

PENGGUNAAN KAPASITOR BANK PADA GARDU INDUK 275 KV / 33 KV (APLIKASI PT INDONESIA ASAHAN ALUMINIUM)

Yusmartato, Ramayulis Nasution, Armansyah

Program Studi, Teknik Elektro, Fakultas Teknik UISU
yusmartato@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Dengan semakin majunya teknologi dalam produksi dan dikehendakinya persyaratan yang lebih akurat dari hasil kerja, maka keperluan energi dalam penyaluran tenaga listrik semakin hari semakin meningkat. Oleh karena itu sistem penyaluran tenaga dari sisi pembangkit ke sisi beban (konsumen) ada kalanya mengalami penurunan daya atau turunnya harga faktor daya dari sistem, apalagi pusat-pusat listrik yang disebut sentral listrik (Electric Power Station) terutama yang menggunakan tenaga air biasanya jauh dari tempat-tempat dimana tenaga listrik tersebut digunakan. Untuk menghindari efek negatif (rugi-rugi), maka bermacam usaha dilakukan dalam mengurangi penurunan atau kehilangan daya. Salah satu usaha dapat memperkecil turunnya harga faktor daya yaitu memperbaiki atau mengurangi kebutuhan daya reaktif dengan cara memasang kapasitor terhubung paralel dengan sistem tersebut. Dalam penulisan Tugas Skripsi ini berbagai objek penelitian diambil dari harga kebutuhan kapasitor pada pusat beban pabrik peleburan PT Indonesia Asahan Aluminium di Kuala Tanjung. Dimana pada Gardu Induk Kuala Tanjung, kapasitor bank tersebut dapat menyerap daya reaktif sebesar ± 30 MVAR, memperbaiki $\cos \phi$ dari 0,956 menjadi 0,99645 dan mengurangi jatuh tegangan sebesar 3 kV.

Kata-Kata Kunci : *Kapasitor Bank, Gardu Induk, Daya,*

I. Pendahuluan

Tenaga listrik sangat berguna karena merupakan salah satu sumber tenaga yang dapat dengan mudah ditransportasikan atau disalurkan. Melihat perkembangan pemakaian energi listrik akhir-akhir ini demikian pesat dan menguntungkan, juga kemajuan teknologi yang terus meningkat mendorong para ahli untuk mencari sumber-sumber energi pembangkit tenaga listrik yang mudah dan efisien.

Pusat-pusat listrik yang disebut Electric Power Station terutama yang menggunakan tenaga air, biasa jauh dari tempat-tempat dimana tenaga listrik tersebut digunakan. Oleh karena itu tenaga listrik dari pembangkit haruslah disalurkan melalui kawat-kawat atau saluran-saluran transmisi ke pusat beban (*Load Centre*) melalui saluran penghubung seperti Gardu Induk (*Substation*).

Adapun sistem penyaluran tenaga listrik mulai dari pembangkit, jaringan transmisi, jaringan distribusi sampai pada sambungan konsumen memerlukan sistem pembangkit yang dapat menjaga keseimbangan antara kapasitas yang tersedia dengan kebutuhan beban. Salah satu faktor yang menyebabkan sistem tenaga listrik terganggu atau tidak efisiensi karena adanya kehilangan daya atau rugi-rugi. Rugi-rugi ini pada dasarnya disebabkan oleh beban-beban induktif yang terhubung kedalam sistem. Oleh karena itu untuk menghindari efek negatif maka berbagai usaha dilakukan untuk memperkecil rugi-rugi daya yang tidak mengurangi pembebanan yaitu memasang kapasitor. Karena pada dasarnya kapasitor berfungsi memperbaiki faktor daya dengan memperkecil daya reaktif dari sistem tenaga listrik.

1.1. Tujuan Penulisan

Hilangnya daya seperti yang dikemukakan sebelumnya disebabkan oleh menurunnya faktor daya ($\cos \phi$). Menurunnya faktor daya ini adalah akibat kebutuhan daya reaktif (VAR) yang meningkat. Kebutuhan daya reaktif yang cukup besar pada satu daerah menyebabkannya turunnya tegangan pada daerah tersebut.

