



## Analisis Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Besaran Listrik di Gedung World Trade Centre Jakarta

Muhammad Rivaldi Agustian<sup>1\*</sup>, Edy Sumarno<sup>2</sup>, Kartika Sekarsari<sup>3</sup>, Sunardi<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: [mrivaldiagustian@gmail.com](mailto:mrivaldiagustian@gmail.com)

**Abstract.** High-rise buildings such as the World Trade Center Jakarta generally have high inductive electrical loads, so that their reactive power consumption is large and the power factor decreases below the SPLN standard ( $\leq 0.85$ ), resulting in increased power losses and operational costs. This study aims to measure the power factor value before and after repairing the detuned reactor and capacitor on the capacitor bank panel, compare the results of field measurements with ETAP simulations, and assess the feasibility of the installed capacitor bank and determine the difference in the results of the ETAP simulation between measurements and load calculations on the World Trade Center building. The methods used include literature review, field observations on the LVMDP panel, MCC and capacitor bank, discussions with supervisors, data collection of current, voltage, kW, kVAR, kVA and  $\cos \phi$  using Lovato DCRG8 and ampere clamp, and load simulation using ETAP software. The results show that the  $\cos \phi$  value increased from 0.70 to 0.95 (an increase of 35.71%), the compensated reactive power reached 204 kVAR (Lovato), 282.6 kVAR (tang ampere), and 415 kVAR (ETAP simulation), with a power factor or  $\cos \phi = 0.95$ . In conclusion, the replacement of detuned reactors and capacitors effectively improves the power factor in the WTC Jakarta Building, reduces reactive loads, and the ETAP simulation results are consistent with field measurements, so that the capacitor bank installed in the WTC building is declared effective in reducing reactive currents, thereby reducing kVAR, kVA loads and improving the efficiency of the electrical system distribution for better energy management.

**Keywords:** Capacitor; Detuned Reactor; Electrical Energy; ETAP; Power Factor

**Abstrak.** Gedung-gedung bertingkat tinggi seperti World Trade Centre Jakarta umumnya memiliki beban listrik induktif yang tinggi, sehingga konsumsi daya reaktifnya besar dan faktor daya menurun di bawah standar SPLN ( $\leq 0,85$ ), berdampak pada peningkatan rugi-rugi daya dan biaya operasional. Penelitian ini bertujuan mengukur nilai faktor daya sebelum dan sesudah perbaikan detuned reactor dan kapasitor pada panel kapasitor bank, membandingkan hasil pengukuran lapangan dengan simulasi ETAP, dan menilai kelayakan kapasitor bank yang terpasang serta mengetahui hasil selisih simulasi ETAP antara pengukuran dan perhitungan beban pada gedung World Trade Centre. Metode yang digunakan meliputi kajian pustaka, observasi lapangan di panel LVMDP, MCC dan kapasitor bank, diskusi dengan pembimbing, pengumpulan data arus, tegangan, kW, kVAR, kVA serta  $\cos \phi$  menggunakan Lovato DCRG8 dan tang ampere, serta simulasi beban menggunakan software ETAP. Hasil menunjukkan bahwa nilai  $\cos \phi$  meningkat dari 0,70 menjadi 0,95 (kenaikan 35,71%), daya reaktif yang dikompensasi mencapai 204 kVAR (Lovato), 282,6 kVAR (tang ampere), dan 415 kVAR (simulasi ETAP), dengan faktor daya atau  $\cos \phi = 0,95$ . Kesimpulannya, penggantian *detuned reactor* dan kapasitor secara efektif memperbaiki faktor daya di Gedung WTC Jakarta, mengurangi beban reaktif, serta hasil simulasi ETAP konsisten dengan pengukuran lapangan, sehingga kapasitor bank yang terpasang di gedung WTC dinyatakan efektif membuat arus reaktif berkurang sehingga menurunkan beban kVAR, kVA dan memperbaiki efisiensi distribusi sistem kelistrikan untuk pengelolaan energi yang lebih baik.

