

OPTIMALISASI PENEMPATAN KAPASITOR UNTUK MENINGKATKAN PROFIL TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV

Haris Ariwata¹, Ni Putu Agustini², Rachmadi Setiawan³

Teknik Elektro S-1, Institut Teknologi Nasional, Malang

¹arisariwatw37@gmail.com, ²ni_putu_agustini@lecturer.itn.ac.id, ³rachmadi@lecturer.itn.ac.id

Abstract - Power quality in the power system is very important and must be considered to maintain the stability and continuity of the power system in an industry. Among the power quality problems that arise, one of them is a decrease in the power factor value which causes excessive power consumption. In distribution networks, voltage drops and power losses can be caused by high inductive loads. Reactive power compensation is needed to reduce power losses and voltage drops. The installation of capacitive capacitor banks on the network is important to reduce inductive loads as a contributor to reactive power. In order for losses to be minimized to the maximum, the selection of the place for installing capacitors is carried out optimally by testing and this research begins with a site survey to PT PLN (Persero) Rayon Cakranegara and a 20 kV system simulation is carried out using ETAP Power Station software. Based on the simulation results after placing the capacitor optimally, it is found that the voltage in the system can be maintained within the limits ($0.95 \text{ pu} \leq V_b \leq 1.05 \text{ pu}$).

Keywords-Voltage drop; power loss; capacitor bank; Etap Power Station; Reactive Power Compensation

Abstrak— Kualitas daya dalam sistem tenaga merupakan hal yang sangat penting dan harus diperhatikan untuk menjaga stabilitas dan kontinuitas sistem tenaga listrik dalam suatu industri. Diantara permasalahan kualitas daya yang timbul salah satunya adalah penurunan nilai power factor yang menyebabkan konsumsi daya menjadi berlebih. Pada jaringan distribusi, jatuh tegangan dan rugi-rugi daya dapat diakibatkan oleh tingginya beban induktif. Kompensasi daya reaktif diperlukan dalam mengurangi rugi-rugi daya dan penurunan tegangan. Pemasangan kapasitor bank bersifat kapasitif pada jaringan penting dilakukan untuk mengurangi beban induktif sebagai penyumbang daya reaktif. Agar rugi-rugi bisa diminimalisir dengan maksimal, pemilihan tempat pemasangan kapasitor dilakukan secara optimal dengan pengujian dan penelitian ini dimulai dengan survey lokasi ke PT. PLN (Persero) Rayon Cakranegara dan dilakukan simulasi sistem 20 kV menggunakan software ETAP Power Station. Berdasarkan hasil simulasi setelah ditempatkannya kapasitor dengan optimal didapatkan tegangan pada sistem dapat dijaga sesuai batas ($0.95 \text{ pu} \leq V_b \leq 1.05 \text{ pu}$).

Kata Kunci— Jatuh tegangan; rugi-rugi daya; kapasitor bank; Etap Power Station; Kompensasi Daya Reaktif

I. PENDAHULUAN

Beban yang bervariasi dan Impedansi pada jaringan seperti spesifikasi saluran, transformator merupakan penyebab menurunnya kualitas daya pada jaringan listrik. Meningkatnya kebutuhan beban yang bersifat induktif tentunya meningkatnya kebutuhan daya reaktif pada jaringan. Peralatan seperti transformator dan motor listrik, merupakan peralatan yang membutuhkan daya reaktif. Kebutuhan daya reaktif ini sepenuhnya diproduksi oleh generator, sehingga mengalir arus reaktif pada jaringan yang menyebabkan menurunnya factor daya dan penurunan tegangan. Menurunnya nilai tegangan pada ujung jaringan dan bertambahnya arus mengakibatkan rugi-rugi daya [1]. Dalam menjaga kebutuhan supply daya reaktif terhadap beban dilakukan dengan dua cara, yakni dengan menambahkan daya reaktif pada generator dan memasang kapasitor pada bus yang membutuhkan banyak daya reaktif. Dengan dua cara tersebut, pemasangan kapasitor terbilang lebih efisien dan mudah dilakukan pemasangan serta memiliki nilai ekonomis [2]. Kapasitor merupakan suatu rangkaian yang terdapat dari sekumpulan kapasitor dengan kapasitansi menerangkan bahwasanya jumlah daya reaktif yang diperoleh dari frekuensi dan tegangan dengan satuan VAR[3]. Pemasangan kapasitor dapat memberikan daya reaktif sehingga penggunaan kapasitor bank dapat mengkompensasi daya reaktif dalam jaringan, hal ini dapat mengurangi rugi daya dan jatuh tegangan yang ditimbulkan oleh beban induktif pada jaringan.

