

Analisis Penambahan Kapasitor Shunt untuk Memperbaiki Faktor Daya pada Sisi Jaringan Tegangan Rendah di PT. Semen Tonasa Unit V

Mega¹⁾, Purwito²⁾, Ruslan L³⁾.

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang
wmega8334@gmail.com
purwito@poliupg.ac.id
ruslanlausu@gmail.com

Abstrak

Faktor daya yang rendah akan sangat merugikan konsumen terutama kalangan industri sebagai pengguna terbesar. Salah satu pabrik industri yang memiliki beban induktif yang besar adalah PT. Semen Tonasa pada Unit V. Penggunaan beban yang bersifat induktif dalam kapasitas besar ini dapat menyebabkan penurunan faktor daya, memperbesar jatuh tegangan dan rugi-rugi daya. Salah satu cara yang dilakukan untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan penambahan kapasitor bank. Penelitian ini dilakukan untuk menghitung besarnya nilai faktor daya sebelum pemasangan kapasitor, menghitung besarnya nilai kompensasi reaktif yang diperlukan untuk perbaikan faktor daya menjadi 0.90 pada sisi jaringan tegangan rendah pada PT. Semen Tonasa Unit V dan untuk menghitung biaya pembelian dan pemasangan kapasitor yang optimal. Dalam penelitian ini, data diperoleh dari PT. Semen Tonasa dengan teknik observasi lapangan dan wawancara. Sedangkan analisis data dilakukan dengan teknik analisis deskriptif dan simulasi menggunakan dan ETAP 12.6.0. Berdasarkan hasil Penelitian diperoleh nilai faktor daya pada pengukuran sebesar 0.70 sebelum pemasangan kapasitor, Besar kompensasi daya reaktif (Q_c) diperoleh berdasarkan selisih dari daya reaktif sebelum perbaikan faktor daya (Q_b) dengan daya reaktif setelah perbaikan (Q_t), dan biaya optimal pembelian dan pemasangan kapasitor bank di ER 55A pada sisi jaringan tegangan rendah sebesar Rp 25.379.200.

Keywords: Faktor daya, Kapasitor bank, Etap12.6.0.

I. PENDAHULUAN

Setiap pabrik industri memiliki kapasitas kapasitor yang berbeda-beda dalam mengatasi daya reaktif yang ditimbulkan beban induktif yang besar. Salah satu perusahaan industri yang memiliki beban induktif yang besar adalah PT. Semen Tonasa utamanya pada unit 5. Pada unit 5 ini terdapat 9 *Electrical Room* (ER) yang didalamnya terdapat 12 motor pada tegangan 380 Volt yang dilayani oleh 2 sumber listrik utama yakni suplai daya dari pembangkit sendiri dan juga suplai daya dari PLN. Besarnya daya reaktif yang digunakan berdampak pada menurunnya nilai faktor daya pada area tersebut. Salah satu ER yang memiliki nilai faktor daya yang rendah yaitu ER 55A. Pada hasil Pengukuran aktual di ER 55A didapatkan faktor daya sebesar 0,70 pada sisi jaringan tegangan rendah.

Tujuan Penelitian ini meliputi: (1) Menghitung besarnya nilai kompensasi reaktif yang diperlukan untuk perbaikan faktor daya menjadi 0.90 pada sisi jaringan tegangan rendah pada PT. Semen Tonasa Unit V; (2) Menghitung biaya pembelian dan pemasangan kapasitor yang optimal.

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah Sebagai bahan pembelajaran dalam upaya menambah pengetahuan dan wawasan yang lebih luas. Selain itu, juga sebagai bahan informasi atau bahan acuan bagi peneliti selanjutnya dalam skala yang lebih luas dan kompleks yang berkaitan dengan judul ini.

II. KAJIAN LITERATUR

A. Kapasitor Bank

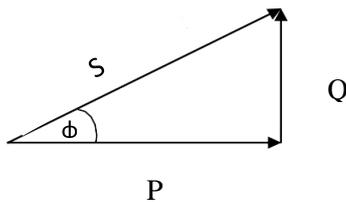
Kapasitor bank adalah peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang berfungsi untuk mengimbangi sifat induktif atau sekumpulan beberapa kapasitor yang dihubungkan secara paralel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif yang akan digunakan. Secara sederhana kapasitor terdiri dari dua plat logam yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik dan kapasitor ini mempunyai sifat menyimpan muatan listrik. Kapasitor bank digunakan secara luas pada sistem distribusi untuk perbaikan faktor daya dan pengaturan tegangan *feeder*. Pada saluran transmisi kapasitor bank berguna untuk mengkompensasi daya reaktif dan memastikan tegangan terjaga pada levelnya pada saat beban penuh.