**Kata Kunci:** Detuned Reactor; Energi Listrik; ETAP; Faktor Daya; Kapasitor

### 1. LATAR BELAKANG

Dalam sistem distribusi tenaga listrik, efisiensi dan kualitas daya merupakan aspek krusial yang memengaruhi kinerja operasional serta biaya operasional suatu gedung. Gedung-gedung bertingkat tinggi seperti World Trade Centre (WTC) umumnya memiliki beban listrik yang dominan bersifat induktif, seperti motor listrik, sistem pendingin udara (HVAC), dan peralatan elektronik lainnya. Beban induktif ini menyebabkan peningkatan konsumsi daya reaktif, yang

berdampak pada penurunan faktor daya (*power factor*) yang akan berdampak memperbesar jatuh tegangan, memperbesar rugi-rugi daya, menurunkan faktor daya dan menurunkan kapasitas penyaluran daya. (Ismail, Sarma Thaha, Agus Salim, 2020).

Kualitas daya dalam sistem tenaga merupakan hal yang sangat penting dan harus diperhatikan untuk menjaga stabilitas dan kontinuitas sistem tenaga listrik dalam suatu industri. Di antara permasalahan kualitas daya yang timbul salah satunya adalah penurunan nilai *power factor* yang menyebabkan konsumsi daya menjadi berlebih. (Aulia Bagus Ar Rahmaan, 2016).

Faktor daya yang rendah tidak hanya menyebabkan pemborosan energi, tetapi juga dapat mengakibatkan denda dari penyedia listrik, seperti PLN, sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Menurut standar SPLN 70-1, nilai faktor daya minimum yang disarankan adalah 0,85. (Ilmyhanifzuhud, Sapto Nisworo, 2000). Untuk mengatasi permasalahan ini, pemasangan kapasitor bank menjadi solusi yang umum diterapkan guna memperbaiki faktor daya dengan cara mengompensasi daya reaktif yang dibutuhkan oleh beban induktif. (Parid et al., 2023).

Di era masa kini, efisiensi energi menjadi salah satu perhatian utama dalam pengelolaan sistem elektris, terutama pada bangunan komersial yang memiliki konsumsi listrik besar, seperti Gedung World Trade Centre. Beban listrik yang tinggi seringkali berakibat pada penurunan faktor daya, yang dapat berdampak pada kenaikan biaya operasional dan menurunnya kualitas daya. Sehingga, manajemen beban listrik yang efisien sangat penting untuk menjamin kelangsungan operasional serta efektivitas biaya. (Muhammad Faris Nizam, Muslimin, 2023).

## **2. KAJIAN TEORITIS**

Kapasitor bank dapat memperbaiki faktor daya untuk meningkatkan kualitas daya sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan peralatan listrik. Kapasitor Bank juga menjadi salah satu solusi yang biasa diterapkan untuk memperbaiki faktor daya dalam sistem kelistrikan. Dengan penambahan bank kapasitor, arus reaktif dapat diimbangi, yang berakibat mengurangi beban pada sistem distribusi serta meningkatkan efisiensi pemakaian energi. (Noor & Saputera, 2014).

Berbagai studi telah menunjukkan efektivitas penggunaan kapasitor bank dalam meningkatkan faktor daya dan efisiensi energi. Sebagai contoh,

Di Gedung IDB Laboratory UNESA menunjukkan bahwa pemasangan kapasitor bank sebesar 528,980 kVAR berhasil meningkatkan faktor daya dari 0,759 menjadi 0,97, serta mengurangi konsumsi daya aktif dari 1007 kW menjadi 926 kW, yang berdampak pada penghematan biaya listrik sebesar Rp18.998.625,00 per bulan. (Basudewa, 2020).

Di Synergi Building menekankan pentingnya penyesuaian kapasitas kapasitor bank dengan kondisi sistem kelistrikan untuk memastikan keandalan dan efektivitasnya. Mereka menyoroti bahwa pemasangan kapasitor bank yang sesuai dapat memperbaiki faktor daya mendekati nilai ideal antara 0,96 hingga 1, sesuai dengan standar PUIL 2000. (Zulfy Rizal Firmansyah, 2024).

