

BAB IV

DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilaksanakan di PT Pertamina (Persero) *Refinery Unit V* Balikpapan selama 2 bulan mulai tanggal 1 November 2016 sampai tanggal 30 Desember 2016. Pengumpulan data dilaksanakan untuk mengetahui nilai *losses* dan faktor daya yang terjadi pada *substation 80* dan *substation II* pada jalur distribusi listrik *power plant 1* menuju beban motor pada *substation 80* dan *substation II*. Pengumpulan data diambil dari *maintainance area 1* , data diambil diarahkan sesuai tema yaitu pada jalur distribusi *power plant 1* menuju *substation 80* dan *substation II*.

4.2 Sumber Kelistrikan Industri

Dari data yang diperoleh dari *maintainace area 1* , diketahui bahwa PT Pertamina (Persero) RU V Balikpapan menggunakan PLTU sebagai pembangkit listrik di industri tersebut . Terdapat dua *Power Plant* yaitu *Power Plant 1* dan *Power Plant 2* yang saling terhubung melalui *system ring* . Pada tugas akhir ini penulis mengambil topik bahasan pada *Power Plant 1*.

4.3 Analisis Jaringan Listrik *Power Plant 1*

Pada Pembahasan ini akan membahas jalur distribusi pada *Power Plant 1* sampai pada *substasiun 80* dan *substasiun II*. *Power Plant 1* mempunyai lima turbin generator, yaitu turbin generator 5 L, turbin generator 3, turbin generator 6, turbin generator 5 Asuransi dan turbin generator 4. Masing masing turbin generator terbagi menjadi tiga *section*, adapun pembagiannya turbin generator 6 dan turbin generator 3 bergabung menjadi satu *section* yaitu *section* dengan *feeder 1 HT*, kemudian turbin generator 5L dan turbin generator 5 bergabung dalam satu *section* dengan *feeder 3 HT*, sedangkan turbin generator 4 berada pada *feeder 2 HT*. Daya yang dihasilkan merupakan proses dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang dimiliki oleh PT. PERTAMINA RU V Balikpapan. Energi yang digunakan adalah *steam* yang terlebih dahulu melewati proses. *Steam* digunakan untuk memutar turbin yang berhubungan dengan generator sehingga generator akan menghasilkan listrik hingga dapat digunakan untuk beban-beban yang ada seperti motor 3 phase, pompa air dan beberapa alat-alat listrik lainnya. Total daya yang dihasilkan pada generator *Power Plant 1* adalah sebesar 22 MW, 6.6KV, 50 Hz, 0.8 pf. Daya tersebut digunakan untuk mensuplai tenaga listrik pada kilang Pertamina RU V dan dibantu dengan sedikit daya listrik dari *Power Plant 2*.

Pada *substasiun 80* dan *substasiun II* mendapatkan suplai daya listrik dari dua *incoming feeder* yaitu dari busbar 1HT dan 2HT, dimana busbar 1HT sebagai *incoming* kondisi normal dan 2HT sebagai *incoming backup* apabila terjadi gangguan atau peremajaan pada *incoming* dari busbar 1HT. Pada tiga

section busbar pada *power plant 1* yaitu 1HT , 2HT dan 3HT mempunyai trafo 3 belitan (*Three Windings Transformer*) yang berfungsi sebagai *protector* jika terjadi hubungan singkat (*Over Load*) yang disebabkan arus yang mengalir dari *Power Plant* dan sebagai penghubung antara *Power Plant 1* dan *Power Plant 2*.

Seperti yang diketahui *busbar* sendiri mempunyai fungsi sebagai penghantar listrik berbahan dasar tembaga dimana pada setiap *busbar* akan memberikan penghantar jaringan juga sebagai percabangan untuk menghubungkan setiap *substation*.

4.4 Analisis Jalur Distribusi dari *Power Plant* ke *Substation*

Substation merupakan tempat mengalirkan tenaga listrik dari suatu pusat pembangkit listrik ke *grid* atau jaringan. Daya yang mengalir dari *Power Plant 1* menuju *substation* akan diterima oleh *Circuit Breaker* dengan tegangan 6.6 kV atau dapat disebut dengan *incoming feeder* yang kemudian akan dilanjutkan menuju *busbar*.

Sedangkan pada *substation II* mendapat suplai daya dari *power plant 1* melalui *substation 80* dengan tegangan 380 V . Tegangan yang masuk dari *substation 80* terlebih dahulu di *step down* dari tegangan 6,6 KV menjadi 380 V yang kemudian baru disuplai ke *substation II*. Jenis kabel yang digunakan dari *Power Plant 1* menuju *substation 80* dan *substation II* adalah N2XSEKFGBY.

Dimana kabel tersebut. merupakan standar yang digunakan oleh PT. PERTAMINA RU V dalam pendistribusian listrik tegangan tinggi (6.6 kV).



gambar 4.1 Spesifikasi kabel dari *Power Plant* Menuju *substation 80* dan *substation II*

Substation 80 mempunyai 2 busbar. Pada busbar daya yang mengalir sebesar 6.6 kV. Kemudian daya listrik akan mengalir ke *circuit breaker* dan didistribusikan ke dalam masing- masing *motor control centre* untuk disuplai menuju beban. *Main Busbar* dibagi menjadi 2 *section*, itu dikarenakan jika terjadi gangguan pada *section 1* maka *section 2* dapat membantu sebagai *back-up* sebaliknya-pun sama atau bisa disebut dengan *manual coupler*.

4.5 Analisis Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi dibagi berdasarkan tegangan pengenal. Tegangan pengenal distribusi dibedakan menjadi 2 yaitu sistem jaringan tegangan primer (tegangan menengah) dan sistem distribusi sekunder (tegangan rendah)

1. Jaringan Tegangan Primer

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari *power plant I* distribusi ke *substation 80* dan *substation II* melalui media kabel tanah dengan tegangan menengah N2XSEKFGbY 3x 240 mm².

2. Jaringan Tegangan Sekunder

Jaringan Tegangan Sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari *power plant I* menuju ke beban motor .

Adapun sistem distribusi listrik yang digunakan yaitu sistem dengan pola *primary selective*. Jaringan ini setiap unit transformator dilayani oleh dua unit *primery* untuk mendapatkan pelayanan suplai normal dan *alternative* .

Kelebihan system *primary selective*

- Keandalan lebih ditingkatkan terutama pada sisi primer sekalipun untuk itu masih terjadi interupsi pelayanan.
- Pada masa pemeliharaan , sistem tidak total terganggu.