B. Daya

Daya merupakan jumlah energi listrik tiap satuan waktu. Daya listrik dibagi menjadi tiga, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Berikut adalah penjelasan dari ketiga daya tersebut. Ketiga daya ini digambarkan dengan segitiga daya. Gambar 5 adalah gambar segitiga daya tersebut.

B.1 Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang sebenarnya digunakan oleh konsumen. Daya aktif memiliki satuan Watt.



Gambar 1. Segitiga Daya

a. Daya Aktif 1 Fasa

$$P = V_{ln} \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

b. Daya Aktif 3 Fasa

$$P = \sqrt{3} \cdot V_{ll} \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

B.2 Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang digunakan untuk menghasilkan medan magnet. Daya aktif diberi simbol Q , sedangkan satuan daya reaktif adalah Var (*Volt Ampere Reactive*).

a. Daya Reaktif 1 Fasa

$$Q = V_{ln} \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (3)$$

b. Daya Reaktif 3 Fasa

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_{ll} \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (4)$$

B.3 Daya Semu

Daya semu merupakan daya yang dibangkitkan oleh generator pada sistem pembangkit listrik. Daya semu diberi simbol S dan memiliki satuan VA (*Volt Ampere*).

a. Daya Semu 1 Fasa

$$S = V_{ln} \cdot I \quad (5)$$

b. Daya Semu 3 Fasa

$$S = \sqrt{3} \cdot V_{ll} \cdot I \quad (6)$$

C. Faktor Daya

Faktor daya merupakan cosinus dari beda sudut fasa antara arus dan tegangan. Faktor daya disimbolkan dengan $\cos \varphi$ dan mempunyai rentang nilai antara 0 sampai 1. Semakin mendekati 1 maka nilai faktor daya akan semakin baik. Kemudian untuk mencari nilai faktor daya dapat dilakukan dengan membagi daya aktif (P) dengan daya semu (S).

C.1 Perbaikan Faktor Daya

Untuk perbaikan faktor daya adalah meningkatkan nilai dari $\cos \varphi_1$ menjadi $\cos \varphi_2$ dengan tingkat distorsi yang rendah dan tidak terjadi resonansi pada impedansi bus- bus utama. Berdasarkan atas pengukuran saat pemakaian normal dan pemakaian beban puncak dapat ditentukan kebutuhan daya aktif dan daya reaktifnya:

$$\cos \varphi \text{ (pf)} = \frac{P}{S} = \frac{VI \cos \varphi}{VI} \quad (7)$$

$VI \cos \varphi$ adalah total daya aktif (P total) pada saat operasional, maka:

$$\begin{aligned} \text{Daya Reaktif} &= \sqrt{kVA^2 - kW^2} = kVA \sin \varphi \\ &= kW \tan \varphi \end{aligned} \quad (8)$$

$$\text{Daya Semu} = \sqrt{kVAR^2 + kW^2} = \frac{kW}{\cos \varphi} \quad (9)$$

Untuk meningkatkan harga $\cos \varphi_2$ mendekati harga ideal yaitu 1 (Unity Power faktor). Dalam hal ini, dengan melihat karakteristik beban yang fluktuatif maka target perbaikan faktor daya adalah dari $\cos \varphi_1$ menjadi $\cos \varphi_2$. Sehingga kebutuhan daya reaktifnya akan berubah menjadi:

$$Q_b = P \tan \varphi_1 \quad (10)$$

$$Q_t = P \tan \varphi_2 \quad (11)$$

Sehingga :

$$Q_c = Q_b - Q_t \quad (12)$$

$$C = \frac{Q_c}{2\pi f V^2} \quad (13)$$

D. Electrical Transient Analyser Program (ETAP)

D.1 Pengenalan ETAP

ETAP merupakan program yang menawarkan solusi yang paling komprehensif untuk desain, simulasi, dan analisis pembangkitan, transmisi, dan distribusi listrik untuk sebuah sistem tenaga listrik yang besar.

