang dengan melimpahkan seksi pada satu feeder yang berpotensi direkonfigurasi ke penyulang terdekat atau dengan metode rekonfigurasi lain. Simulasi penyulang yang telah direkonfigurasi pada program ETAP
6. *Power Station* 4.0 dan menganalisis aliran daya pada penyulang yang telah direkonfigurasi
7. Menganalisis kontribusi rekonfigurasi pada jaringan. Hal ini dilakukan dengan menganalisis perbaikan profil tegangan dan susut daya pada setiap penyulang setelah rekonfigurasi jaringan dibandingkan dengan kondisi sebelum rekonfigurasi.

Variabel yang diamati

Variable yang diamati pada penelitian ini adalah :

- Profil tegangan pada penyulang Kalibakal
- Aliran daya dan susut daya pada penyulang Kalibakal
- Konfigurasi dan rekonfigurasi penyulang Kalibakal

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV UNTUK PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN DAN SUSUT DAYA LISTRIK



Gambar 3. Diagram alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Penelitian

1. *Single-Line Diagram* JTM 20 kV GI Kalibakal yang terdiri dari 8 buah penyulang dapat dilihat di lampiran.
2. Trafo tenaga dan power grid
Terdapat 3 buah trafo tenaga yang terpasang pada GI Kalibakal yaitu:

- Trafo I : menyuplai 2 buah penyulang yaitu Kalibakal 2 dan Kalibakal 3.
- Trafo II : menyuplai 2 buah penyulang yaitu Kalibakal 1 dan 4.
- Trafo III : menyuplai 4 buah penyulang yaitu Kalibakal 5, 6, 7 dan 8.

Mengacu pada SPLN 72 : 1987 desain tegangan kerja sistem adalah lebih tinggi dari tegangan nominal. Kelebihan tegangan 0,5 – 1 kV (2,5% - 5%) dimaksudkan untuk kompensasi turun tegangan pada trafo distribusi dengan tetap berpedoman bahwa tegangan pada konsumen tidak melebihi 105% dari tegangan nominal

3. Jenis Kabel

Jenis kabel keluaran power grid yang digunakan pada JTM 20 kV GI Kalibakal adalah NA2XSEFGBY 240 mm² dengan inti aluminium. Nilai impedansi kabel adalah :

4. Data penyulang

Terdapat 8 penyulang pada GI Kalibakal. Suatu penyulang, terbagi menjadi beberapa bagian, yang dinamakan dengan 'section'. Section merupakan daerah yang dibatasi antara *circuit breaker* dengan ABSW, dan daerah antara ABSW yang satu dengan ABSW yang lain. Section pertama dari setiap penyulang tidak dihubungkan dengan beban.

Pada kenyataannya penyulang menyuplai ke beban yang letaknya tersebar di sepanjang jaringan. Akan tetapi akan sangat rumit jika menggambarkan setiap beban di jaringan. Oleh karena itu pada penelitian ini, beban direpresentasikan sebagai beban terpusat (lumped load) di setiap section penyulang dengan prosentase motor load diatur 80% dan prosentase static load adalah 20% sesuai dengan standar spesifikasi beban yang digunakan oleh PT.PLN APJ Purwokerto. Data penyulang GI kalibakal diperlihatkan pada tabel 3 berikut.

Jenis *line* yang digunakan adalah AAAC dengan luas penampang sebesar 240 mm² dengan impedansi *line* adalah

- Impedansi urutan positif = (0.1344+j 0.3158) Ω/km
- Impedansi urutan nol = (0.2824+j 1.6033) Ω/km

Untuk keluaran dari *power grid* trafo I dan II, panjang kabel disetting dengan nilai 25 m, sedangkan untuk keluaran dari *power grid* trafo III, disetting sebesar 70 m.