Pemasangan kapasitor bank dengan nilai yang terlalu besar juga dapat mengakibatkan gelombang arus mendahului tegangan sehingga timbul kerugian daya, maka dari itu sangat penting untuk menentukan nilai kapasitor bank yang terpasang. (Aisyah Indah Almira et al., 2024).

Studi sebelumnya mengindikasikan bahwa pemanfaatan bank kapasitor dapat mengurangi kehilangan daya dan memperbaiki stabilitas sistem kelistrikan. Walaupun banyak penelitian yang mengupas keuntungan dari bank kapasitor, masih ada kekurangan dalam analisis yang mendetail tentang dampaknya terhadap beban listrik di bangunan-bangunan besar, terutama di Gedung World Trade Centre.

Gedung World Trade Centre, yang merupakan salah satu simbol arsitektur dan pusat bisnis global, memiliki konsumsi energi yang sangat besar. Oleh sebab itu, analisis mendetail mengenai dampak kapasitor bank terhadap konsumsi listrik di gedung ini sangat diperlukan untuk dilaksanakan. Studi ini bertujuan untuk menyelidiki sejauh mana dampak kapasitor bank dalam meningkatkan efisiensi energi serta menurunkan biaya operasional di Gedung World Trade Centre. Dengan cara demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi yang signifikan terhadap pengelolaan energi pada gedung tinggi dan menjadi acuan untuk pengembangan sistem kelistrikan yang lebih efisien.

### **Prinsip Kerja Kapasitor Bank**

Berdasarkan dari cara kerjanya, Kapasitor bank dibedakan menjadi 2:

#### ***Fixed type***

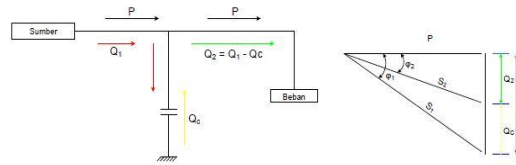
yaitu dengan memberikan beban kapasitif yang tetap atau berubah-ubah pada beban. Ini biasanya digunakan pada beban langsung seperti motor induksi. Jenis ini harus dipertimbangkan saat memasang kapasitor bank tanpa beban. (Hasibuan et al., 2020).

#### ***Automatic type***

yaitu memberikan berbagai beban kapasitif untuk kapasitor bank yang terpasang. Sebagai pengaman, jenis panel ini memiliki *Power Factor Controller* (PFC). PFC akan menjaga *cos phi* pada jaringan listrik yang sesuai dengan target yang ditentukan, dan PFC secara otomatis akan memperbaiki *cos phi* jika terjadi perubahan pada beban di panel. (Hasibuan et al., 2020).

### Cara Kapasitor Bank Meningkatkan Faktor Daya

Sebagaimana diketahui bahwa membangkitkan daya reaktif di pusat pembangkit tenaga dan menyalurkannya ke pusat beban jauh sangat tidak ekonomis. Namun, hal ini dapat diatasi dengan meletakkan kapasitor di pusat beban. (Hasibuan et al., 2020).

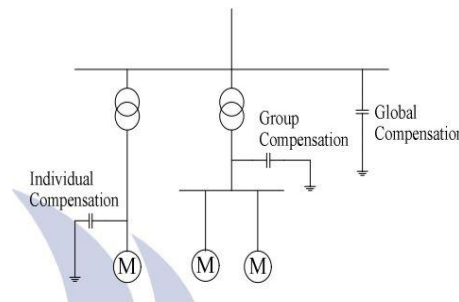


**Gambar 1.** Kapasitor Memperbaiki Faktor Daya.

(Sumber : (Syukri et al., 2023))

### Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank

Adapun cara pemasangan kapasitor bank pada instalasi listrik dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu: (Hasibuan et al., 2020).