II. METODE PENELITIAN

A. Sistem Distribusi

Sistem tenaga listrik merupakan kumpulan peralatan atau mesin listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban yang merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem sehingga disebut sistem distribusi tenaga listrik yang berfungsi untuk mensuplai tenaga dan mengalirkan listrik dari sumber tenaga listrik (pembangkit, gardu induk, dan gardu distribusi) ke beban atau konsumen [4],[9]. Dalam sistem distribusi terdapat beberapa bentuk jaringan yang umum

digunakan dalam menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik.

B. Persmaan Aliran Daya (Load flow)

System tenaga listrik tidak hanya memiliki 2 bus, tetapi memiliki beberapa bus yang terkoneksi dalam satu jaringan[5]. Daya listrik yang *disupplay* oleh pembangkit kepada salah satu bus, tetapi tidak hanya diserap oleh bus beban melainkan diserap juga oleh bus lainnya. Kelebihan daya yang diserap oleh bus yang dituju akan di transmisikan kepada bus-bus yang kekurangan daya.

Penggunaan hukum kirchhof pada bus diberikan dalam persamaan berikut:

Arus pada bus ke i adalah :

dimana $j \neq i$

$$P_i + jQ_i = V_i I_i \quad (1)$$

Atau

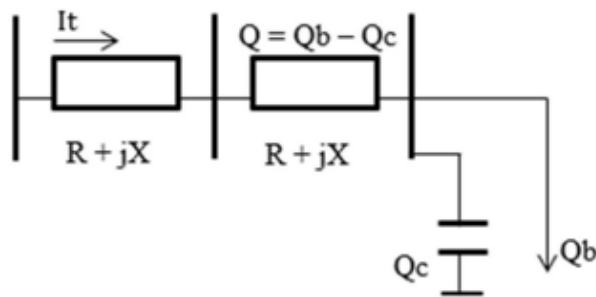
$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i} \quad (2)$$

C. Kapasitor

Penentuan lokasi pemasangan kapasitor pada sistem distribusi listrik didasarkan pada bus-bus yang ada dalam sistem tersebut. Sementara, penentuan kapasitas atau ukuran dari kapasitor yang akan dipasang ditentukan berdasarkan parameter faktor daya (power factor) dan parameter daya pada sistem[6]. Daya reaktif kapasitor dapat ditulis dalam persamaan berikut:

$$Q_c = P \times (\tan \phi_{lama} - \tan \phi_{baru}) \dots\dots\dots (3)$$

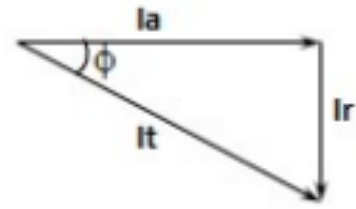
Dampak pemasangan kapasitor pada jaringan distribusi mengakibatkan nilai daya reaktif pada jaringan menjadi berkurang. Dampak pemasangan kapasitor pada jaringan distribusi terlihat pada gambar. 1.



Gambar 1. Dampak Penempatan Kapasitor

Gambar 1 menjelaskan dampak penempatan kapasitor terhadap rugi daya aktif. Daya jaringan yang awalnya sama dengan Qb (load reactive power) dikurangi dengan Qc (capacitor reactive power) mengakibatkan daya reaktif pada jaringan distribusi turun. Sehingga nilai daya reaktif setelah pemasangan kapasitor mengikuti persamaan dibawah

$$Q = V \times I_r \times \sin\phi \quad (4)$$



Gambar 2. Segitiga Arus

Gambar 2 menjelaskan tentang nilai arus total (It) diperoleh dari akar pangkat dua dari arus aktif (Ia) pangkat dua ditambah arus reaktif (Ir) pangkat dua [7], mengikuti persamaan dibawah ini:

$$I_t = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} \quad (5)$$

Rugi daya aktif diperoleh dari arus total yang mengalir pada saluran, mengikuti persamaan (8)

$$P_{loss} = I_t^2 \times R \quad (6)$$

1. Batasan Ukuran Kapasitor

Kapasitas kapasitor mengikuti persamaan dibawah ini

$$Q_c = V_n I_c \quad (7)$$

Dimana ;