D.2 Tools ETAP

ETAP telah menyediakan *tools* yang diperlukan untuk menganalisa sebuah *study case*, sehingga sangat memudahkan bagi penggunaannya. *Tools* yang disediakan oleh ETAP :

1. Select Mode
2. Edit Toolbar
3. Project View

III. METODE PENELITIAN

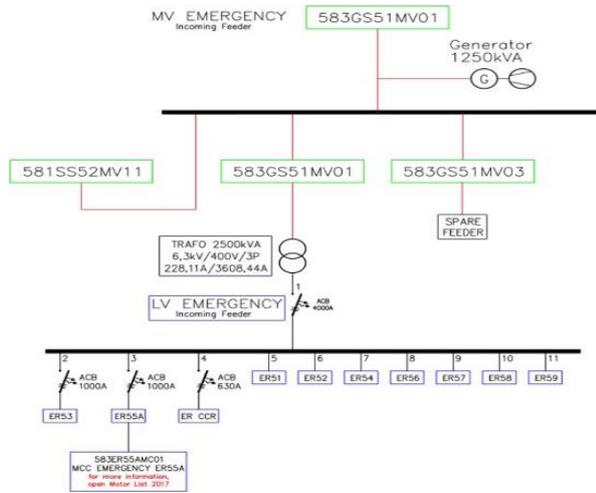
Objek penelitian ini adalah ruangan ER 55A di PT. Semen Tonasa Unit V. Lokasi penelitian dilakukan pada PT. Semen Tonasa Unit V yang berlokasi di Desa Biringere, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkep, 90651. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu: 1. Melakukan Observasi awal dan mengumpulkan data. Data – data diperoleh dari PT. Semen Tonasa Unit V. Data – data yang dimaksud adalah data ruangan ER 55A: Data faktor daya, Data motor induksi 3 fasa, *Single line diagram*, Data parameter daya, Data parameter tegangan, dan Data parameter arus; 2. Membuat pemodelan berdasarkan diagram satu garis pada ETAP 12.6.0 untuk simulasi; 3. Menginput nilai-nilai yang telah diperoleh kedalam simulasi ETAP 12.6; 4. Melakukan analisis terhadap perbandingan parameter yang diperoleh. Berikut diagram alir penelitian.



Gambar 2. Diagram Alir prosedur kegiatan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Single Line Diagram



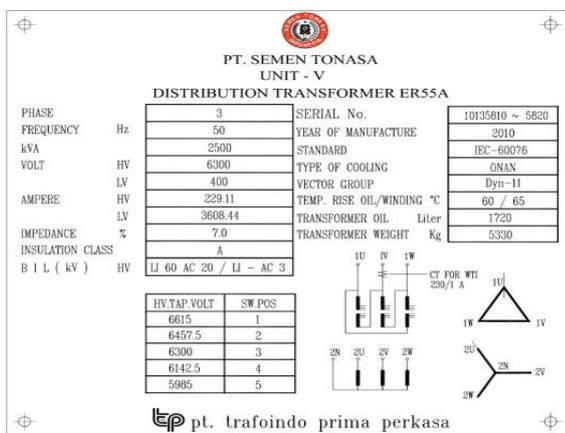
Gambar 3. Single Line Diagram

Pada *single line diagram* pada gambar 3, menunjukkan tegangan 6.3kV dari panel *Medium Voltage Switchgear* selanjutnya menuju trafo distribusi yang akan diturunkan ke tegangan 400V untuk *energize* panel *Low Voltage Switchgear*. Kemudian setiap *line up* dari panel *Low Voltage Switchgear* terbagi-bagi ke pengaman *Air Circuit Breaker (ACB)* menuju ke setiap *Electrical Room (ER)* di lokasi, salah satunya adalah panel *MCC Emergency* pada ER 55A.

B. Data Trafo Distribusi

Adapun spesifikasi trafo distribusi yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. Manufacture : PT. Trafoindo Prima Perkasa
2. Rate Power : 2500 kVA
3. Voltage : 6.3kV/0.4kV
4. Ampere sisi LV : 3608.44 A
5. Belitan : D/Y