Tabel 2. Data transformator GI Kalibakal

Trafo	Tegangan Nominal (kV)	Desain Tegangan kerja (kV)	Kapasitas (MVA)	MVAsc	kAsc	Zsc
Trafo I	20	20,5	20	720	20,785	13,89%
Trafo II	20	20,5	20	720	20,785	13,89%
Trafo III	20	20,5	60	2000	57,735	5%

Tabel 3. Data Penyulang GI Kalibakal

Penyulang	Jumlah Section	Panjang (meter)	kVA trafo	kVA Terukur	% beban	faktor daya (pf)
Kalibakal 1	5	5941	3790	1406	37%	0.91
Kalibakal 2	8	11736	9549	4596	48%	0.90
Kalibakal 3	8	9862	7480	4303	58%	0.89
Kalibakal 4	8	23470	10785	5555	52%	0.93
Kalibakal 5	11	35631	10335	6143	59%	0.92
Kalibakal 6	13	28701	14190	8308	59%	0.92
Kalibakal 7	10	14812	2910	2019	69%	0.93
Kalibakal 8	6	11528	3635	2006	55%	0.94

4.2. Analisis Profil Tegangan dan Susut Daya Penyulang Kalibakal

Analisis aliran daya dilakukan untuk mengetahui profil tegangan pada setiap titik (bus) di penyulang dan nilai *losses* yang terjadi pada setiap penyulang. Dari hasil analisis ini dapat diketahui bagian jaringan yang kondisinya dibawah nilai yang ditoleransi (tidak sesuai dengan standar yang berlaku). Standar yang digunakan sebagai acuan yaitu :

- SPLN 72 : 1987 tentang spesifikasi dan desain untuk JTM dan JTR
Turun tegangan pada JTM diperbolehkan 5% dari tegangan sistem
 - SPLN 10-1A: 1996 toleransi prosentase losses adalah $\pm 10\%$ dari daya yang dikirimkan
- Analisis aliran daya dilakukan dengan simulasi menggunakan program ETAP Power Station 4.0. Langkah pertama yang dilakukan adalah menggambarkan diagram satu garis pada ETAP dengan mengacu pada diagram satu garis Jaringan Tegangan Menengah 20 kV GI kalibakal. Beban digambarkan sebagai beban terpusat (imped load) pada tiap ujung section jaringan. Kemudian spesifikasi setiap komponen

yang diperlukan diinputkan pada setiap bagian diagram yang telah dibuat berdasarkan data komponen. Standar peralatan listrik yang digunakan adalah standar IEC, dengan frekuensi 50 Hz.

Simulasi aliran daya penyulang GI Kalibakal, pada tahap awal, dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting jaringan. Simulasi awal ini dilakukan pada 2 (dua) kondisi tegangan kerja trafo GI yaitu : 20kV dan 20,5kV. Hasil simulasi ditunjukkan pada tabel 4 dan 5 berikut.

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV UNTUK PERBAIKAN PROFIL
TEGANGAN DAN SUSUT DAYA LISTRIK

Tabel 4. Hasil simulasi aliran daya penyulang GI kalibakal (eksisting) dengan tegangan kerja trafo sama dengan tegangan nominal system (20kV)


PENYULANG	Output			Losses			%	V terendah		
	kW	kVAr	kVA	kW	kVAr	kVA		Losses	pu	kV
Kalibakal 1	1280	587	1408	2.18	5.10	5.54	0.17%	99.63	19.93	0.37
Kalibakal 2	4141	2035	4614	15.69	36.61	39.83	0.38%	99.01	19.80	0.99
Kalibakal 3	3840	2030	4344	34.10	79.89	86.87	0.89%	98.14	19.63	1.86
Kalibakal 4	5199	2248	5664	98.93	232.07	252.27	1.90%	95.78	19.16	4.22
Kalibakal 5	5721	2759	6351	167.85	393.06	427.40	2.93%	92.66	18.53	7.34
Kalibakal 6	7740	3674	8567	196.97	460.42	500.78	2.54%	94.62	18.92	5.38
Kalibakal 7	1881	760	2028	8.49	19.82	21.56	0.45%	99.04	19.81	0.96
Kalibakal 8	1889	701	2015	7.89	18.41	20.03	0.42%	99.14	19.83	0.86
total	31691	14793	34992	532.10	1245.38	1354.29				