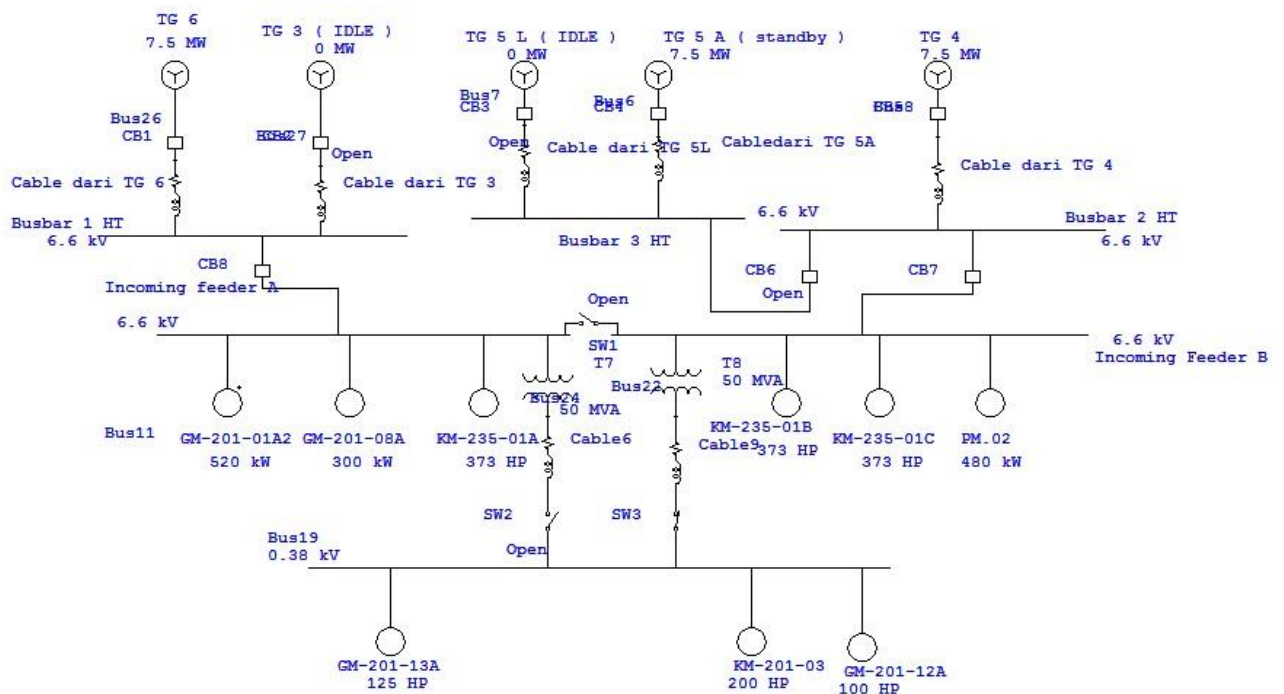
Untuk *substation 80* dan *substation II* mendapat *supply* dari *busbar section 1HT* dan *busbar section 2HT*. yang terbagi atas *incoming feeder A* untuk

1HT dan *incoming feeder B* untuk 2HT. sehingga dapat saling mem *back-up* sisi *feeder* yang mengalami gangguan.

Salah satu kehandalan jaringan distribusi *primary selective* di PT pertamina (persero) RU V Balikpapan adalah dengan menggunakan penggunaan system *coupler*. *Coupler* sendiri terbagi menjadi *manual coupler* dan *auto coupler*. Pada *substation 80* menggunakan sistem *Manual coupler* , *manual coupler* adalah sebagai *circuit breaker (relay)* penghubung antara *incoming feeder A* dan *incoming feeder B*. Jika terjadi *troubleshoot* pada *incoming feeder A* maka *incoming feeder B* akan *medback-up* jalur distribusi pada *incoming feeder A*, dengan cara menghubungkan *coupler* secara *manual* .

4.6 Analisis Jalur Distribusi dari *Substation 80* ke *substation II*

Pada jalur distribusi *substation 80* ke *substation II* terdapat dua *switch* yang menghubungkan *substation II* ke *incoming feeder A* dan *incoming feeder B*, dimana masing – masing *switch* berfungsi untuk pengaman ketika salah satu *feeder* terjadi gangguan atau dalam masa perawatan.



Gambar 4.2 Diagram jalur distribusi *Power Plant 1* menuju *substation 80* dan *substation II*

Metode pemasangan kapasitor bank dilakukan dengan asumsi pemasangan pada tiga *feeder*, yaitu pada *incoming feeder A* dan *incoming feeder B* pada *substation 80* dan *feeder substation II*.

1) Analisis perhitungan kebutuhan *rating* kapasitor bank pada *incoming feeder A* di *substation 80* :

NO	TAG NO	DAYA	AMPER	VOLTAGE	SPEED	Freq	insulation
		KW		VOLT			class
1	GM-201-01A	520	58	6600	2975	50	0
2	GM-201-08A	300	36,8	6600	2975	50	0
3	KM-235-01A	373 HP	38.3	6600	0	50	F

Tabel 4.1 Spesifikasi Motor Listrik pada *incoming feeder A*

di *substation 80*

a) Perhitungan jumlah daya beban total (P total) :

Diketahui ,

$$\text{- Daya motor total} = 520 \text{ KW} + 300 \text{ KW} + 278.14 \text{ KW}$$

$$= 1098,14 \text{ KW} .$$

$$\text{- (P.total)} = \frac{\text{Daya motor total}}{\text{efisiensi motor}}$$

$$= \frac{1098,14 \text{ KW}}{90 \%}$$

$$= 1220,15 \text{ KW}$$

b) Analisis perhitungan jumlah daya reaktif kapasitor (Q_c) pada lokasi *incoming feeder A substation 80* dengan $\cos \varphi$ awal 0.8 dan target $\cos \varphi$ yang diinginkan adalah 0.9 , maka dilakukan perhitungan sebagai berikut : Dikethui ,

$$- \varphi 1 (\cos \varphi \text{ awal }) = \cos^{-1} (0,8) = 36,86^\circ$$

$$\text{Tan } (36,86^\circ) 1 = 0,749$$

$$- \varphi 2 (\cos \varphi \text{ target}) = \cos^{-1} (0,9) = 25,84^\circ$$

$$\text{Tan } (25,84^\circ) 2 = 0,484$$

Untuk menghitung jumlah kebutuhan *rating* kapasitor bank digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_c = P (\text{Tan } \varphi 1 - \text{Tan } \varphi 2)$$

$$Q_c = 1220,15 \text{ kW } (0,749 - 0,484)$$

$$= 323,33 \text{ kVar}$$

Jadi, pada *incoming feeder A* di *substation 80* dibutuhkan nilai *rating* kapasitor bank *sebesar* 323,33 kVar untuk mengoptimalkan nilai tegangan yang dihasilkan dan mengurangi angka *Losses* pada distribusi tenaga listrik ke beban motor pada *incoming feeder A* di *substation 80*.

Jenis kapasitor bank dengan spesifikasi *rating* Kvar yang tersedia di pasaran dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2 Katalog kapasitor bank merek schnider

TIPE	NO	Spesifikasi
VarplusCan Heavy Duty	1	50 KVAR
	2	70 KVAR
	3	100 KVAR
	4	150 KVAR
	5	200 KVAR
	6	250 KVAR
	7	300 KVAR

Dari tabel diatas dipilih kapasitor bank dengan *rating* 300 kVAR yang mendekati *rating* perhitungan kebutuhan kapasitor bank sebesar 323,33 kVar.