Gambar 4. Name plate trafo

C. Data Hasil Pengukuran

Tabel 1. Data Tegangan Sebelum Pemasangan Kapasitor

Hari Ke- (Tgl/Bln/Thn)	Pukul (WITA)	Step	Tegangan (Volt)								Rata-rata L-N	Rata-rata L-L
			R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	R-T				
Hari Ke-1 22/02/2021	10.00-11.00	0	226,30	225,80	225,50	391,96	391,10	390,58	225,87	391,21		
	11.00-12.00	0	226,60	226,10	225,60	392,48	391,62	390,75	226,10	391,62		
	12.00-13.00	0	226,70	226,40	225,50	392,66	392,14	390,58	226,20	391,79		
	13.00-14.00	0	225,10	224,40	224	389,88	388,67	387,98	224,50	388,84		
	14.00-15.00	0	226,30	225,60	225,10	391,96	390,75	389,88	225,67	390,86		
Hari Ke-2 23/02/2021	10.00-11.00	0	225,20	225,50	224,80	390,06	390,58	389,37	225,17	390,00		
	11.00-12.00	0	225,50	224,90	224,50	390,58	389,54	388,85	224,97	389,56		
	12.00-13.00	0	225,20	224,70	224,70	390,06	389,19	389,19	224,87	389,48		
	13.00-14.00	0	225,50	224,80	224,40	390,58	389,37	388,67	224,90	389,54		
	14.00-15.00	0	225,20	224,60	224,10	390,06	389,02	388,15	224,63	389,08		
Hari Ke-3 24/02/2021	10.00-11.00	0	225,10	224,60	224,30	389,88	389,02	388,50	224,67	389,13		
	11.00-12.00	0	225,20	224,80	224,40	390,06	389,37	388,67	224,80	389,37		
	12.00-13.00	0	225,10	224,40	224,20	389,88	388,67	388,33	224,57	388,96		
	13.00-14.00	0	225	224,30	224,10	389,71	388,50	388,15	224,47	388,79		
	14.00-15.00	0	225,40	224,70	224,40	390,40	389,19	388,67	224,83	389,42		
Hari Ke-4 25/02/2021	10.00-11.00	0	225,50	225,10	224,50	390,58	389,88	388,85	225,03	389,77		
	11.00-12.00	0	225,60	225,10	224,60	390,75	389,71	388,85	225,07	389,83		
	12.00-13.00	0	225,90	225,10	224,60	391,27	389,88	389,02	225,20	390,06		
	13.00-14.00	0	226,50	225,90	225,10	392,31	391,27	389,88	225,83	391,15		
	14.00-15.00	0	225,20	225,50	224,80	390,06	390,58	389,37	225,17	390,00		
Hari Ke-5 26/02/2021	10.00-11.00	0	225,50	224,90	224,50	390,58	389,54	388,85	224,97	389,56		
	11.00-12.00	0	225,20	224,70	224,70	390,06	389,19	389,19	224,87	390,00		
	12.00-13.00	0	225,50	224,80	224,40	390,58	389,37	388,67	224,90	389,54		
	13.00-14.00	0	226,30	225,60	225,10	391,96	390,75	389,88	225,67	390,86		
	14.00-15.00	0	226,30	225,60	225,10	391,96	390,75	389,88	225,67	390,86		
Rata-rata Total									225,12	387,25		

Tabel 2. Data Arus Sebelum Pemasangan Kapasitor

Hari Ke- (Tgl/Bln/Thn)	Pukul (WITA)	Step	Arus (Ampere)				Rata-rata
			R	S	T	T	
Hari Ke-1 22/02/2021	10.00-11.00	0	790	790	762	780,67	
	11.00-12.00	0	830	828	800	819,33	
	12.00-13.00	0	809	808	778	798,33	
	13.00-14.00	0	821	824	792	812,33	
	14.00-15.00	0	818	819	789	808,67	
Hari Ke-2 23/02/2021	10.00-11.00	0	716	717	683	705,33	
	11.00-12.00	0	709	711	678	699,33	
	12.00-13.00	0	794	789	759	780,67	
	13.00-14.00	0	807	805	778	796,67	
	14.00-15.00	0	786	783	752	773,67	
Hari Ke-3 24/02/2021	10.00-11.00	0	727	730	706	721,00	
	11.00-12.00	0	725	725	704	718,00	
	12.00-13.00	0	728	732	708	722,67	
	13.00-14.00	0	719	725	702	715,33	
	14.00-15.00	0	733	740	714	729,00	
Hari Ke-4 25/02/2021	10.00-11.00	0	768	767	737	757,33	
	11.00-12.00	0	808	802	769	793,00	
	12.00-13.00	0	754	753	719	742,00	
	13.00-14.00	0	810	809	775	798,00	
	14.00-15.00	0	810	809	774	797,67	
Hari Ke-5 26/02/2021	10.00-11.00	0	716	717	683	705,33	
	11.00-12.00	0	709	711	678	699,33	
	12.00-13.00	0	794	789	759	780,67	
	13.00-14.00	0	807	805	778	796,67	
	14.00-15.00	0	818	819	789	808,67	
Rata-rata Total						762,39	