**Gambar 2.** Metode Instalasi Pemasangan Kapasitor Bank.

(Sumber : (Alland & Arfah Z., 2013))

### Menentukan Ukuran Kapasitor Bank

Menentukan ukuran kapasitor yang tepat untuk memperbaiki faktor daya adalah hal yang penting dalam sistem kelistrikan, terutama untuk mengurangi daya reaktif yang tidak diinginkan dan meningkatkan efisiensi energi. Ada beberapa Metode dalam mencari ukuran kapasitor untuk perbaikan faktor daya seperti dengan metode perhitungan sederhana dan metode diagram. (Hasibuan et al., 2020).

#### **Power Factor Controller (PFC)**

Untuk kompensasi daya reaktif, faktor daya diukur dan dikendalikan oleh unit kontrol Lovato DCRG8 Power Factor Controller sebagai langkah mengaktifkan, menonaktifkan dan mengoptimalkan penggunaan kapasitor bank secara otomatis. (Al Firdausi et al., 2024).

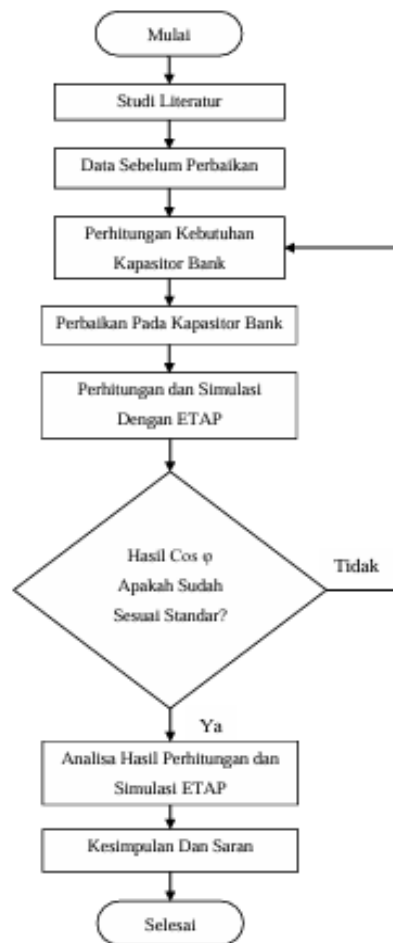


**Gambar 3.** Power Factor Controller.  
(Sumber : (Lovato Electric S.p.A., 2022)

### 3. METODE PENELITIAN

#### Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan.



**Gambar 4.** Tahapan Penelitian.

## Teknik Analisa Pengukuran Data

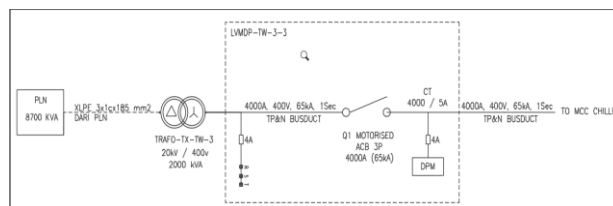
Analisa pengukuran data dilakukan untuk mengetahui keterangan yang ada pada penelitian tersebut. Data yang dibutuhkan merupakan data yang di ambil dari gedung World Trade Centre seperti data beban yang ada pada unit panel kapasitor bank, Ketika data kelistrikan sebelumnya dihitung, metode segitiga daya digunakan untuk menghitung nilai daya aktif, daya reaktif, dan daya semu dengan persamaannya sebagai berikut:

$P$  = Daya Aktif (Watt)

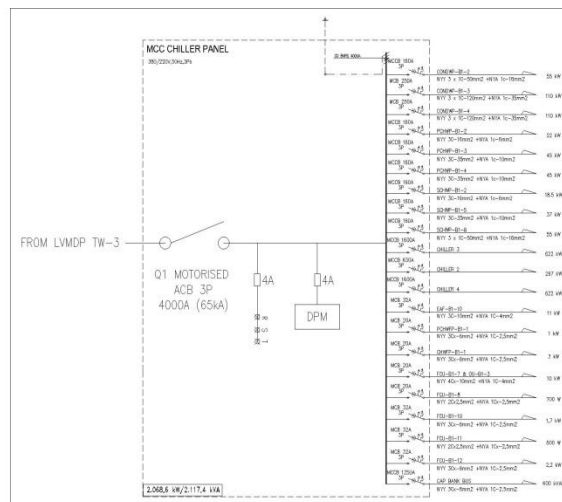
$Q$  = Daya Reaktif (kVAR)

$S$  = Daya Semu (VA)

## Single Line Diagram



Gambar 5. Single Line Diagram PLN-LVMDP.