Qc sesuai *rating* kapasitor tersedia dipasaran adalah = 300 kVAR

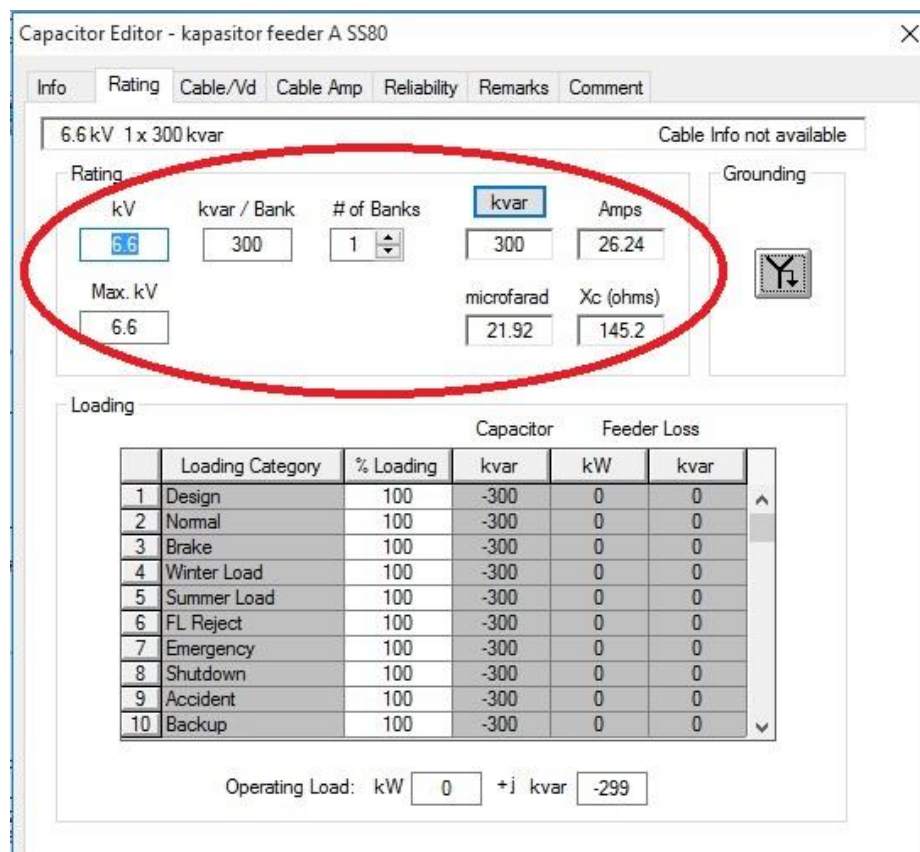
$$\begin{aligned}
 - \text{Tan } Qc &= \frac{P}{Qc} \\
 &= \frac{1220,15 \text{ KW}}{300 \text{ KVAR}} = 4,06
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Sudut } Qc &= \tan^{-1} (4,06) \\
 &= 76,16^\circ
 \end{aligned}$$

Faktor daya pada *incoming feeder A* setelah pemasangan kapasitor bank 300 kVAR menjadi :

$$\begin{aligned}
 - \text{ Pf} &= \cos \text{ target} - \cos \text{ Qc} \\
 &= 0,9 \text{ pf} - \cos 76,16^\circ \\
 &= 0,9 \text{ pf} - 0,2 \text{ pf} \\
 &= 0,7 \text{ pf}
 \end{aligned}$$

Berikut gambar pengaplikasian nilai perhitungan *rating* kapasitor bank pada *incoming feeder A* di *substation 80* melalui *software* etap 12.6 :



Gambar 4.3. *Rating* kapasitor bank pada *incoming feeder A*

di *substation 80*

2) Analisis perhitungan kebutuhan kVar kapasitor bank pada *incoming feeder*

B di *substation 80* :

Tabel 4.3 Spesifikasi Motor Listrik pada *incoming feeder B* di *substation 80*

NO	TAG NO	DAYA	AMPER	VOLTAGE	SPEED	Freq	insulation
		KW		VOLT			class
1	KM-235-01B	373 HP	38.3	6600	0	50	F
2	KM-235-01C	373 HP	38.3	6600	0	50	F
3	PM. 02	480	59	6600	490	50	F

a) Perhitungan jumlah daya beban total (P total) :

Diketahui ,

$$- \text{ Daya motor total} = 278,14 \text{ KW} + 278,14 \text{ KW} + 480 \text{ KW}$$

$$= 1036,28 \text{ KW} .$$

$$- \text{ (P.total)} = \frac{\text{Daya motor total}}{\text{efisiensi motor}}$$

$$= \frac{1036,28 \text{ KW}}{90 \%}$$

$$= 1151,42 \text{ KW}$$

b) Analisis perhitungan jumlah daya reaktif kapasitor (Qc) pada

lokasi *incoming feeder B substation 80* dengan $\cos \varphi$ awal 0.8

dan target $\cos \varphi$ yang diinginkan adalah 0.9 , maka dilakukan

perhitungan sebagai berikut :

Diketahui ,

$$- \varphi 1 (\cos \varphi \text{ awal}) = \cos^{-1} (0,8) = 36,86^\circ$$

$$\text{Tan } (36,86^\circ) 1 = 0,749$$

$$\begin{aligned} - \quad \varphi 2 \text{ (cos } \varphi \text{ target)} &= \cos^{-1} (0,9) = 25,84^\circ \\ \text{Tan (25,84}^\circ \text{) 2} &= 0,484 \end{aligned}$$

Untuk menghitung jumlah kebutuhan *rating* kapasitor bank digunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_c &= P (\text{Tan } \varphi 1 - \text{Tan } \varphi 2) \\ Q_c &= 1151,42 \text{ kW (0,749 - 0,484)} \\ &= 305,12 \text{ kVar} \end{aligned}$$

Jadi, pada *incoming feeder B* di *substation 80* dibutuhkan nilai *rating* kapasitor bank sebesar 305,12 kVar untuk mengoptimalkan nilai tegangan yang dihasilkan dan mengurangi angka *Losses* pada distribusi tenaga listrik ke beban motor pada *incoming feeder B* di *substation 80* .

Jenis kapasitor bank dengan spesifikasi *rating* Kvar yang tersedia di pasaran dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.4 Katalog kapasitor bank merek schnider

TIPE	NO	Spesifikasi
VarplusCan Heavy Duty	1	50 kVar
	2	70 kVar
	3	100 kVar
	4	150 kVar
	5	200 kVar
	6	250 kVar
	7	300 kVar

Dari tabel diatas dipilih kapasitor bank dengan *rating* 300 kVAR yang mendekati *rating* perhitungan kebutuhan kapasitor bank sebesar 305,12 kVar.

Qc sesuai sesuai *rating* kapasitor dipasaran adalah = 300 kVAR

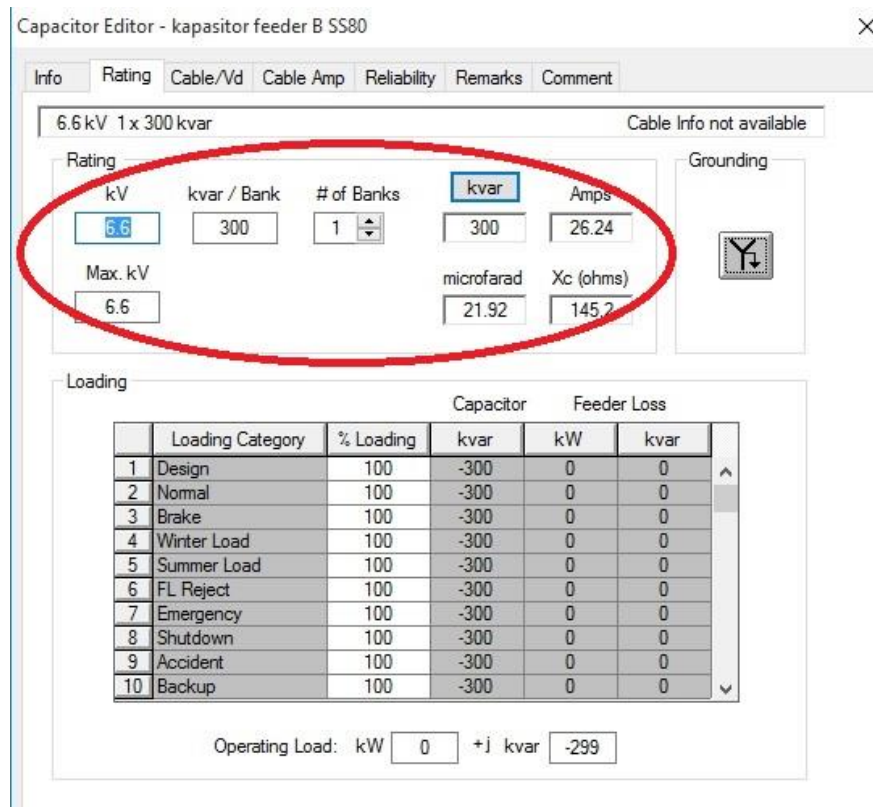
$$\begin{aligned} - \text{ Tan } Q_c &= \frac{P}{Q_c} \\ &= \frac{1151,42 \text{ KW}}{300 \text{ kVAR}} = 3,83 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Sudut } Q_c &= \tan^{-1} (3,83) \\ &= 75,36^\circ \end{aligned}$$