Tabel 3. Data Daya Sebelum Pemasangan Kapasitor

Hari Ke- (Tgl/Bln/Thn)	Pukul (WITA)	Step	Sebelum Pemasangan Kapasitor												Cos Phi
			Daya Semu (KW)			Daya Reaktif (KVAR)			Daya Aktif (KW)						
			R	S	T	L-L	R	S	T	L-L	R	S	T	L-L	
Hari Ke-1 22/02/2021	10.00-11.00	0	178	178	171	528	127	127	122	377	127	126	125	379	0,70
	11.00-12.00	0	188	187	180	555	131	127	127	391	133	132	128	394	0,71
	12.00-13.00	0	183	182	175	541	130	130	125	386	128	128	122	379	0,70
	13.00-14.00	0	184	184	177	547	130	130	124	385	131	131	125	388	0,71
	14.00-15.00	0	185	184	177	547	128	128	123	379	133	133	127	384	0,71
Hari Ke-2 23/02/2021	10.00-11.00	0	161	161	153	476	126	126	120	373	99	100	95	295	0,72
	11.00-12.00	0	159	159	152	471	122	122	116	365	127	125	116	379	0,71
	12.00-13.00	0	178	177	170	526	129	128	123	381	123	122	117	363	0,69
	13.00-14.00	0	181	180	174	537	129	129	124	383	127	126	122	376	0,70
	14.00-15.00	0	177	175	168	521	126	125	120	372	123	123	117	364	0,70
Hari Ke-3 24/02/2021	10.00-11.00	0	163	163	158	485	124	124	120	369	125	125	125	376	0,68
	11.00-12.00	0	163	162	157	484	125	125	121	372	101	101	99	302	0,69
	12.00-13.00	0	165	164	158	486	125	126	121	374	104	105	101	311	0,70
	13.00-14.00	0	161	162	157	481	126	127	123	377	100	100	102	303	0,70
	14.00-15.00	0	165	166	160	491	125	126	121	373	111	110	109	330	0,71
Hari Ke-4 25/02/2021	10.00-11.00	0	173	172	165	511	130	129	124	384	114	113	109	337	0,71
	11.00-12.00	0	182	180	172	535	131	130	124	387	125	124	119	369	0,71
	12.00-13.00	0	170	169	161	500	127	127	121	376	112	111	106	330	0,72
	13.00-14.00	0	182	182	174	539	128	126	120	374	121	121	115	368	0,71
	14.00-15.00	0	183	182	174	540	129	128	122	380	130	129	123	383	0,69
Hari Ke-5 26/02/2021	10.00-11.00	0	161	161	153	476	126	126	120	373	125	122	125	373	0,70
	11.00-12.00	0	159	159	152	471	122	122	116	362	121	121	117	369	0,70
	12.00-13.00	0	178	177	170	526	129	128	123	381	123	122	117	363	0,71
	13.00-14.00	0	181	180	174	537	129	129	124	383	127	126	122	376	0,72
	14.00-15.00	0	185	184	177	547	132	131	126	390	129	129	124	383	0,72
Rata-rata			173,72	173,2	166,36	514,32	127,4	127,2	122	377,76	121,16	120,6	117,2	359,92	0,70
Rata-rata Total						171,1			126				120		

D. Data Pengukuran Sebelum Pemasangan Kapasitor

Berikut diketahui beberapa parameter berdasarkan praktik pengukuran dilapangan
 Rata-rata daya aktif (P) = 359,92 kW
 Rata-rata daya semu (S) = 514,32 kVA
 Rata-rata daya reaktif (Q) = 377,76 kVAR
 Rata-rata Tegangan (V) = 387,25 V

Rata-rata Arus (I) = 762,39 A
Cos Phi = 0.70
Frekuensi = 50 Hz

E. Menjadikan PF=0,90

Dengan mengacu pada nilai-nilai pembebanan maka hasil yang diperoleh setelah faktor daya (PF = 0,90) dengan menggunakan beberapa persamaan yaitu sebagai berikut.

- Menghitung besar kVA berdasarkan kapasitas kW dengan menggunakan persamaan (2.9). Di mana P = 359,92 kW, maka :

$$PF = \frac{P}{S}$$

$$S = \frac{P}{PF}$$

$$S = \frac{359,92 \text{ kW}}{0,90}$$

$$S = 399,91 \text{ kVA}$$

- Menghitung besar arus yang mengalir dengan menggunakan persamaan (2.8). Dimana nilai kVA yang telah dihitung disubstitusikan dan V = 387,25 V, maka :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

$$I = \frac{399910 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 387,25 \text{ V}}$$

$$I = 596,93 \text{ A}$$

Tabel 4. Hasil Simulasi Setelah Pemasangan Kapasitor Bank berdasarkan teori

Kondisi	Simulasi			
	Cos φ	Arus (A)	Daya Aktif (kW)	Daya Semu (kVA)
Sesudah Pemasangan Kapasitor	0,90	596,93	359,92	399,91

- Menghitung besar kVAR berdasarkan nilai faktor daya (PF = 0,90) dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\phi_2 = \text{Cos}^{-1} 0,90 = 25,84^\circ$$

Sehingga dengan persamaan (2.13) diperoleh :

$$Q_t = P \cdot \text{Tan } \phi_2 = 359,92 \times \text{Tan } 25,84^\circ = 174,30 \text{ kVAR}$$

Berdasarkan nilai kVAR yang didapatkan maka besar kompensasi daya reaktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.14).