Gambar 6. Single Line Diagram MCC Chiller.

## Analisa Penelitian

Untuk mengetahui nilai tegangan, arus listrik, daya aktif, daya reaktif dan daya semu yang bisa mempengaruhi faktor daya, analisa yang dilakukan adalah sebagai berikut:

### Pengamatan Tegangan Listrik

Tujuannya adalah untuk mengetahui berapa besar tegangan listrik yang dihasilkan pada saat peralatan atau motor diaktifkan.

### ***Pengamatan Arus Listrik***

Tujuannya adalah untuk menghitung jumlah arus listrik yang tidak konsisten yang mengalir saat peralatan atau motor diaktifkan.

### ***Pengamatan Daya Aktif***

Tujuannya adalah untuk mengetahui besaran daya yang benar-benar dikonsumsi oleh suatu motor atau peralatan.

### ***Pengamatan Daya Reaktif***

memastikan kapasitor cukup tidak kurang atau berlebih untuk menetralkan kebutuhan daya reaktif.

### ***Pengamatan Daya Semu***

Tujuannya adalah untuk memverifikasi bahwa beban pada kapasitor sesuai dengan ratingnya, dan tidak ada kelebihan muatan.

### ***Mengidentifikasi Penggunaan Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Faktor Daya***

Selain itu, kapasitor bank digunakan untuk meningkatkan faktor daya yang sesuai dengan standar, yaitu di atas 0.85. Jika digunakan, diharapkan dapat mengurangi rugi-rugi daya akibat beban resistif, induktif, dan kapasitif serta mengurangi kerugian finansial akibat faktor daya yang rendah.

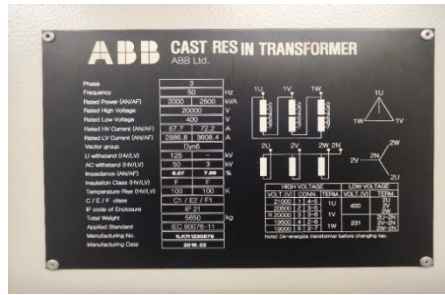
## **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pengumpulan Data Pengamatan**

Untuk menentukan nilai faktor daya, pengukuran pada panel listrik kapasitor bank di gedung World Trade Centre dilakukan menggunakan alat ukur Lovato DCRG8. Pengamatan yang dilakukan pada alat ini mencakup nilai tegangan, arus listrik, daya aktif, daya reaktif, daya semu, dan faktor daya. Skala ini dapat mengubah hasil faktor daya pada beban yang digunakan.

### **Penggunaan Pemakaian Energi Listrik**

Distribusi transmisi peralatan dan motor chiller di Gedung World Trade Centre menggunakan 1 buah trafo untuk mensuplai energi listrik ke panel distribusi LVMDP lalu ke panel MCC.



Gambar 7. Spesifikasi Trafo Chiller.

Tertulis pada tabel gambar diatas spesifikasi dari trafo yang digunakan pada gedung World Trade Centre dan di bawah berikut ini adalah daftar tabel penggunaan beban listrik dan motor yang ada di gedung World Trade Centre sebagai berikut:

Tabel 1. Beban Penggunaan Listrik Pada Trafo.