Faktor daya pada *incoming feeder B* setelah pemasangan kapasitor bank 300 kVAR menjadi :

$$\begin{aligned} - \text{ Pf} &= \cos \text{ target} - \cos Q_c \\ &= 0,9 \text{ pf} - \cos 75,36^\circ \\ &= 0,9 \text{ pf} - 0,2 \text{ pf} \\ &= 0,7 \text{ pf} \end{aligned}$$

Berikut gambar pengaplikasian nilai perhitungan *rating* kapasitor bank pada *incoming feeder B* di *substation 80* melalui *software* etap 12.6 :



Gambar 4.3 *Rating* kapasitor bank pada *incoming feeder B*

di *substation 80*

3) Analisis perhitungan kebutuhan kVar kapasitor bank pada *substation II* :

Tabel 4.5 Spesifikasi Motor Listrik pada *incoming feeder*
substation II

NO	TAG NO	DAYA	AMPER	VOLTAGE	SPEED	Freq	insulation
		KW		VOLT			class
1	GM-201-12A	100 HP	13,1	380	2980	50	F
2	GM-201-13A	125 HP	169	380	2965	50	F
3	KM-201-03	200 HP	271	380	1485	50	0

a) Perhitungan jumlah daya beban total (P total) :

Diketahui ,

$$\begin{aligned} - \text{ Daya motor total} &= 100 \text{ HP} + 125 \text{ HP} + 200 \text{ HP} \\ &= 425 \text{ HP} = 316,92 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - (\text{P.total}) &= \frac{\text{Daya motor total}}{\text{efisiensi motor}} \\ &= \frac{316,92 \text{ KW}}{90 \%} \\ &= 352.13 \text{ KW} \end{aligned}$$

c) Analisis perhitungan jumlah daya reaktif kapasitor (Qc) pada lokasi *incoming feeder substation II* dengan $\cos \varphi$ awal 0.8 dan target $\cos \varphi$ yang diinginkan adalah 0.9 , maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Dikethui ,

$$- \varphi 1 (\cos \varphi \text{ awal}) = \cos^{-1} (0,8) = 36,86^\circ$$

$$\text{Tan } (36,86^\circ) 1 = 0,749$$

$$\phi_2 (\cos \phi \text{ target}) = \cos^{-1} (0,9) = 25,84^\circ$$

$$\tan (25,84^\circ) = 0,484$$

Untuk menghitung jumlah kebutuhan *rating* kapasitor bank digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_c = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$Q_c = 352,13 \text{ kW} (0,749 - 0,484)$$

$$= 93,31 \text{ kVar}$$

Jadi, pada *incoming feeder B* di *substation 80* dibutuhkan nilai *rating* kapasitor bank sebesar 93,31 kVar untuk mengoptimalkan nilai tegangan yang dihasilkan dan mengurangi angka *Losses* pada distribusi tenaga listrik ke beban motor pada *incoming feeder B* di *substation 80*.

Jenis kapasitor bank dengan spesifikasi *rating* Kvar yang tersedia di pasaran dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.6 Katalog kapasitor bank merek schnider

TIPE	NO	Spesifikasi
VarplusCan Heavy Duty	1	50 kVar
	2	70 kVar
	3	100 kVar
	4	150 kVar
	5	200 kVar
	6	250 kVar
	7	300 kVar

Dari tabel diatas dipilih kapasitor bank dengan *rating* 100 kVAR yang mendekati *rating* perhitungan kebutuhan kapasitor bank sebesar 93,31 kVar.

Qc sesuai sesuai *rating* kapasitor dipasaran adalah = 100 kVAR

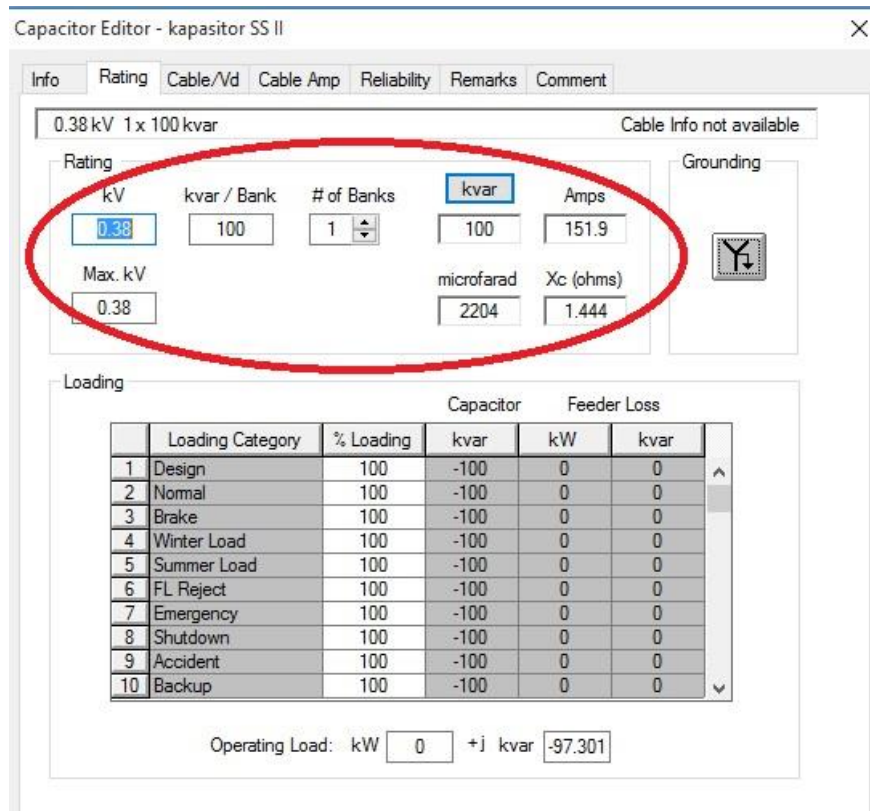
$$\begin{aligned} - \text{ Tan } Q_c &= \frac{P}{Q_c} \\ &= \frac{352,13 \text{ KW}}{100 \text{ kVAR}} = 3,52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Sudut } Q_c &= \tan^{-1} (3,52) \\ &= 74,14^\circ \end{aligned}$$