Kompensasi daya reaktif sebagai berikut. Dimana nilai

$Q_b = 377,76 \text{ kVAR}$; dan $Q_t = 174,30 \text{ kVAR}$, sehingga :

$$Q_c = Q_b - Q_t = 377,76 - 174,30 = 203,46 \text{ kVAR}$$

- Menghitung nilai kapasitor dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.15). Adapun data yang digunakan untuk penjabaran prosesnya berdasarkan dari data Ruang ER 55A. Parameter yang digunakan dalam perhitungan ini adalah sebagai berikut.

$$Q_c = 203,46 \text{ kVAR} = 203460 \text{ VAR}; V = 387,25 \text{ V}; f = 50 \text{ Hz};$$

Tabel 5. Hasil Kompensasi Reaktif menjadi 0,90 berdasarkan teori

Kondisi	Teori			
	Qb (kVAR)	Qt (kVAR)	Qc (kVAR)	C (μF)
Sesudah Pemasangan Kapasitor	377,76	174,30	203,46	4300

$$C = \frac{Q_c}{2\pi f V^2} = \frac{203460}{2 \times 3,14 \times 50 \times 387,25^2} = 0.0043 \text{ F} = 4300 \mu\text{F}$$

Dengan menggunakan cara ini, sehingga diperoleh nilai-nilai kompensasi daya reaktif setelah perbaikan (Q_c) dan besar nilai kapasitor yang terpasang nantinya pada tabel

Tabel 6. Nilai Pemasangan Kapasitor

Kondisi	Teori			
	Qc (kVAR)	Daya Terpasang Kapasitor (kVAR)	Jumlah Step Efektif (kVAR)	Daya/ Step (kVAR)
Sesudah Pemasangan Kapasitor	203,46	375	8	35

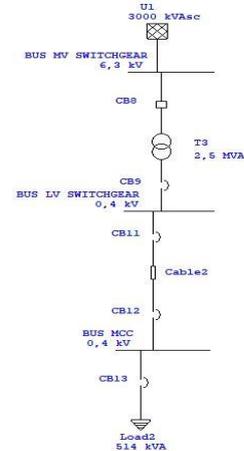
5.

Berdasarkan nilai kapasitansi di atas maka dapat ditetapkan besar pemasangan kapasitor dengan mengacu pada standar nilai kapasitor .

Maka besar kapasitor bank (*shunt capacitor*) yang digunakan adalah seperti pada tabel 6.

F. Simulasi ETAP 12.6

Adapun cara lain untuk menganalisa drop tegangan pada bus *emergency* ER 55A yaitu menggunakan *software* Etap versi 12.6. Namun, terlebih dahulu dibutuhkan data – data peralatan yang akan dianalisa seperti data motor, trafo, kabel dan lain sebagainya. Selanjutnya melakukan *run* pada program tersebut, dan bila masih terdapat *error* yang menandakan program tidak dapat di *run* maka lakukan analisa ulang terhadap data – data peralatan, hubungan setiap komponen dan komponen lainnya, serta hal lain yang menyebabkan *error* pada program tersebut. Berikut *Single Line Diagram* jaringan MCC *emergency* pada ER 55A menggunakan *software* Etap:

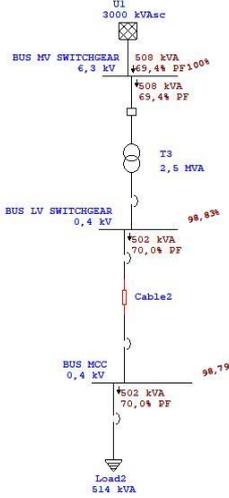


Gambar 5. Single Line Diagram ER 55A

F.1 Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank (Sebelum Perbaikan)

Selanjutnya melakukan run pada program tersebut, dan bila masih terdapat error yang menandakan program tidak dapat di run maka lakukan analisa ulang terhadap data – data peralatan, hubungan setiap komponen dan komponen lainnya, serta hal lain yang menyebabkan error pada program tersebut. Berikut hasil simulasi sebelum pemasangan kapasitor bank.