Tabel 5. Hasil simulasi aliran daya penyulang GI kalibakal (eksisting) dengan tegangan kerja trafo 20,5kV

PENYULANG	Output			Losses			%	V terendah		
	kW	kVAr	kVA	kW	kVAr	kVA		Losses	pu	kV
Kalibakal 1	1293	593	1423	2.12	4.95	5.38	0.16%	102.13	20.43	-2.13
Kalibakal 2	4183	2054	4660	15.23	35.54	38.66	0.36%	101.58	20.32	-1.58
Kalibakal 3	3878	2047	4385	33.07	77.49	84.25	0.85%	100.67	20.13	-0.67
Kalibakal 4	5247	2261	5714	95.80	224.75	244.31	1.83%	98.35	19.67	1.65
Kalibakal 5	5772	2769	6402	162.15	379.73	412.90	2.81%	95.29	19.06	4.71
Kalibakal 6	7810	3691	8638	190.56	445.43	484.48	2.44%	97.21	19.44	2.79
Kalibakal 7	1899	767	2048	8.24	19.24	20.93	0.43%	101.56	20.31	-1.56
Kalibakal 8	1908	708	2035	7.66	17.87	19.44	0.40%	101.65	20.33	-1.65
total	31990	14890	35304	514.84	1204.99	1310.36				

Keterangan :

 : nilai tegangan berada pada daerah kritis ; melampaui standar yang berlaku

 : nilai tegangan pada daerah marginal ; mendekati nilai kritis

Berdasarkan hasil simulasi tersebut, menunjukkan beberapa bagian penyulang GI kalibakal (penyulang 5, 6, dan 4) berada pada daerah kritis dan marginal manakala trafo GI dioperasikan pada tegangan nominal 20 kV. Kenaikan nilai tegangan kerja trafo GI menjadi 20,5 kV cukup efektif memperbaiki profil jaringan, sehingga hanya penyulang 5 (drop tegangan 4,71%) yang masih berada pada daerah marginal. Kondisi drop tegangan dibawah 5% ini pada dasarnya sudah memenuhi standar yang berlaku. Akan tetapi, penyulang dengan nilai tegangan pada daerah

marginal mempunyai potensi yang besar jatuh pada nilai kritis.

Hasil simulasi juga menunjukkan nilai rugi-rugi (losses) jaringan penyulang GI Kalibakal kurang dari 10%. Rugi jaringan terbesar pada penyulang 5 (2,81%) dan penyulang 6 (2,44%). Nilai yang ditunjukkan pada hasil simulasi hanya menunjukkan rugi-rugi pada penyulang utama jaringan distribusi 20kV GI Kalibakal sehingga tidak mencerminkan

rugi-rugi pada sistem distribusi secara keseluruhan. Meski demikian, adanya losses daya yang besar adalah pemborosan dan secara umum sangat merugikan.

4.3. Analisis Potensi Rekonfigurasi Jaringan

Rekonfigurasi jaringan untuk memperbaiki profil jaringan distribusi dilakukan dengan melihat potensi rekonfigurasi yang mungkin. Pada penelitian ini rekonfigurasi yang dilakukan adalah dengan memindah beberapa section pada satu penyulang ke penyulang yang lain. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan untuk menentukan penyulang atau section yang direkonfigurasi antara lain :

- Profil penyulang meliputi nilai tegangan bus dan losses jaringan.
- Konfigurasi jaringan distribusi untuk melihat penyulang atau section penyulang terdekat dengan penyulang yang akan direkonfigurasi

- Profil penyulang terdekat dengan penyulang yang akan direkonfigurasi

Berdasar hasil analisis aliran daya dan dengan melihat konfigurasi jaringan penyulang GI Kalibakal, maka rekonfigurasi akan dilakukan pada penyulang 5 GI Kalibakal dengan melibatkan penyulang terdekat yaitu : penyulang 6, 2 dan 3 dengan pertimbangan :