Faktor daya pada *incoming feeder A* setelah pemasangan kapasitor bank 100 kVAR menjadi :

$$\begin{aligned} - \text{ Pf} &= \cos \text{ target} - \cos Q_c \\ &= 0,9 \text{ pf} - \cos 74,42^\circ \\ &= 0,9 \text{ pf} - 0,2 \text{ pf} \\ &= 0,7 \text{ pf} \end{aligned}$$

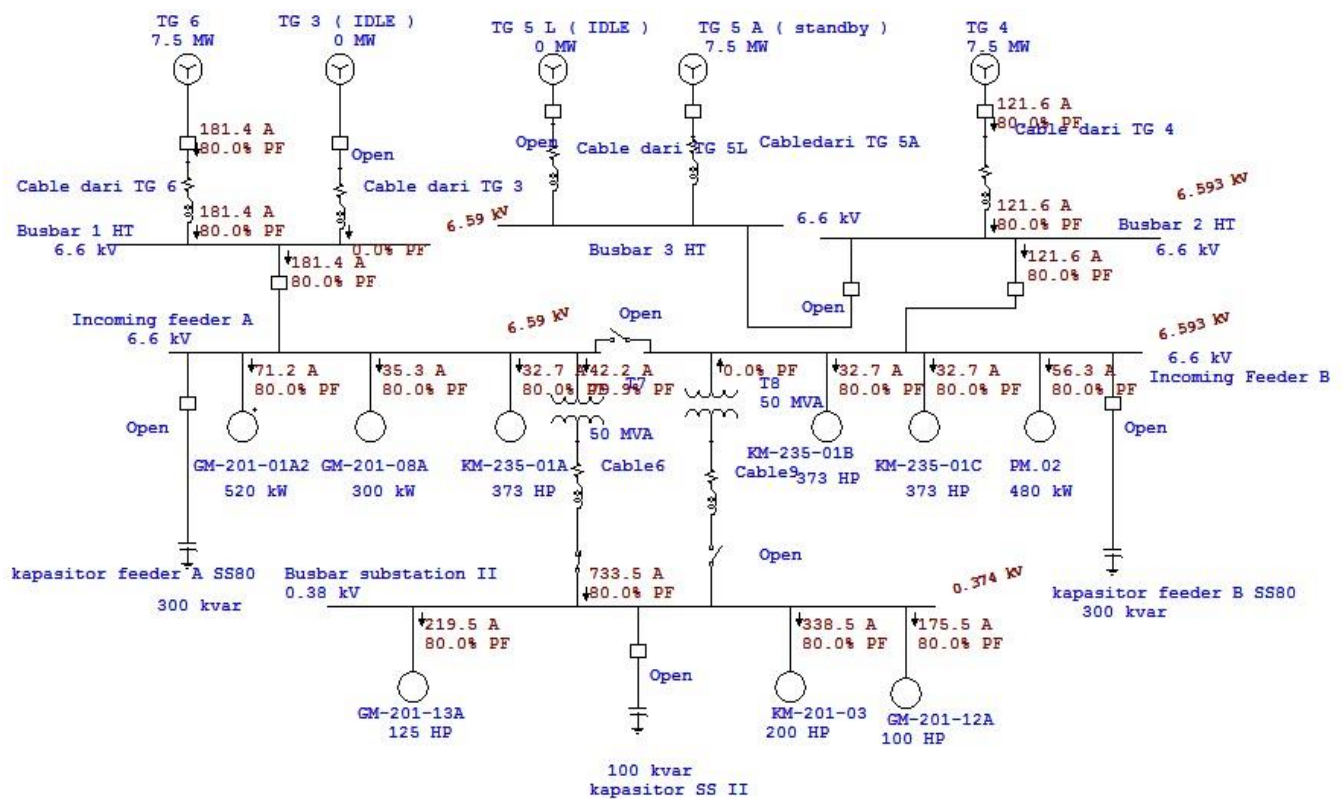
Berikut gambar aplikasi nilai perhitungan *rating* kapasitor bank pada *incoming feeder* di *substation II* melalui *software* etap 12.6 :



Gambar 4.5 *Rating* kapasitor bank di *incoming feeder substation II*

4.7 Simulasi Etap 12.6. Perbaikan *Losses* jaringan listrik dan faktor daya pada beban motor di *substation 80* dan *substation II*

- a. Simulasi etap 12.6 perbaikan *losses* jaringan listrik dan faktor daya pada *substation 80* dan *substation II* sebelum penggunaan kapasitor bank dengan kondisi *substation II* mendapat suplai daya dari *incoming feeder A* :



Gambar 4.6 Simulasi etap 12.6 kondisi *substation II* di suplai daya dari *Incoming feeder A* sebelum dipasang kapasitor bank

Dari simulasi distribusi tenaga listrik dari *power plant 1* ke beban motor pada *substation 80* dan *substation II* sebelum penggunaan kapasitor bank dengan kondisi *substation II* mendapat suplai daya dari *incoming feeder A* diperoleh data sebagai berikut :

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Cable dari TG 4	1.112	0.834	-1.111	-0.833	1.2	0.8	100.0	99.9	0.10
T8	0.000	0.000	0.000	0.000			99.9	99.9	
Cable6	0.385	0.290	-0.380	-0.285	5.0	4.6	99.8	98.4	1.41
T7	-0.385	-0.290	0.385	0.290	0.0	0.3	99.8	99.8	0.04
Cable dari TG 6	1.659	1.245	-1.656	-1.243	2.6	1.8	100.0	99.8	0.15
Cable dari TG 3	0.000	0.000	0.000	0.000			99.8	99.8	
					8.8	7.5			

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	MW	Mvar	MVA	% PF
Source (Swing Buses):	2.771	2.079	3.464	79.99 Lagging
Source (Non-Swing Buses):	0.000	0.000	0.000	
Total Demand:	2.771	2.079	3.464	79.99 Lagging
Total Motor Load:	2.762	2.072	3.453	80.00 Lagging
Total Static Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Constant I Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Generic Load:	0.000	0.000	0.000	
Apparent Losses:	0.009	0.008		
System Mismatch:	0.000	0.000		
Number of Iterations:	3			

Gambar 4.7 Data *report* simulasi Etap 12.6 pada *substation 80* dan *substation II* sebelum dilakukan pemasangan kapasitor bank

Berikut *report bus loading* sebelum pemasangan kapasitor bank dengan simulasi etap 12.6 dalam kondisi *substation II* mendapat suplai daya dari *incoming feeder A*. Dari sini dapat dilihat nilai $\cos \phi$ pada tiap *busbar* .