Masalah rendahnya faktor daya dalam sistem secara teknis akan merusak keandalan sistem dan secara ekonomis akan menimbulkan pemborosan energi yang selanjutnya akan memperbesar biaya pengoperasian sistem. Akhirnya akan memperbesar investasi karena rugi-rugi daya termasuk modal yang diinvestasikan dalam pengadaan sistem.

1.2. Batasan Masalah

Pada tulisan ini pembahasan untuk memperkecil faktor daya dititik beratkan pada pusat beban (*load centre*) yaitu bagaimana dan apa hubungan dari pengaruh daya reaktif dengan beban-beban induktif. Untuk pembahasan tentang analisa kebutuhan kapasitor pada pusat beban penulis hanya membahas penggunaan dari kapasitor shunt secara teknis. Sebagai aplikasinya pada PT Indonesia Asahan Aluminium untuk keperluan pabrik peleburan yang membutuhkan energi listrik yang stabil.

II. Tinjauan Pustaka

2.1 Kapasitor

Kapasitor tegangan tinggi adalah peralatan yang banyak digunakan pada instalasi tegangan tinggi. Kapasitor dapat diklasifikasi menurut penggunaannya, yaitu kapasitor sistem tenaga listrik,

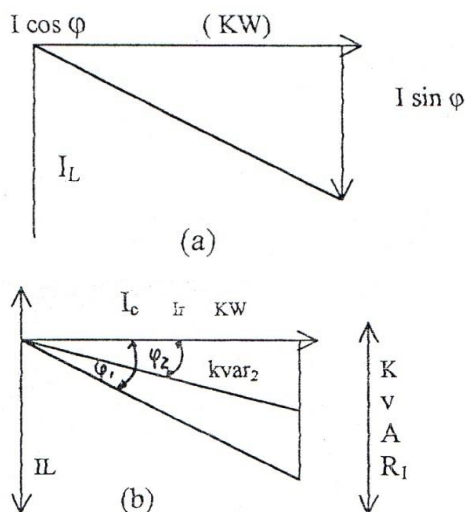
kapasitor laboratorium tegangan tinggi dan kapasitor pembangkit frekuensi tinggi.

Jenis kapasitor yang digunakan pada sistim tenaga listrik adalah:

1. Kapasitor daya frekuensi 50 atau 60 Hz. Kapasitor ini ada tiga jenis yaitu: kapasitor shunt, seri dan penyalap. Kapasitor shunt digunakan untuk kompensasi beban induktif dan untuk pengaturan tegangan ujung transmisi. Kapasitor seri digunakan pada transmisi daya yang sangat panjang untuk mengkompensasi reaktansi induktif transmisi. Kapasitor penyalap digunakan untuk menyalap daya dari jaringan tegangan tinggi untuk keperluan daya yang tidak begitu besar.
2. Kapasitor gandeng, yaitu kapasitor yang digunakan untuk pembawa sinyal komunikasi antar gardu induk atau antar pusat pembangkit.
3. Kapasitor pembagi tegangan, yaitu kapasitor yang digunakan untuk pengukuran tegangan transmisi dan rel daya.
4. Kapasitor filter, kapasitor yang digunakan untuk konverter, terutama pada sistem transmisi arus searah.
5. Kapasitor perata, yaitu kapasitor yang digunakan untuk meratakan distribusi tegangan pada peralatan tegangan tinggi seperti pada pemutus daya.