Q_c = Ukuran kapasitor (VAR)

I_c = Arus kapsitor (Ampere)

V_n = Tegangan nominal pada bus n (Volt)

Daya reaktif yang diinjeksikan harus memenuhi batas maksimum dan batas minimum sesuai persamaan berikut,

$$Q_{cj}^{\min} \leq Q_{cj} \leq Q_{cj}^{\max} \quad (8)$$

Daya reaktif yang disuntikkan pada lokasi j harus kurang dari atau sama dengan total beban daya reaktif.

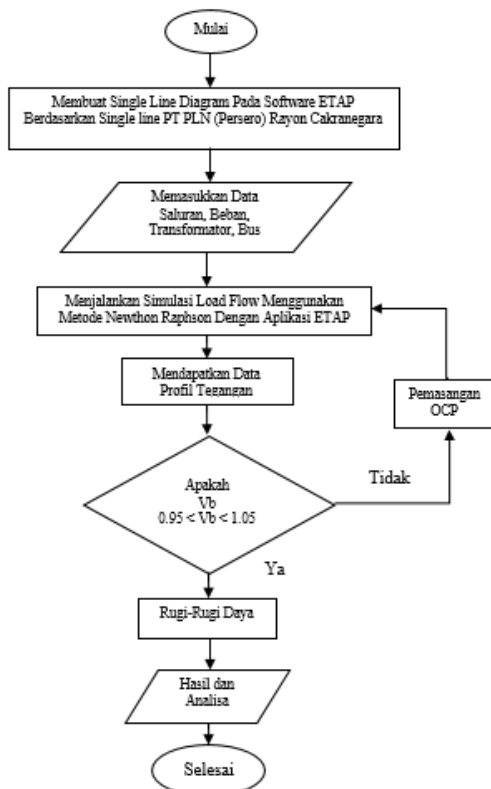
$$Q_c^{Total} \leq Q_L^{Total} \quad (9)$$

D. Optimal Capacitor Placement (OCP) pada Software ETAP Power Station

OCP didalam *software* ETAP menerapkan algoritma genetika untuk penempatan kapasitor yang optimal. Algoritma genetika adalah suatu teknik optimasi yang didasarkan pada teori seleksi alam. Sebuah algoritma dimulai dengan generasi solusi dengan keanekaragaman untuk mewakili karakteristik dari ruang pencarian secara keseluruhan. Dengan mutasi dan *crossover* karakteristik yang baik dipilih untuk dibawa kegenerasi berikutnya. Solusi optimal dapat dicapai melalui generasi berulang.

E. FlowChart Simulasi pada Software ETAP Power Stations

1. Mulai
2. Menggambar Single Line Diagram
3. Input Data
 - Generator
 - Transformator
 - Beban
 - Saluran
4. Menjalankan Load Flow menggunakan metode Newton Rapsion
5. Mengecek hasil parameter apakah tegangan pada Bus (Vb): $(0.95 \leq Vb \leq 1.05)$ Jika "Tidak" jalankan proses OCP untuk menentukan jumlah, lokasi dan kapasitas (kVar) kapasitor kembali ke posisi 4.
6. Jika "YA" melihat rugi rugi daya kemudian
7. Hasil dan Analisis Hasil
8. Selesai