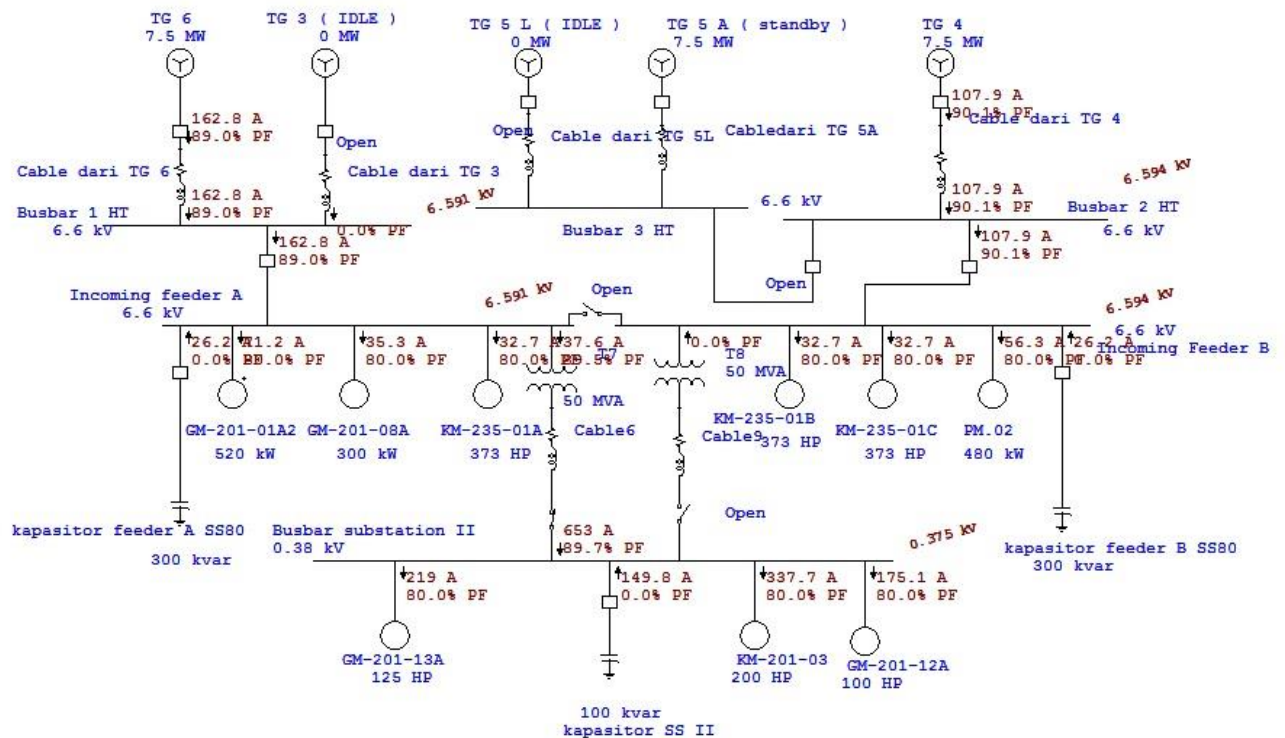
Bus Loading Summary Report

Bus			Directly Connected Load								Total Bus Load			
			Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic		MVA	% PF	Amp	Percent Loading
ID	kV	Rated Amp	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar				
Bus8	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	1.390	80.0	121.6	
Bus22	0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	
Bus24	0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	0.482	79.9	733.5	
Bus26	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	2.074	80.0	181.4	
Bus27	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	
Busbar 1 HT	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	2.071	80.0	181.4	
Busbar 2 HT	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	1.389	80.0	121.6	
Busbar substation II	0.380		0.380	0.285	0	0	0	0	0	0	0.475	80.0	733.5	
Incoming feeder A	6.600		1.271	0.953	0	0	0	0	0	0	2.071	80.0	181.4	
Incoming Feeder B	6.600		1.111	0.833	0	0	0	0	0	0	1.389	80.0	121.6	

* Indicates operating load of a bus exceeds the bus critical limit (100.0% of the Continuous Ampere rating).
Indicates operating load of a bus exceeds the bus marginal limit (95.0% of the Continuous Ampere rating).

Gambar 4.8 Data *report bus loading* simulasi Etap 12.6 pada *substation 80* dan *substation II* sebelum dilakukan pemasangan kapasitor bank

- b. Simulasi etap 12.6 perbaikan *losses* jaringan listrik dan faktor daya pada *substation 80* dan *substation II* setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank dengan kondisi *substation II* mendapat suplai daya dari *incoming feeder A* :



Gambar 4.9 Simulasi etap 12.6 kondisi *substation II* di suplai daya dari *Incoming feeder A* setelah dipasang kapasitor bank.

Dari simulasi distribusi tenaga listrik dari *power plant 1* ke beban motor pada *substation 80* dan *substation II* setelah melakukan pemasangan kapasitor bank dengan kondisi *substation II* mendapat suplai daya dari *incoming feeder A* diperoleh data sebagai berikut :

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Cable dari TG 4	1.112	0.534	-1.111	-0.534	0.9	0.6	100.0	99.9	0.09
T8	0.000	0.000	0.000	0.000			99.9	99.9	
Cable6	0.384	0.191	-0.380	-0.188	4.0	3.7	99.8	98.6	1.21
T7	-0.384	-0.191	0.384	0.192	0.0	0.2	99.8	99.9	0.03
Cable dari TG 6	1.657	0.847	-1.655	-0.846	2.1	1.4	100.0	99.9	0.14
Cable dari TG 3	0.000	0.000	0.000	0.000			99.9	99.9	0.00
					7.0	6.0			

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	MW	Mvar	MVA	% PF
Source (Swing Buses):	2.769	1.382	3.095	89.48 Lagging
Source (Non-Swing Buses):	0.000	0.000	0.000	
Total Demand:	2.769	1.382	3.095	89.48 Lagging
Total Motor Load:	2.762	2.072	3.453	80.00 Lagging
Total Static Load:	0.000	-0.696	0.696	0.00 Lagging
Total Constant I Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Generic Load:	0.000	0.000	0.000	
Apparent Losses:	0.007	0.006		
System Mismatch:	0.000	0.000		
Number of Iterations:	2			

Gambar 4.10 Data *report* simulasi Etap 12.6 pada *substation 80* dan *substation II* setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank.

Berikut *report bus loading* sesudah pemasangan kapasitor bank dengan simulasi etap 12.6 dalam kondisi *substation II* mendapat suplai daya dari *incoming feeder A*. Dari sini dapat dilihat nilai $\cos \phi$ pada tiap *busbar* .

Bus Loading Summary Report

Bus			Directly Connected Load								Total Bus Load			
			Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic		MVA	% PF	Amp	Percent Loading
ID	kV	Rated Amp	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar				
Bus8	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	1.234	90.1	107.9	
Bus22	0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	
Bus24	0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	0.429	89.5	653.0	
Bus26	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	1.861	89.0	162.8	
Bus27	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	
Busbar 1 HT	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	1.859	89.0	162.8	
Busbar 2 HT	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	1.233	90.1	107.9	
Busbar substation II	0.380		0.380	0.285	0	-0.097	0	0	0	0	0.475	80.0	731.8	
Incoming feeder A	6.600		1.271	0.953	0	-0.299	0	0	0	0	2.013	82.2	176.3	
Incoming Feeder B	6.600		1.111	0.833	0	-0.299	0	0	0	0	1.389	80.0	121.6	

* Indicates operating load of a bus exceeds the bus critical limit (100.0% of the Continuous Ampere rating).

Indicates operating load of a bus exceeds the bus marginal limit (95.0% of the Continuous Ampere rating).