2.2 Perbaikan Cos φ Dengan Daya Beban Tetap

Salah satu jalan untuk memperkecil sudut φ dengan daya aktif tetap dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbaikan cos φ Dengan Daya Aktif Tetap

Pada Gambar 1.a dapat diperoleh suatu persamaan:

$$\cos \phi = \frac{\text{Daya aktif}}{\text{Daya nyata}}$$

$$\cos \phi = \frac{kW}{kVA}$$

$$kVAR = kVA \cdot \sin \phi$$

$$\tan \phi = \frac{kVAR}{kW}$$

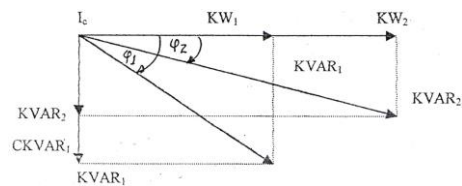
atau

$$kVAR = kW \cdot \tan \phi$$

Sedangkan pada Gambar 2.8.b diperoleh:

sudut $\phi_2 < \phi_1$ maka $\tan \phi_2 > \phi_1$ jadi $kVAR_2 < kVAR_1$

2.3 Perbaikan Cos φ Dengan Daya Semu Tetap



Gambar 2. Perbaikan Cos φ Dengan kVA Pembangkit Tetap

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa $\phi_2 < \phi_1$ maka:

$$\cos \phi_1 = \frac{kW_1}{kVA_1} \quad 23$$

$$\sin \phi_1 = \frac{kW_1}{kVA_1}$$

$$P = S \cos \phi_1$$

$$kVAR = kVA \sin \phi_1$$

$$\cos \phi_2 = \frac{kW_2}{kVA_2}$$

$$\sin \phi_2 = \frac{kW_2}{kVA_2}$$

$$P = S \cos \phi_2$$

$$kVAR = kVA \sin \phi_2$$

Maka $kVA_1 = kVA_2$ dan $\cos \phi_2 < \cos \phi_1$ dan $kW_2 = kW_1$

Jadi kVA pembangkit tetap akan diperoleh faktor daya yang kecil

$$CkVAR = kVA \sin \phi_1 - kVA \sin \phi_2$$

$$= kVA (\sin \phi_1 - \sin \phi_2)$$

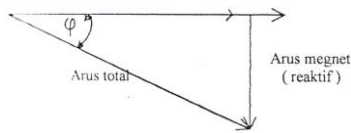
2.4 Arus Aktif Dan Reaktif

Beban-belan induktif seperti motor-motor induktif, transformator, elemen pemanas dan lampu TL, menghendaki dua jenis arus yaitu:

- Arus magnet (arus reaktif).
- Arus penghasil (arus aktif).

Arus magnet dapat dikenal sebagai pembangun fluks pada medan magnet dari induktif. Tanpa arus magnet, energi listrik tidak bisa mengalir pada transformator atau melindungi celah udara dari motor-motor induksi. Untuk kedua komponen arus ini dapat ditunjukkan dengan arah panah pada 90⁰ untuk masing-masing:

Daya pembangkit arus E



Gambar 3. Arus Komponen dalam AC Beban Induktif

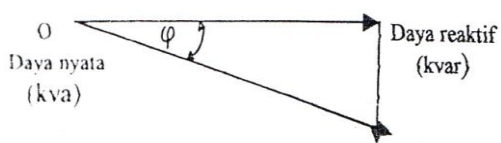
Arus total dapat ditentukan dari ekspresi:

$$(\text{Arus total})^2 = (\text{Arus aktif})^2 + (\text{Arus reaktif})^2$$

Pada batas tegangan yang biasa, kVA dan kW sebanding dengan arus yaitu:

$$(\text{kVA})^2 = (\text{kW})^2 + (\text{kVAR})^2$$

Sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Segitiga Daya Pada Arus Komponen

2.5 Ruang Lingkup PT INALUM

PT INALUM adalah sebuah perusahaan yang didirikan pada tanggal 6 Januari 1976 yang terdiri dari PLTA Sungai Asahan di Paritohan, Kecamatan Pintu Pohan Meranti, Kabupaten Toba Samosir dan pabrik peleburan aluminium di Kuala Tanjung, Kecamatan Sei Suka, Kabupaten Batu Bara beserta seluruh prasarana yang diperlukan untuk kedua proyek.