1. 3 section pada penyulang 5 memiliki profil tegangan mendekati nilai kritis (dapat dilihat di marginal report hasil simulasi)
2. Hanya penyulang 6 yang terdekat dengan section penyulang 5 tersebut. Akan tetapi penyulang 6 juga mempunyai profil tegangan dan losses yang kurang bagus.
3. Penyulang 2 dan 3 memiliki profil yang bagus dan mempunyai section yang berdekatan dengan penyulang 6

Penyulang	Losses	V terendah, pu
Kalibakal 2	0,36%	101,58
Kalibakal 3	0,85%	100,67
Kalibakal 5	2,81%	95,29
Kalibakal 6	2,44%	97,21

4.4. Simulasi Rekonfigurasi Jaringan

Langkah simulasi rekonfigurasi jaringan penyulang GI Kalibakal adalah sebagai berikut :

1. Tiga section dengan nilai tegangan pada daerah marginal (section 5_8, section5_9 dan

5_10) dilimpahkan ke penyulang 6 melalui section 6_8.

2. Section 6_11 dan section 6_12 dilimpahkan ke penyulang 3 melalui section 3_6.
3. Section 5_8, 5_9 dan 5_10 beserta section 6_8, 6_9 dan 6_10 dilimpahkan ke penyulang 2 melalui section 2_6.

Hasil simulasi penyulang yang telah direkonfigurasi diberikan pada tabel 6 dan 7.

Dari hasil simulasi di atas terlihat tidak terdapat nilai tegangan yang mendekati atau berada pada daerah kritis. Hal ini menunjukkan kondisi jaringan setelah rekonfigurasi sudah berada pada nilai yang diijinkan. Perbaikan profil jaringan dapat dilihat dari nilai tegangan terendah jaringan mengalami kenaikan dari 95,29% (19,06 kV) menjadi 97,81% (19,56kV). Perbaikan profil jaringan juga dapat dilihat dari penurunan nilai rugi-rugi jaringan

$$\Delta \text{rugi, kW} = \text{kW}_{\text{rugi_sebelum rekonfigurasi}} - \text{kW}_{\text{rugi_setelah rekonfigurasi}} = 401 - 290 = 111 \text{ kW}$$

$$\Delta \text{rugi, kVA} = \text{kVA}_{\text{rugi_sebelum rekonfigurasi}} - \text{kVA}_{\text{rugi_setelah rekonfigurasi}} = 1020 - 738 = 282 \text{ kVA}$$

Penurunan rugi daya ini sangatlah menguntungkan mengingat rekonfigurasi dilakukan dengan tidak memerlukan tambahan investasi peralatan.

Tabel 6. Profil penyulang Kalibakal 2, 3, 5, dan 6 sebelum rekonfigurasi jaringan

PENYULANG	Output			Losses			% Losses	V terendah		
	kW	kVAr	kVA	kW	kVAr	kVA		pu	kV	%Drop
Kalibakal 2	4183	2054	4660	15,23	35,54	38,66	0,36%	101,58	20,32	-1,58
Kalibakal 3	3878	2047	4385	33,07	77,49	84,25	0,85%	100,67	20,13	-0,67
Kalibakal 5	5772	2769	6402	162,15	379,73	412,90	2,81%	95,29	19,06	4,71
Kalibakal 6	7810	3691	8638	190,56	445,43	484,48	2,44%	97,21	19,44	2,79
Total	21642	10562	24085	401	938	1020				

Tabel 7. Profil penyulang Kalibakal 2, 3, 5 dan 6 setelah rekonfigurasi jaringan

PENYULANG	Output			Losses			% Losses	V terendah		
	kW	kVAr	kVA	kW	kVAr	kVA		pu	kV	%Drop
Kalibakal 2	8723	4231	9695	107,57	251,70	273,72	1,23%	97,81	19,56	2,19
Kalibakal 3	5796	2962	6509	81,34	190,65	207,28	1,40%	99,24	19,85	0,76
Kalibakal 5	3197	1412	3495	31,18	72,88	79,27	0,98%	100,49	20,10	-0,49
Kalibakal 6	3887	1726	4254	69,90	163,68	177,98	1,80%	100,47	20,09	-0,47
Total	21604	10331	23953	290	679	738				