Berikut Load Flow Analysis program Etap:



Gambar 6. Hasil Simulasi Sebelum Perbaikan Faktor Daya

Tabel 7. Hasil Simulasi Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank menggunakan ETAP

Kondisi	Simulasi			
	Cos ϕ	Arus (A)	Daya Aktif (kW)	Daya Semu (kVA)
Sebelum Pemasangan Kapasitor	0,70	733	351	502

Saat disimulasikan kabel 1 berwarna merah yang berarti kabel tersebut dalam keadaan tidak normal yaitu mengalami overload. Adapun hasil yang diperoleh dari simulasi untuk kondisi faktor daya sebelum perbaikan adalah seperti tabel 7.

F.2 Setelah Pemasangan Kapasitor Bank (Setelah Perbaikan)

Selanjutnya, untuk memperbaiki jatuh tegangan pada jaringan tersebut dipasang sebuah kapasitor bank dengan setting seperti berikut :

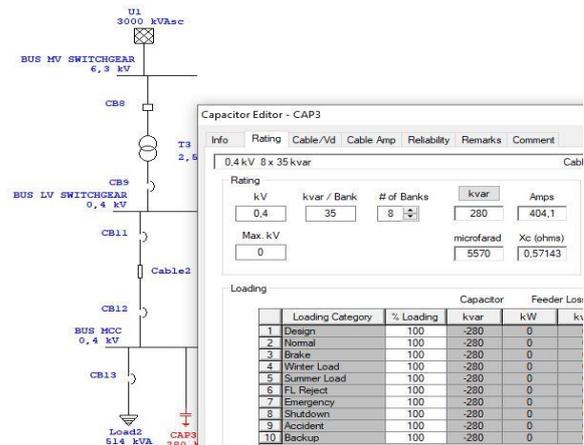
Pada kolom rating dimasukkan data berikut:

Tegangan kerja :0,4 kV

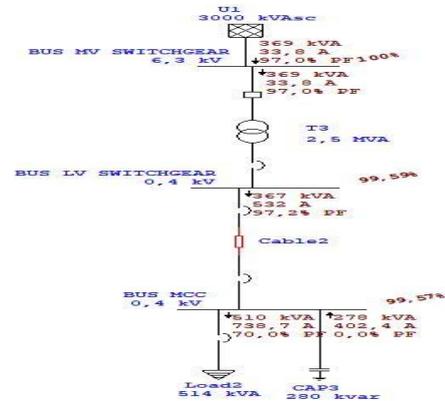
Kvar / bank :35

Jumlah step :8

Dari hasil analisis perhitungan pada Etap, maka dengan memasukkan rating 0,4kV; 35 kvar/bank; 8 step maka program Etap akan melakukan perhitungan dan diperoleh total kvar = 280 dan ampere = 404,1. Sehingga total kvar inilah yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya.



Gambar 7. Setting Rating Kapasitor Bank



Gambar 8. Hasil Simulasi Setelah Perbaikan Faktor Daya

Sama halnya dengan simulasi untuk kondisi faktor daya

Tabel 8. Hasil Simulasi Setelah Pemasangan Kapasitor Bank menggunakan ETAP

Kondisi	Simulasi			
	Cos ϕ	Arus (A)	Daya Aktif (kW)	Daya Semu (kVA)
Setelah Pemasangan Kapasitor	0,90	402	357	278

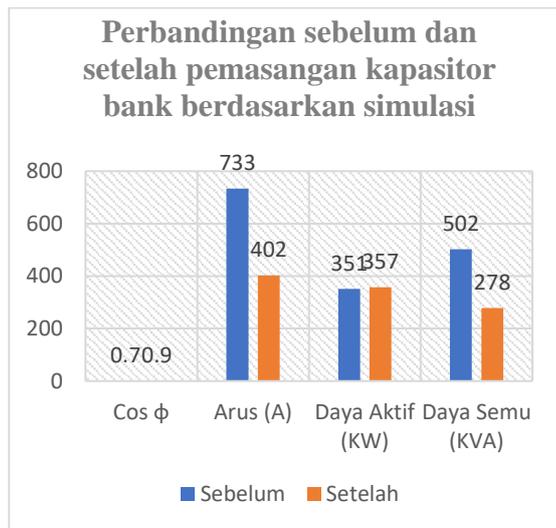
setelah diperbaiki, yaitu pada PF=0.90 memberikan perubahan nilai arus dan kVA yang semakin kecil. normal. Berikut Tabel 8 yaitu hasil simulasi setelah pemasangan kapasitor bank

Tabel 8. Hasil Simulasi Setelah Pemasangan Kapasitor Bank

G. Perbandingan Hasil Simulasi

Tabel 9. Perbandingan sebelum dan setelah pemasangan kapasitor bank berdasarkan simulasi