Pabrik Peleburan

A Pabrik Karbon

Bagian karbon memproduksi balok-balok anoda karbon yang akan digunakan pada tungku-tungku reduksi dan terdiri dari 3 bagian yaitu: bagian karbon mentah, bagian pemanggang anoda, dan bagian pencetakan. Di bagian karbon mentah, bahan baku kokas dan pitch keras diaduk dan dibentuk menjadi balok-balok anoda mentah kemudian dibawa ke bagian pemanggang anoda dimana 106 tungku panggang tipe Riedhammer tertutup berada, yang bertujuan untuk memanggang anoda sampai temperatur 1225 °C. Balok-balok anoda panggang kemudian dipindahkan ke bagian penangkaian untuk diberi tangkai yang berfungsi sebagai lintasan arus pada tungku reduksi. Puntung balok anoda dari tungku reduksi kemudian diolah dan digunakan kembali untuk memproduksi balok karbon mentah.

B Pabrik Reduksi

Unit reduksi terdiri dari 3 gedung yang masing-masing dipasang 170 tungku tipe anoda pra panggang (*Prebaked Anode Furnace*) dengan desain 190 kA, dengan lisensi dari Sumitomo Aluminium Smelting Co., Ltd. Total kapasitas desain produksi adalah 250.000 ton aluminium pertahun dari 510 tungku yang terpasang. Pada tungku reduksi, bahan baku alumina (Al₂O₃) dilebur dengan proses elektrolisa menjadi cairan aluminium.

C Pabrik Penuangan

Aluminium cair dari tungku reduksi diangkut ke bagian penuangan dan setelah dimurnikan lebih lanjut dalam tungku-tungku penampung, dibentuk menjadi aluminium batangan (ingot) yang beratnya masing-masing 50 pon (± 22,7 kg) dan merupakan produk akhir PT INALUM yang dipasarkan di dalam dan ke luar negeri. Di sini terdapat 10 buah tungku penampung yang masing-masing berkapasitas 30 ton dan 7 unit mesin pencetak ingot.

III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penggunaan Kapasitor Bank Pada Gardu Induk 275 kV / 33 kV PT Indonesia Asahan Aluminium

Sebelum didistribusikan ke tiga gedung tungku reduksi dan gedung penunjang lainnya, tegangan 275 kV diturunkan menjadi 33 kV menggunakan transformator daya yang terdiri dari 4 Unit, dengan kapasitas masing-masing sebagai berikut :

- Transformator Daya No. 1 dan 2 : 230 MVA
- Transformator Daya No. 3 dan 4 : 182 MVA

Pada transformator daya 1 & 2 dipasang masing-masing 4 unit kapasitor bank, Pada transformator daya 3 & 4 dipasang masing-masing 3 unit kapasitor bank.

Kapasitor bank adalah sekumpulan peralatan yang berfungsi untuk memperbaiki faktor daya yang terdiri dari:

A. Kapasitor Shunt

Kapasitor shunt adalah kapasitor tegangan tinggi yang diparalelkan dengan sistem tepatnya diletakkan pada sisi sekunder transformator daya, berfungsi sebagai penyerap daya reaktif atau memperbaiki faktor daya dan mengurangi drop tegangan.

Spesifikasi dari data komponen tersebut adalah sebagai berikut:

- Merk : Nissin Electric Co., Ltd.
- Unit : 9 unit per bank
- Tegangan sistem : 33 kV
- Rating tegangan : 9,5 kV x 2
- Frekuensi : 50 Hz
- Kapasitas : 3334 kVA

B. Pembuang Muatan (*Discharge Coil*)

Peralatan ini diletakkan diantara kapasitor shunt dengan reaktor seri dimana peralatan ini

berfungsi untuk membuang seluruh muatan listrik yang tertinggal ke tanah pada saat kapasitor bank dimatikan (OFF), karena muatan listrik yang tidak terbuang akan merusak kapasitor, selain itu juga untuk keperluan pemeliharaan peralatan (inspeksi).