Gambar 4.11 Data *report bus loading* simulasi Etap 12.6 pada *substation 80* dan *substation II* sebelum dilakukan pemasangan kapasitor bank

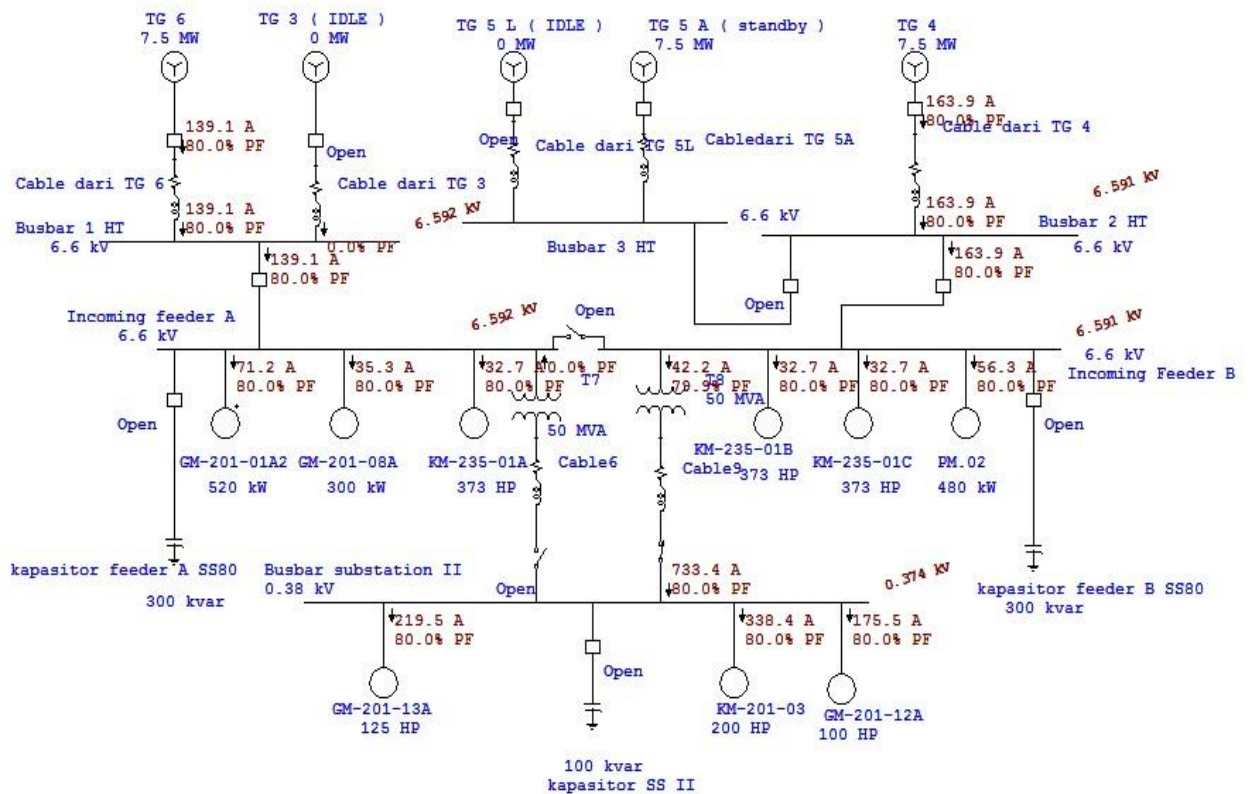
Dari data *report* simulasi etap 12.6 dari pembangkit *power plant I* menuju beban motor pada *substation 80* dan *substation II* dengan kondisi *substation II* mendapat suplai daya dari *incoming feeder A substation 80* dapat kita lihat perbandingan angka *losses* dan faktor dayanya sebagai berikut :

Tabel 4.7 Data perbandingan *losses* dan faktor daya pada saat sebelum dan sesudah melakukan pemaangan *capasitor bank*

No	Status	Losses		% Pf total
		KW	kVar	
1	Sebelum pemasangan kapasitor bank	8.8	7.5	79.99
2	Sesudah pemasangan kapasitor bank	7.0	6.0	89.48

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan kapasitor bank pada *substation 80* dan *substation II* dengan kondisi *substation II* mendapat suplai daya dari *incoming feeder A substation 80* dapat mengurangi angka *losses* dengan daya aktif sebesar 1,8 kW dan daya reaktif sebesar 1,5 kVar dengan peningkatan faktor daya total dari 0,79 pf menjadi 0,89 pf.

- c. Simulasi etap 12.6 perbaikan *losses* jaringan listrik dan faktor daya pada *substation 80* dan *substation II* sebelum penggunaan kapasitor bank dengan kondisi *substation II* mendapat suplai daya dari *incoming feeder B* :



Gambar 4.12 simulasi etap 12.6 kondisi *substation II* di suplai daya dari *Incoming feeder B* sebelum dipasang kapasitor bank.

Dari simulasi etap 12.6 sebelum dilakukan pemasangan kapasitor bank didapatkan data dari hasil *report* etap 12.6 sebagai berikut :

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Cable dari TG 4	1.498	1.125	-1.496	-1.123	2.1	1.5	100.0	99.9	0.14
Cable9	0.385	0.290	-0.380	-0.285	5.0	4.6	99.8	98.4	1.41
T8	-0.385	-0.290	0.385	0.290	0.0	0.3	99.8	99.9	0.04
T7	0.000	0.000	0.000	0.000			99.9	99.9	0.00
Cable dari TG 6	1.273	0.954	-1.271	-0.953	1.5	1.1	100.0	99.9	0.12
Cable dari TG 3	0.000	0.000	0.000	0.000			99.9	99.9	0.00
					8.7	7.5			

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	MW	Mvar	MVA	% PF
Source (Swing Buses):	2.771	2.079	3.464	79.99 Lagging
Source (Non-Swing Buses):	0.000	0.000	0.000	
Total Demand:	2.771	2.079	3.464	79.99 Lagging
Total Motor Load:	2.762	2.072	3.453	80.00 Lagging
Total Static Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Constant I Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Generic Load:	0.000	0.000	0.000	
Apparent Losses:	0.009	0.007		
System Mismatch:	0.000	0.000		

Number of Iterations: 2

Gambar 4.13 Data *report bus loading* simulasi Etap 12.6 pada *substation 80* dan *substation II* setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank.

Berikut *report bus loading* sebelum pemasangan kapasitor bank dengan simulasi etap 12.6 dalam kondisi *substation II* mendapat suplai daya dari *incoming feeder B*. Dari sini dapat dilihat nilai $\cos \phi$ pada tiap *busbar* .