NO	Nama Peralatan	Daya (Watt)
1	Chiller 2 (500TR)	297.000
2	Chiller 3 (1000TR)	622.000
3	Chiller 4 (1000TR)	622.000
4	Condensor Water Pump-B1-2	55.000
5	Condensor Water Pump-B1-3	110.000
6	Condensor Water Pump-B1-4	110.000
7	Primary Chilled Water Pump-B1-2	22.000
8	Primary Chilled Water Pump-B1-3	45.000
9	Primary Chilled Water Pump-B1-4	45.000
10	Secondary Chilled Water Pump-B1-2	18.500
11	Secondary Chilled Water Pump-B1-5	37.000
12	Secondary Chilled Water Pump-B1-8	55.000
13	Exhaust Air Fan-B1-10	11.000
14	Primary Chilled Water Filter Pump-B1-1	1.000
15	Condensor Chilled Water Filter Pump-B1-1	3.000
16	Fan Coil Unit-B1-7 & OU-B1-3	10.000
17	Fan Coil Unit-B1-8	700
18	Fan Coil Unit-B1-10	1.700
19	Fan Coil Unit-B1-11	500
20	Fan Coil Unit-B1-12	2.200
<b>Total Daya yang digunakan</b>		<b>2.068.600</b>

Data ini didapatkan dari tabel atau *nameplate* dari masing-masing motor dan peralatan, Sehingga dapat diketahui ketika peralatan dan motor dioperasikan semuanya beban yang dihasilkan adalah 2.068.600 Watt. Jika di konversikan ke dalam kW (*KiloWatt*) maka dapat dihitung secara manual dengan rumus:

$$kW = \frac{Watt}{1000}$$

$$kW = \frac{2068600}{1000}$$

$$kW = 2068,6 kW$$



Sehingga daya yang digunakan oleh peralatan dan motor listrik adalah 2068.6 kW akan tetapi beban daya yang di transformator apakah memenuhi beban daya yang diperlukan tanpa mengakibatkan rugi daya. Dengan data diatas maka dapat dihitung kembali data tersebut dengan menggunakan rumus berikut:

$$S (kVA) = \frac{P(kW)}{Pf}$$

$$S (kVA) = \frac{2068.6}{0.95}$$

$$S (kVA) = 2.117,4 KVA$$

Dari hasil perhitungan manual di atas dapat diperoleh untuk kebutuhan kapasitas transformator yang seharusnya adalah 2.117,4 kVA atau melebihi sedikit dari kapasitas yang saat ini terpasang yaitu 2.000 kVA, dengan beban yang demikian, dapat terjadinya kenaikan suhu berlebih pada transformator yang bisa mengakibatkan arus listrik yang meningkat, penurunan kinerja performa transformator dan memperpendek usia transformator, tetapi perhitungan beban diatas adalah beban full load sedangkan untuk beban puncak setiap harinya adalah 1.359 kVA, karena tidak setiap hari chiller, motor, dan peralatan elektronik beroperasi bersamaan.

### Menghitung Kapasitor Bank Yang Di Perlukan

Ketika faktor daya menurun menjadi 0.7 dan faktor daya yang diinginkan menjadi 0.95. Peneliti ingin mengetahui apakah kapasitor bank di gedung World Trade Centre ini sudah memenuhi kapasitas bebannya atau belum. Untuk melakukannya, maka digunakan metode diagram dan menghitung berapa kapasitor bank yang dibutuhkan dengan rumus berikut ini:

$$Qc = QL - QB$$

Diketahui:

a. Daya Reaktif sebelum perbaikan QL:

$$QL = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$S = 2000 \text{ kVA}$$

$$P = 2000 \times 0.7 = 1400 \text{ kW}$$

Ditanya:

Daya Reaktif sebelum perbaikan (QL)?

Hasil:

$$QL = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$QL = \sqrt{2000^2 - 1400^2}$$

$$QL = \sqrt{2040000}$$

$$QL = 1428.2 \text{ kVAR}$$

Maka nilai QL adalah sebesar 1428.2 kVAR

Diketahui:

b. Daya Reaktif setelah perbaikan QB:

$$QL = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$S = 2000 \text{ kVA}$$

$$P = 2000 \times 0.95 = 1900 \text{ kW}$$

Ditanya:

Daya Reaktif sebelum perbaikan (QB)?