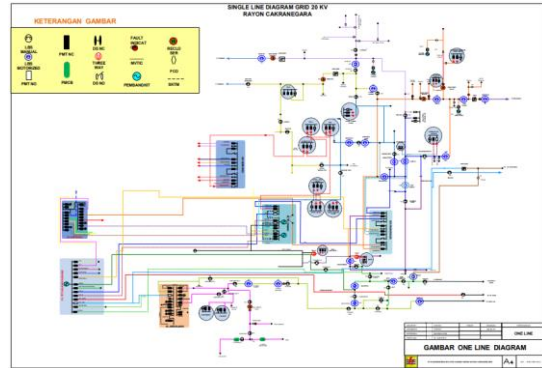
Gambar 3. FlowChart

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Single Line Diagram

Sebelum menjalankan simulasi diperlukan terlebih dahulu untuk memodelkan *single line diagram* Rayon Cakranegara

berdasarkan data yang ada. Dilihat dari gambar 1. Dalam gambar tersebut terdapat simbol peralatan listrik yang nantinya menjadi acuan dalam memodelkan kelistrikan pada aplikasi ETAP *power station*. Contoh gambar dan tabel dapat di lihat pada gambar 3 dan tabel 1 di bawah ini:



Gambar 4. Gambar Single Line Diagram

Tabel 1. Data Pembangkit

UNIT PEMBANGKIT	DAYA TPS (Kw)	DAY A MA MPU (kW)	DATA TRAF0				
			MERK	KVA	Imp edansi (%)	LV Volt	HV Volt
PLTD TAMAN							
1-RUSTON-8 RK3C	1.040	750	ALSH TOM	3.125	7.67	6.300	20.000
2-RUSTON-8 RK3C	1.040	-					
3-RUSTON-8 RK3C	-	-					
4-RUSTON-8 RK3C	1.038	730					
5-PIELSTICK 12PC2,5V	5.400	4.000					
Jumlah	8.518	5.480					
PLTD AMPENAN							
1-CCM SULZER 12 ZV 40/48	6.368	5.000	UNIN DO	8.000		6.300	20.000
2- CCM SULZER 12 ZV 40/48	6.368	4.800	UNIN DO	8.000		6.300	20.000
3- CCM SULZER 12 ZV 40/48	6.368	-	UNIN DO	8.000		6.300	20.000
4-NIGATA 12PC2,5V	5.500	4.000	UNIN DO	6.500	6.8	6.300	20.000
5- NEWSULZER-12ZAV 40S	7.600	5.500	TRAFI NDO	10.000	10	6.300	20.000
6- NEWSULZER-12ZAV 40S	7.600	6.000	TRAFI NDO	10.000	10	6.300	20.000
7- NEWSULZER-12ZAV 40S	7.600	6.500	TRAFI NDO	10.000	10	6.300	20.000
8- NEWSULZER-12ZAV 40S	7.600	6.500	TRAFI NDO	10.000	7.71	6.300	20.000
Jumlah	55.004	38.300					
PLTM IPP							
5- PL T M H SE SA OT	1.000	200	TRAFI NDO	1.600		400	20.000

Tabel 2. Data kabel

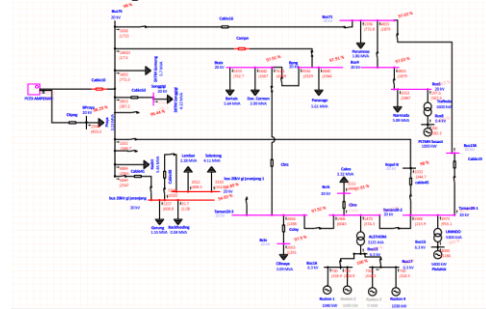
ID	Type	Length (km)	From bus	To bus	%Impedance, Pos.Seq., 100 MVA Base			
					R	X	Y	Z
Cabl e10	Cable	0,1	ZV	Bus75	0,60	0,22	0,64	
Cabl e14	Cable	0,05	ZV	LOMBOK I	0,15	0,10	0,18	
Cabl e16	Cable	1	GI1	Bus71	5,96	2,20	6,35	
Cabl e19	Cable	2,5	Bus136	TAMAN 20-1	9,43	5,29	10,81	
Cabl e38	Cable	0,1	bus 20kV gi jeranjang 1	bus 20kV gi jeranjang	2,45	3,13	3,97	0,028760
Cabl e41	Cable	7,11	bus 20kV gi jeranjang	Bus75	0,60	0,22	0,64	
Cabl e45	Cable	1,5	Kpl.B	Taman20-1	5,45	3,30	6,37	
Cabl e53	Cable	6	Bus75	Senggigi	24,00	15,30	28,46	
Cam pn	Cable	0,1	Bus75	Bpng	0,60	0,22	0,64	
Cbts	Cable	0,1	Btais	TAMAN 20-3	0,60	0,22	0,64	
Ccln y	Cable	0,1	Bcln	TAMAN 20-3	0,60	0,22	0,64	
Ckpl -B	Cable	0,1	Bus176	TAMAN 20-3	0,60	0,22	0,64	
Ckpn g	Cable	0,1	LOMBOK I	BPraya	0,60	0,22	0,64	
Ckra	Cable	0,05	Berk	TAMAN 20-2	0,30	0,11	0,32	
Cope B	Cable	0,05	ZV	LOMBOK II	0,15	0,10	0,18	