Spesifikasi dari data komponen tersebut adalah sebagai berikut:

- Merk : Nissin Electric Co., Ltd.
- Unit : 3 unit per bank
- Tegangan sistem : 33 kV
- Rating tegangan : 9,5 kV x 2
- Frekuensi : 50 Hz
- Kapasitas : 10 MVA

C. Reaktor Seri

Reaktor seri adalah reaktor yang diserikan terhadap kapasitor dan pembuang muatan (discharge coil), berfungsi sebagai filter/perata tegangan pada saat kapasitor bank dinyalakan (ON) dimana tegangan yang terlalu tinggi dapat merusak kapasitor.

Spesifikasi dari data komponen tersebut adalah sebagai berikut:

- Merk : Nissin Electric Co., Ltd.
- Unit : 1 unit per bank
- Tegangan sistem : 33 kV
- Rating tegangan : 9,5 kV x 2
- Frekuensi : 50 Hz
- Kapasitas : 1,8 kVA

3.2 Perbaikan Faktor Daya

- Sebelum kapasitor bank dinyalakan:

$$P_1 = 134,8 \text{ MW}$$

$$\text{Cos } \varphi_1 = 0,956$$

$$\text{maka sudut } \varphi_1 = 17,1^\circ$$

Penyelesaian:

$$S_1 = \frac{P_1}{\text{Cos } \varphi_1}$$

$$= \frac{134,8}{0,956}$$

$$= 141 \text{ MVA}$$

$$Q_1 = S_1 \cdot \text{Sin } \varphi_1$$

$$= 141 \times \text{Sin } 17,1^\circ$$

$$= 41,4 \text{ MVAR}$$

- Sesudah kapasitor bank dinyalakan:

$$P_2 = 134,8 \text{ MW}$$

$$\text{Cos } \varphi_2 = 0,99645$$

$$\text{maka sudut } \varphi_2 = 4,83^\circ$$

Penyelesaian:

$$S_2 = \frac{P_2}{\text{Cos } \varphi_2}$$

$$= \frac{134,8}{0,99645}$$

$$= 135,28 \text{ MVA}$$

$$Q_2 = S_2 \cdot \text{Sin } \varphi_2$$

$$= 135,28 \times \text{Sin } 4,83^\circ$$

$$= 11,4 \text{ MVAR}$$

Dari data di atas dapat dihitung bahwa kapasitor bank dapat menyerap daya reaktif sebesar:

$$Q_s = Q_1 - Q_2 = 41,4 - 11,4 = 30 \text{ MVAR}$$

Mengurangi Drop Tegangan

- Tegangan sebelum Kapasitor dinyalakan (V_1) = 271,0 kV

- Tegangan sesudah Kapasitor dinyalakan (V_2) = 274,0 kV

Dari data di atas dapat dihitung bahwa kapasitor bank dapat mengurangi jatuh tegangan sebesar:

$$V_T = V_2 - V_1 = 274 - 271 = 3 \text{ kV}$$

3.3 Distribusi dan Aliran Daya di Gardu Induk Kuala Tanjung

- Aliran daya pada transmisi A (bus A)

Dimana :

$$V = 274 \text{ kV}$$

$$I = 0,17 \text{ kA}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,99$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 1,73 \times 274 \times 0,17 \times 0,99 = 79,78 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Sin } \varphi$$

$$= 1,73 \times 274 \times 0,17 \times 0,14 = 11,28 \text{ MVAR}$$

Untuk transmisi B (bus b) dayanya = daya bus A

- Aliran daya yang disalurkan dari PLN

Dimana :

$$V = 272 \text{ kV}$$

$$I = 0,17 \text{ kA}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,9$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 1,73 \times 273 \times 0,17 \times 0,9$$

$$= 72,26 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Sin } \varphi$$

$$= 1,73 \times 273 \times 0,17 \times 0,43$$

$$= 34,52 \text{ MVAR}$$

- Aliran daya pada MTR

Aliran daya pada MTR 1

1. Sisi primer

Dimana :

$$V = 274 \text{ kV}$$

$$I = 0,34 \text{ kA}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,99$$

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \\ &= 1,73 \times 274 \times 0,34 \times 0,99 \\ &= 159,55 \text{ MW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi \\ &= 1,73 \times 274 \times 0,34 \times 0,14 \\ &= 22,56 \text{ MVAR} \end{aligned}$$