Tabel Perbandingan Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor Bank								
Kondisi	Sebelum				Setelah			
	Cos ϕ	Arus (A)	Daya Aktif (kW)	Daya Semu (kVA)	Cos ϕ	Arus (A)	Daya Aktif (kW)	Daya Semu (kVA)
Berdasarkan Simulasi	0,70	733	351	502	0,90	402	357	278



Gambar 9. Perbandingan Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor Bank Berdasarkan Simulasi

H. Biaya Pembelian dan Pemasangan Kapasitor Bank

Tabel 10. Biaya Pembelian dan Pemasangan Kapasitor Bank

Kandidat Bus		Informasi Kapasitor					
ID	Nominal kV	kVAR / Bank	kV	# of Bank	Total kVAR	C (μ F)	Harga Pembelian dan pemasangan Kapasitor Bank
Bus MCC	0.4	35	0.4	8	280	5570	Rp 25.379.200

Tabel 10 merupakan tabel kapasitas dan lokasi penempatan kapasitor pada bus yang telah dipilih dengan jumlah kapasitor 8 buah dan harga pembelian kapasitor beserta biaya pemasangan kapasitor pada rating tegangan 0.4 kV dan rating kapasitor 35 kVAR/bank dengan kapasitor 8 step jadi total kapasitor menjadi 280 kVAR dengan harga sebesar Rp 25.379.200.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah terselesaikan, maka penulis dapat mengemukakan beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Besar kompensasi daya reaktif (Q_c) diperoleh berdasarkan selisih dari daya reaktif sebelum perbaikan faktor daya (Q_b) dengan daya reaktif setelah perbaikan (Q_t). Pada ER 55A, besar nilai Q_c adalah 203,46 kVAR yang mana merupakan selisih antara nilai Q_b sebesar 377,76 kVAR dan nilai Q_t sebesar 174,30 kVAR. Berdasarkan Perhitungan besar kompensasi daya reaktif (Q_c) untuk memperbaiki nilai $\cos \phi$ awal 0.70 menjadi 0.90 membutuhkan kompensasi daya reaktif sebesar 203,46 KVAR atau sama dengan 4300 μ F.
2. Biaya optimal pembelian dan pemasangan kapasitor bank di Ruangan ER 55A pada sisi jaringan tegangan rendah menggunakan kapasitor bank dengan rating 35 KVAR 8 step 5570 μ F yaitu dengan harga sebesar Rp 25.379.200. Adapun harga beli kapasitor tersebut didapatkan dari aplikasi

Bukalapak yang diakses pada tanggal 7 september 2021.

REFERENSI

- [1] Juandi, "Implementasi Penempatan Kapasitor Shunt untuk Memperbaiki Profil Tegangan dan Mengurangi rugi-rugi Daya Pada Jaringan Distribusi PT. PLN Sumbawa Besar Menggunakan Software ETAP 12.6", Skripsi. Malang: ITN MALANG, 2016.
- [2] Irwan Iftadi, *Kelistrikan Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2015.
- [3] Margiantonius, "Analisa Penggunaan Kapasitor Bank pada PT. Semen Tonasa Unit V". Laporan Tugas Akhir. Makassar : Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2018.
- [4] Juliantara I putu angga, dkk, "Rancang Bangun Kapasitor Bank Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega 328P Untuk Perbaikan Faktor Daya". Bali : Universitas Udayana Denpasar, 2018.
- [5] Muh. Rusdi, Mastang, Akhmad, M. Ed, Yuliani H.R, dan Sarwo Pranoto, "Pedoman Penulisan Proposal Dan Laporan Tugas Akhir Program Diploma Empat (D-4) Bidang Rekayasa Dan Tata Niaga". Makassar. Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2016.
- [6] Yusril Ikhsan, "Analisis Kompensasi Daya Reaktif terhadap Motor Induksi 3 Fasa saat Beban Puncak pada PT Semen Tonasa Unit 4". Skripsi. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2019.
- [7] Handayani, Ika dan A.M.Fadly Fajar, "Analisis Aliran Daya dan Gangguan Hubung Singkat Sistem Kelistrikan Pabrik Tonasa Di PT. Semen Tonasa V Menggunakan ETAP". Skripsi. Makassar: Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, 2012.
- [8] "Tegangan - tegangan Standar," in *SPLN 1 : 1995*, Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, 1995.
- [9] Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik & Elektronika Daya*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 2000.
- [10] Fachry Azharuddin Noor, dkk., "Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket". Semarang : Universitas Negeri Semarang, 2017.
- [11] M. Hariansyah dan Joni Setiawan. "Pemasangan Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Faktor Daya pada Panel Utama Listrik Gedung Fakultas Teknik Universitas IBN Khaldun Bogor". Bogor : Universitas Ibn Khaldun Bogor.