Tabel 3. Data Penyulang

No	Penyulang	Tegangan (KV)	Beban (MW)
1	SKTM Gomong	20	5,70
2	Kediri	20	5,65
3	SKTM Senggigi	20	4,12
4	Praya	20	3,13
5	Cakra	20	3,32
6	Bertais	20	5,64
7	Cilinaya	20	1,40
8	Narmada	20	5,89
9	Perumnas	20	1,86
10	Backfeeding	20	0,04
11	Gerung	20	1,55
12	Lembar	20	2,28
13	Sekotong	20	4,11
14	Pagutan	20	5,03
15	Dasan Cermen	20	3,99
16	Panarage	20	5,61

Gambar single line diagram dan data Transformator, serta data saluran dan beban. Data transformator distribusi seperti tegangan (KV) sisi primer maupun sekunder, daya aktif (KW), daya reaktif (Kvar) yang diserap oleh beban atau konsumen, tidak pula nama Trafo distribusi yang mana nanti akan menjadi penanda dalam gambar single line diagram dan yang akan memudahkan dalam memasukkan data yang berbentuk angka. Data yang dibahas diatas akan membantu menganalisa penyulang tersebut bertujuan untuk mengetahui kondisi sistem yang dianalisis.

B. Simulasi Load Flow Menggunakan Software ETAP Power Station pada Kondisi Base Case



Gambar 5. Simulasi Load Flow dengan ETAP

Pada Gambar 4 hasil analisis sistem kelistrikan beberapa bus mengalami kondisi marjinal maupun critical atau melewati batas yang diijinkan, selain beberapa bus yang mengalami kondisi marjinal maupun critical pada batas minimal profil tegangan diijinkan. Untuk lebih jelasnya akan diperlihatkan pada tabel 4.

Pada tabel dibawah ini memperlihatkan rating tegangan setiap bus pada penyulang Cakranegara dalam kondisi base case. Beberapa tegangan mengalami kondisi normal, Marjinal dan critical. Dalam kasus ini kondisi normal sistem diantara 95%-105%, apabila tegangan kurang dari atau lebih dari batas yang sudah ditentukan akan mengalami kondisi critical Maupun Marjinal.

Tabel 4. Profil Tegangan Sebelum pemasangan kapasitor

Bus ID	Nominal kV	Voltage (%)
Bcln	20	97.9
Berk	20	97.91
Bpng	20	97.91
BPraya	20	98.29
Btais	20	97.91
Bus4	20	97.63
Bus5	20	97.63
Bus8	0.4	100
Bus13	6.3	100
Bus15	6.3	100
Bus16	6.3	100

Bus17	6.3	100
Bus20	6.3	100
bus 20kV gi jeranjang	20	94.93
bus 20kV gi jeranjang 1	20	94.89
Bus36	6.3	100
Bus38	6.3	100
Bus39	6.3	100
Bus41	6.3	100
Bus42	6.3	100
Bus43	6.3	100
Bus44	6.3	100
Bus45	20	100
Bus71	20	97.63
Bus75	20	98
Bus136	20	97.63
Kopel B	20	98
LOMBOK I	20	98.31
LOMBOK II	20	98.33
Senggigi	20	96.44
Taman20-1	20	97.92
Taman20-2	20	97.92
Taman20-3	20	97.92
ZV1	20	98.28

Pada bus yang mengalami kondisi marjinal dan critical berdasarkan tabel 4 diperlukan konvensasi daya reaktif yang optimal untuk memperbaiki rating tegangan yang diserap oleh bus. Dengan menggunakan tool optimal capacitor placement pada ETAP dapat digunakan untuk mengoptimalkan penempatan kapasitor agar tegangan setiap bus mengalami kondisi yang baik berdasarkan standart yang ditentukan oleh IEEE ($0.95 pu \leq V_b \leq 1,05$).