2. Sisi sekunder

Dimana :

$$V = 33,3 \text{ kV}$$

$$I = 2,89 \text{ kA}$$

$$\cos \varphi = 0,99$$

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \\ &= 1,73 \times 33,3 \times 2,89 \times 0,99 \\ &= 164,82 \text{ MW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi \\ &= 1,73 \times 33,3 \times 2,89 \times 0,14 \\ &= 23,31 \text{ MVAR} \end{aligned}$$

• Aliran daya pada MTR 3

Sisi Primer

Di mana :

$$V = 274 \text{ kV}$$

$$I = 0,26 \text{ kA}$$

$$\cos \varphi = 0,99$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi = 122,01 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi = 17,25 \text{ MVAR}$$

Sisi Sekunder

Di mana :

$$V = 33,2 \text{ kV}$$

$$I = 2,39 \text{ kA}$$

$$\cos \varphi = 0,99$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi = 135,89 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi = 19,22 \text{ MVAR}$$

• Aliran daya pada MTR 4

Sisi Primer

Di mana :

$$V = 274 \text{ kV}$$

$$I = 0,31 \text{ kA}$$

$$\cos \varphi = 0,99$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi = 145,47 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi = 20,57 \text{ MVAR}$$

Sisi Sekunder

Di mana :

$$V = 33,1 \text{ kV}$$

$$I = 2,43 \text{ kA}$$

$$\cos \varphi = 0,99$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi = 137,76 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi = 19,48 \text{ MVAR}$$

• Aliran daya pada LVR

Aliran Daya pada LVR 1

Sisi Primer

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi = 136,16 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi = 65,05 \text{ MVAR}$$

Sisi Sekunder

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi = 137,56 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi = 65,72 \text{ MVAR}$$

• Aliran Daya pada LVR 3

Sisi Primer

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi = 133,59 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi = 63,83 \text{ MVAR}$$

Sisi Sekunder

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi = 135,15 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi = 64,57 \text{ MVAR}$$

• Aliran Daya pada LVR 4

Sisi Primer

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi = 136,16 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi = 65,05 \text{ MVAR}$$

Sisi Sekunder

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi = 133,12 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi = 63,60 \text{ MVAR}$$

• Aliran Daya pada PPTR 1

Sisi Primer

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi = 23,99 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi = 14,96 \text{ MVAR}$$

Sisi Sekunder

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi = 12,58 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi = 7,85 \text{ MVAR}$$

IV. Kesimpulan

Dari hasil penjelasan dan penyelesaian data, dapat disimpulkan:

1. Kapasitor dipasang untuk memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis. Kegunaan dari kapasitor bank adalah: Mengurangi drop tegangan pada sisi penerima beban. Menyerap daya reaktif atau memperbaiki faktor daya untuk keperluan beban.
2. Pemeliharaan Kapasitor Bank pada Gardu Induk Kuala Tanjung dilakukan secara berkala sesuai dengan jadwal pemeliharaannya.
3. Dalam menjalankan Kapasitor Bank pada pusat beban khususnya pabrik peleburan, maka terjadi penghematan daya dengan diserapnya daya reaktif sebesar ± 30 MVAR dan juga menaikkan $\cos \varphi$.

Daftar Pustaka

- [1] Abdul Kadir, 1998, *Transmisi Tenaga Listrik*, penerbit Universitas Indonesia, cetakan pertama, Jakarta.
- [2] Arismunandar, A, 1973, *Teknik Tenaga Listrik*, Jilid III, PT. Pradya Paramita, Jakarta.
- [3] Gonen. T, 1986, *Electrical Power Distribution System Engineering*, East Pittsburgh, Pa.
- [4] *Hand Book Smelter Electrical Substation (SES)*, PT INALUM, Indonesia, 1981.
- [5] Sumitomo CORP, *Maintenance For Kuala Tanjung Substation*, PT. INALUM, Indonesia
- [6] Tobing, Bonggas L., 2003, *Peralatan Tegangan Tinggi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