Bus Loading Summary Report

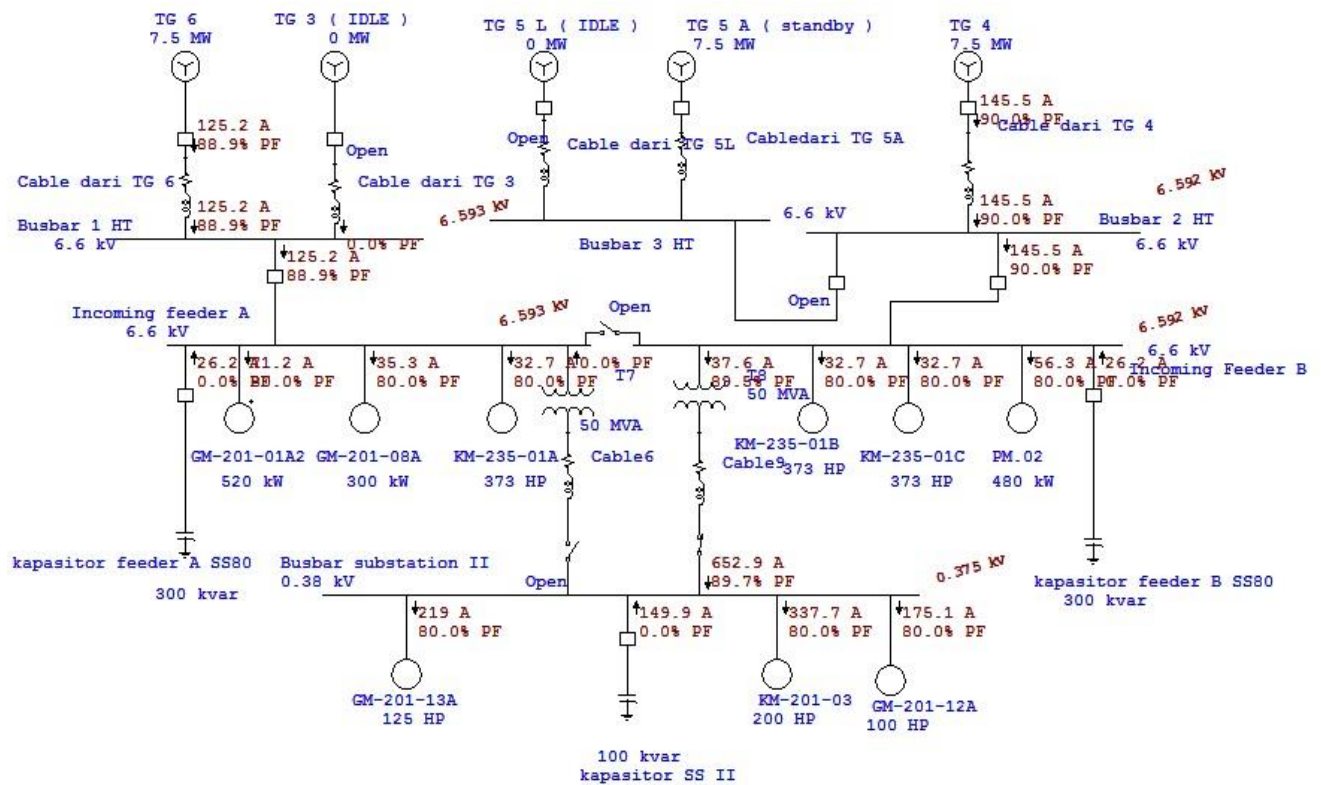
Bus			Directly Connected Load								Total Bus Load			
			Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic		MVA	% PF	Amp	Percent Loading
ID	kV	Rated Amp	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar				
Bus8	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	1.873	80.0	163.9	
Bus22	0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	0.482	79.9	733.4	
Bus24	0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	
Bus26	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	1.591	80.0	139.1	
Bus27	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	
Busbar 1 HT	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	1.589	80.0	139.1	
Busbar 2 HT	6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	1.871	80.0	163.9	
Busbar substation II	0.380		0.380	0.285	0	0	0	0	0	0	0.475	80.0	733.4	
Incoming feeder A	6.600		1.271	0.953	0	0	0	0	0	0	1.589	80.0	139.1	
Incoming Feeder B	6.600		1.111	0.833	0	0	0	0	0	0	1.871	80.0	163.9	

* Indicates operating load of a bus exceeds the bus critical limit (100.0% of the Continuous Ampere rating).

Indicates operating load of a bus exceeds the bus marginal limit (95.0% of the Continuous Ampere rating).

Gambar 4.14 Data *report bus loading* simulasi Etap 12.6 pada *substation 80* dan *substation II* sebelum dilakukan pemasangan kapasitor bank.

- d. Simulasi etap 12.6 perbaikan *losses* jaringan listrik dan faktor daya pada *substation 80* dan *substation II* setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank dengan kondisi *substation II* mendapat suplai daya dari *incoming feeder B* :



Gambar 4.12 simulasi etap 12.6 kondisi *substation II* di suplai daya dari *Incoming feeder B* setelah dipasang kapasitor bank.

Dari simulasi etap 12.6 perbaikan *losses* jaringan listrik setelah melakukan pemasangan kapasitor bank didapatkan data sebagai berikut :

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Cable dari TG 4	1.497	0.727	-1.495	-0.726	1.7	1.2	100.0	99.9	0.12
Cable9	0.384	0.191	-0.380	-0.188	4.0	3.7	99.9	98.6	1.21
T8	-0.384	-0.191	0.384	0.192	0.0	0.2	99.9	99.9	0.03
T7	0.000	0.000	0.000	0.000			99.9	99.9	0.00
Cable dari TG 6	1.272	0.655	-1.271	-0.654	1.2	0.9	100.0	99.9	0.11
Cable dari TG 3	0.000	0.000	0.000	0.000			99.9	99.9	
					6.9	5.9			

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	MW	Mvar	MVA	% PF
Source (Swing Buses):	2.769	1.382	3.094	89.48 Lagging
Source (Non-Swing Buses):	0.000	0.000	0.000	
Total Demand:	2.769	1.382	3.094	89.48 Lagging
Total Motor Load:	2.762	2.072	3.453	80.00 Lagging
Total Static Load:	0.000	-0.696	0.696	0.00 Lagging
Total Constant I Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Generic Load:	0.000	0.000	0.000	
Apparent Losses:	0.007	0.006		
System Mismatch:	0.000	0.000		

Number of Iterations: 2

Gambar 4.13 Data *report* simulasi Etap 12.6 pada *incoming feeder B* setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank.

Berikut *report bus loading* sesudah pemasangan kapasitor bank dengan simulasi etap 12.6 dalam kondisi *substation II* mendapat suplai daya dari *incoming feeder B*. Dari sini dapat dilihat nilai $\cos \phi$ pada tiap *busbar* .

Bus Loading Summary Report

Bus	Directly Connected Load										Total Bus Load				
	ID	kV	Rated Amp	Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic		MVA	% PF	Amp	Percent Loading
				MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar				
Bus8		6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	1.664	90.0	145.5	
Bus22		0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	0.429	89.5	652.9	
Bus24		0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	
Bus26		6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	1.431	88.9	125.2	
Bus27		6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	
Busbar 1 HT		6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	1.429	88.9	125.2	
Busbar 2 HT		6.600		0	0	0	0	0	0	0	0	1.662	90.0	145.5	
Busbar substation II		0.380		0.380	0.285	0	-0.097	0	0	0	0	0.475	80.0	731.7	
Incoming feeder A		6.600		1.271	0.953	0	-0.299	0	0	0	0	1.589	80.0	139.1	
Incoming Feeder B		6.600		1.111	0.833	0	-0.299	0	0	0	0	1.813	82.5	158.7	

* Indicates operating load of a bus exceeds the bus critical limit (100.0% of the Continuous Ampere rating).
Indicates operating load of a bus exceeds the bus marginal limit (95.0% of the Continuous Ampere rating).

Gambar 4.15 Data *report bus loading* simulasi Etap 12.6 pada *substation 80* dan *substation II* sebelum dilakukan pemasangan kapasitor bank.

Dari data *report* simulasi etap 12.6 dari pembangkit *power plant I* menuju beban motor pada *substation 80* dan *substation II* dengan kondisi *substation II* mendapat suplai daya dari *incoming feeder B substation 80* dapat kita lihat perbandingan angka *losses* dan faktor dayanya sebagai berikut:

Tabel 4.8 Data perbandingan *losses* dan faktor daya pada saat sebelum dan sesudah melakukan pemaangan kapasitor bank

No	Status	Losses		% Pf total
		KW	kVar	
1	Sebelum pemasangan capasitor bank	8.7	7.5	79.96
2	Setelah pemasangan capasitor bank	6.9	5.9	83.86

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan kapasitor bank pada *substation 80* dan *substation II* dengan kondisi *substation II* mendapat suplai daya dari *incoming feeder B substation 80* dapat mengurangi angka *Losses* dengan daya aktif sebesar 1.8 kW dan daya reaktif sebesar 1.6 kVar dengan peningkatan faktor daya total dari 0,79 pf menjadi 0,83 pf .