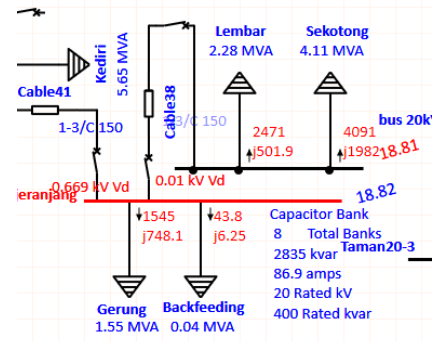
C. Penempatan Kapasitor Optimal Menggunakan Program *Optimal Capacitor Placement* (OCP) pada Software ETAP

Dalam penentuan bus sebagai lokasi penempatan kapasitor seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5, bus dengan nilai dibawah standar operasi atau bus yang mengalami *critical* pada program simulasi OCP dapat ditentukan sendiri tetapi mengacu pada indek rugi-rugi daya. Pemilihan kandidat bus tergantung pada tujuan yang akan dicapai. Penentuan kandidat bus hanya dilakukan jika terdapat drop tegangan pada bus tersebut.

Tabel 5. Penentuan Bus yang akan dipilih untuk ditempatkan kapasitor

Bus ID	Nominal kV	Voltage (%)
bus 20kV gi jeranjang	20	94.93
bus 20kV gi jeranjang 1	20	94.89

Pada saat menjalankan program OCP dijalankan akan memilih kandidat bus yang tersedia pada tabel 5 dan akan menyeleksi lokasi paling optimal yang akan ditempatkan kapasitor beserta kapasitas kapasitor yang optimal.

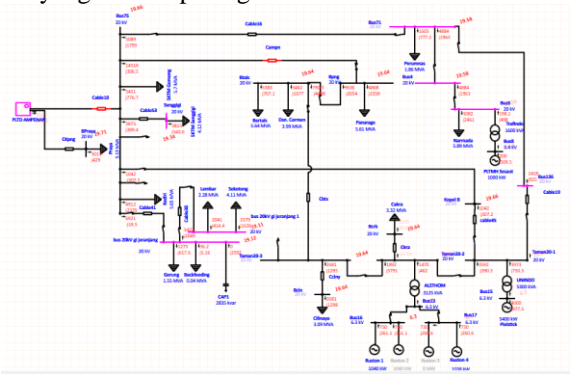


Gambar 6. Lokasi dan Penempatan Kapasitor Dengan menggunakan tool OCP pada software ETAP dapat dioptimalkan penempatan kapasitor dengan tepat untuk memperbaiki rating tegangan tersebut. Setelah menjalankan simulasi didapatkan hasil pada tabel 6 berikut:

Tabel 6. Hasil Lokasi dan Kapasitas Kapasitor dengan OCP

BUS ID	Rated Bank (Kvar)	Tegangan (KV)	Jumlah Bank	Total Bank (Kvar)	kapasitas kapasitor (µF)
Bus 20 KV Gi Jeranjang	400	20	8	2835	22.56

Setelah penempatan kapasitor pada jaringan listrik sesuai dengan lokasi dan kapasitas kapasitor hasil dari kalkulasi software ETAP didapatkanlah rating tegangan pada bus seperti yang terlihat pada gambar 7