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV UNTUK PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN DAN SUSUT DAYA LISTRIK

KESIMPULAN

1. Terdapat 3 *Section* pada ujung penyulang Kalibakal 5 dengan nilai tegangan pada daerah marginal mendekati nilai batas bawah tegangan yang diijinkan sesuai dengan standard ($\pm 5\%$ dari tegangan nominal).
2. *Losses* daya terbesar terjadi pada penyulang 5 sebesar 162 kW (2,81%) dan penyulang 6 sebesar 190 kW (2,44%). *Losses* yang besar pada kedua penyulang disebabkan karena penyulang panjang dan melayani beban yang besar.
3. Berdasar hasil analisis daya dan dengan memperhatikan konfigurasi penyulang terdekat, penyulang 5 GI Kalibakal berpotensi untuk direkonfigurasi dengan melibatkan section pada penyulang 6, 2 dan 3. Rekonfigurasi ini dilakukan guna perbaikan tegangan pada penyulang 5 serta perbaikan *losses* daya pada penyulang 5 dan 6.
4. Rekonfigurasi dengan pemindahan section pada penyulang 5 dan 6 ke penyulang 2 dan 3 memberi kontribusi pada perbaikan

tegangan jaringan. nilai tegangan terendah jaringan mengalami perbaikan dari 95,29% (19,06 kV) menjadi 97,81% (19,56kV).

5. Perbaikan profil jaringan setelah rekonfigurasi juga dapat dilihat dari perbaikan *losses* jaringan. Penurunan *losses* setelah rekonfigurasi cukup signifikan sebesar 111 kW (dari 401 kW menjadi 290 kW), sedangkan daya total (kVA) mengalami penurunan sebesar 282 kVA (dari 1020 kVA menjadi 738 kVA).

DAFTAR PUSTAKA

- Alawiyah, Fiqi. 2009. *Perencanaan Sistem Distribusi pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kv di PT. PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Purwokerto*. Skripsi. Jurusan Teknik Universitas Jenderal Soedirman.
- Brown, R.E, Willis, H.L., 2008. *Electrical Power Distribution Reliability*. CRC Press, New York.
- Civanlar, S., Grainger, J.J., 1988. *Distribution Feeder Reconfiguration For Loss Reduction*. North Carolina State University. North Carolina.
- Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 2004. *Executive Summary RUKD Kabupaten Banyumas 2004*. Semarang.
- Gonen, turan . 1990. *Electric Power Distribution System Engineering*. McGraw-Hill Book Company. University of Missouri at Columbia
- Hawary, M.E., 2008. *Introduction to Electrical Power Systems*. Wiley-IEEE Press, New Jersey.
- Indra Partha, C.G., 2006. *Rekonfigurasi Jaring Distribusi Tenaga Listrik Menggunakan Breeder Genetic Algorithm*. Teknologi Elektro, Vol. 5 No.1.
- Kersting, W.H., 2002. *Distribution System and Modelling*. CRC Press, New York.
- Pabla AS. 1994. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Punjab State Electronic Board Chandigarh. Alih bahasa Ir. Abdul Kadir. Erlangga. Jakarta
- Prasetijo, H., 2008. *Perencanaan Sistem Distribusi Dengan Analisa Aliran Daya*. Dinamika Rekayasa, Vol.4 No.2 Agustus
- Peraturan Presiden RI nomor 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional
- Program Sarjana Teknik Unsoed, Purwokerto, 2005. *Laporan Survey Kepuasan Pelanggan PT. PLN (Persero) Untuk Daerah Purwokerto dan Sekitarnya*, Purwokerto.
- SPLN 1:1995. 25 Agustus 1995. Tegangan Standar. Lampiran Keputusan Direksi PT. PLN (PERSERO) No: 063.W/0594/DIR/1995