Gambar 7. Hasil Load Flow setelah penempatan kapasitor

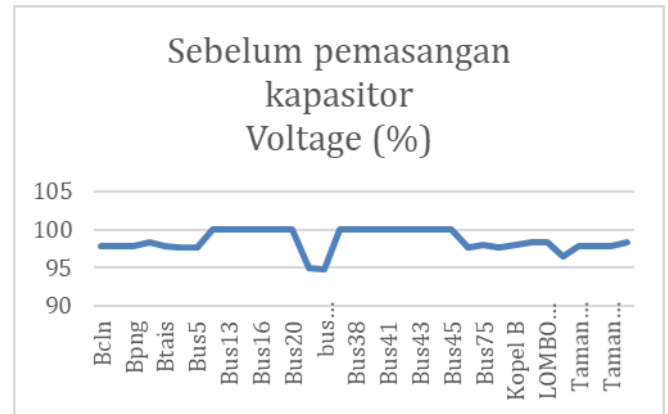
Setelah pemasangan kapasitor optimal dapat diketahui bahwa rating tegangan pada tiap bus yang mengalami critical atau melewati batas yang diijinkan menjadi normal sesuai dengan batas yang diijinkan, dikarenakan injeksi daya reaktif (Kvar) dari kapasitor yang terpasang. Penempatan kapasitas kapsitor menggunakan software ETAP power station tidak hanya memperbaiki bus-bus yang

mengalami critical melainkan juga dapat meningkatkan profil tegangan pada tiap bus yang marginal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 7. rating tegangan setelah pemasangan kapasitor:

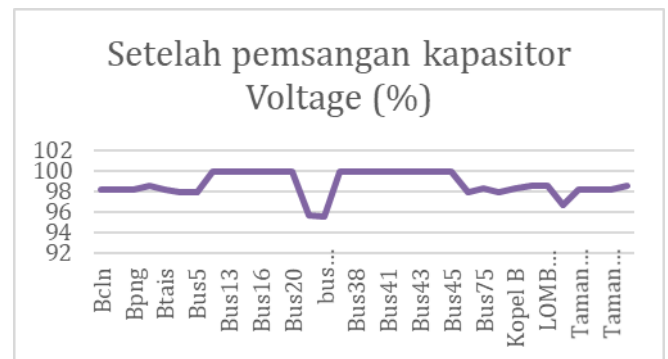
Tabel 6. Profil Tegangan dalam kondisi setelah pemasangan kapasitor

Bus ID	Nominal kV	Voltage (%)
Bcln	20	98.18
Bcrk	20	98.19
Bpng	20	98.19
BPraya	20	98.57
Btais	20	98.19
Bus4	20	97.91
Bus5	20	97.91
Bus8	0.4	100
Bus13	6.3	100
Bus15	6.3	100
Bus16	6.3	100
Bus17	6.3	100
Bus20	6.3	100
bus 20kV gi jeranjang	20	95.61
bus 20kV gi jeranjang 1	20	95.57
Bus36	6.3	100
Bus38	6.3	100
Bus39	6.3	100
Bus41	6.3	100
Bus42	6.3	100
Bus43	6.3	100
Bus44	6.3	100
Bus45	20	100
Bus71	20	97.91
Bus75	20	98.28
Bus136	20	97.91
Kopel B	20	98.28
LOMBOK I	20	98.59
LOMBOK II	20	98.61
Senggigi	20	96.71
Taman20-1	20	98.2
Taman20-2	20	98.2
Taman20-3	20	98.2
ZV1	20	98.56

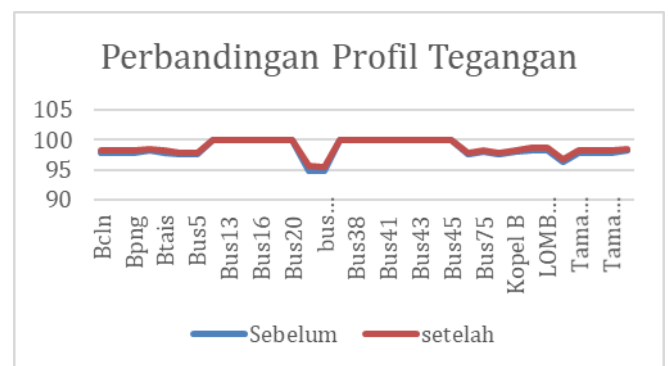
Perbandingan Profil Tegangan kondisi Base case dan setelah pemasangan kapasitor pada gambar 8-10 menunjukkan bahwa rating tegangan khususnya pada bus-bus yang mengalami critical menjadi normal kembali yaitu dalam standar IEEE ($0.95 pu \leq V_b \leq 1.05 pu$), kenaikan terjadi pula pada beberapa bus yang mengalami marginal, namun kenaikan ini berdampak lebih baik pada rating tegangan bus tersebut.



Gambar 8. Grafik Sebelum Pemasangan Kapasitor



Gambar 9. Grafik Setelah Pemasangan Kapasitor



Gambar 10. Grafik Perbandingan Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor

D. Perbandingan Profil Tegangan sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan simulasi dan analisis penempatan kapasitor menggunakan aplikasi ETAP power station pada penyulang Cakranegara dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Metode yang digunakan pada skripsi ini menggunakan tool Optimal Capacitor Placement pada ETAP power station dapat menentukan lokasi dan kapasitas kapasitor di sistem jaringan distribusi 20 KV PT. PLN (persero) rayon Cakranegara yaitu pada Bus gi Jeranjang kapasitas 2835 Kvar dengan kapsitansi 22.56 uF, sehingga profil tegangan pada sistem mengalami peningkatan sesuai dengan batas yang diijinkan.
- Sebelum pemasangan kapasitor dengan metode Optimal Capacitor Placement, profil tegangan yang terdapat pada Bus 20 kv gi jeranjang, Bus 20 kv gi jeranjang mengalami critical dan beberapa bus mengalami marginal, dan setelah penempatan lokasi dan kapasitas kapasitor seluruh bus yang mengalami critical dapat ditingkatkan pada batas yang diijinkan yaitu ($0.95 \text{ pu} \leq V_b \leq 1.05 \text{ pu}$), dan pada bus yang marginal mengalami peningkatan.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Qasim Kamil Mohsin Xiangning Lin Firas F.M Flaih Samir M. Dawoud Mohammed Kdair State Key Laboratory Electromagnetic Engineering , Huashong Univercity of Science and Technology, Wuhan 430074. Hubei Province. China. Optimal Placement and Capacity of Capacitor Bank in Radial Distribution System
- [2] G.Hingorani. Power Electronic in Electrical Utilities : role of Power electronics in Uture Power Systems, in Proc. 1988 IEEE, Vol. 76 No. 4 April 1998,pp. 481-482.1988.
- [3] N.P.Padehly,M.A.A. Moamen, Power Flow and Solution With Multiple and Multi Type FACTS Devices, Electric Power Systems, Research 74, 2005,pp.341-351 2005.
- [4] Wijanarko,Eko.2011, Optimasi Penempatan Kapasitor Shunt Untuk Perbaikan Daya Reaktif Pada Penyulang Distribusi Primer Radial Dengan Algoritmah Genetik.Semarang : Universitas DIponegoro.
- [5] D.William,andJr. Stevenson,1990, Analisa Systems Tenaga Listrik, Jakarta Erlangga.
- [6] deshpande, 1990 Pengaruh Bank Kapasitor
- [7] Ari Hasyim, Vol. 3. NO2 Macam Macam Kapasitor Dan kegunaannya
- [8] Sundharajan, S and Pahwa A., Optimal Selection of Capacitors for Radial Distribution System using A genetic Algorithmh, IEEE Transactions on Power Systems, Vol.9, No. 3, August 1994,pp. 1499-1507.
- [9] PeterM. Hogan, John D. Rettkowski, and Jual L. Bala, Jr., Optimal Capacitor Placement Using Branch and Bound, Power Symposium Proceedings of the 37 th Annual

North American on 25 mey 2005.

[10] K. Sravan Kumar Reddy, Prof.M. Damodar Reddy, Optimal Placement of Capacitor n Distribution Network Using Fuzzy and SFLA, Electrical, Electronics, Signal Communication and Optimization (EESCO) International Conference on 24-25 Jan.2015.

[11] Marsudi D.2006 Operasi System Tenaga Listrik, Edii kedua Graha Ilmu, Yogyakarta

[12] Operating technokogy.Inc.etap."Manual Book ETAP Power Station"