Hasil:

$$QB = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$QB = \sqrt{2000^2 - 1900^2}$$

$$QB = \sqrt{390000}$$

$$QB = 624.5 \text{ kVAR}$$

Maka nilai QB adalah sebesar 624.5 kVAR

Maka kapasitor yang diperlukan adalah:

$$Q_c = QL - QB$$

$$Q_c = 1428.2 - 624.5$$

$$Q_c = 803.7 \text{ kVAR}$$

Untuk meningkatkan faktor daya distribusi chiller di gedung World Trade Centre, dengan daya yang terpasang pada transformator adalah 2000 kVA, dibutuhkan kapasitor bank dengan nilai 803.7 kVAR, yang saat ini terpasang 600 kVAR. Maka dengan demikian mengapa kapasitor bank yang diperlukan dan yang terpasang berbeda, karena tidak setiap saat motor atau peralatan elektronik beroperasi.




### Proses Perbaikan Faktor Daya

Panel kapasitor bank dan komponennya diperiksa di Gedung World Trade Centre untuk melakukan perbaikan apabila faktor daya di bawah nilai yang telah ditentukan. Pemeriksaan komponen panel kapasitor bank meliputi pengecekan pengencangan koneksi kabel, *breaker*, *fuse*, kontaktor, terminal kontaktor, *detuned reactor* dan kapasitor. Setelah semua komponen di cek, di temukan koneksi *outgoing* dari *detuned reactor* dan terminasi kapasitor yang sudah

terbakar dan sudah terlepas dari koneksinya yang menyebabkan distribusi aliran listrik tidak tersalurkan.

Berikut adalah spesifikasi *detuned reactor* dan kapasitor yang koneksinya terbakar dan terpasang pada panel kapasitor bank di gedung World Trade Centre.

**Tabel 2.** Spesifikasi *Detuned Reactor* Dan Kapasitor.

No	Step	Merk	Type	Gambar
1	6	Polylux	SPE0514X0009	
2	8	Polylux	SPE0514X0009	
3	5	ICAR	CRT-E-116208-30-450	

### Pengukuran Nilai Kelistrikan Pada Gedung World Trade Centre

Dalam sistem instalasi tenaga listrik, pengukuran parameter kelistrikan seperti daya aktif (kW), daya reaktif (kVAR), daya semu (kVA), tegangan, arus, dan faktor daya merupakan hal yang sangat penting untuk menganalisis performa sistem dan menentukan kebutuhan

perbaikan, seperti kompensasi daya reaktif. Dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran menggunakan tiga metode, yaitu menggunakan alat ukur digital *Power Meter Lovato DCRG8*, pengukuran manual menggunakan tang ampere, serta simulasi perangkat lunak ETAP. Setiap metode memiliki karakteristik dan tingkat akurasi yang berbeda. *Power meter Lovato DCRG8* memberikan data *real-time* dan terintegrasi langsung dengan panel kapasitor bank, sehingga mampu membaca perubahan beban dan daya secara dinamis. Pengukuran dengan tang ampere dilakukan secara manual untuk mengetahui nilai arus dan tegangan, lalu dihitung nilai daya secara trigonometri. Sementara itu, simulasi ETAP digunakan untuk membandingkan hasil perhitungan berbasis model sistem kelistrikan yang telah dimasukkan ke dalam perangkat lunak. Perbandingan dari ketiga metode ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana tingkat akurasi dan efektivitas masing-masing dalam mencerminkan kondisi nyata sistem kelistrikan di lapangan. Pengukuran Dilakukan Dengan Alat Tang Ampere

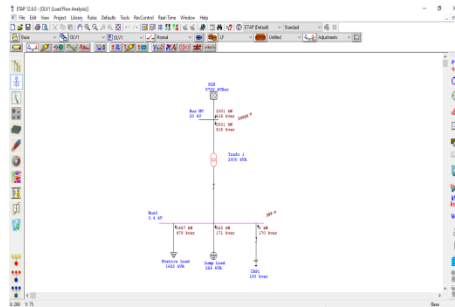
**Tabel 3.** Pengukuran Dilakukan Dengan Tang Ampere.

Tgl/Bln/Thn	Shift	Alat Ukur	Waktu (Jam)	Tegangan (Volt)			Arus (Ampere)			
				R-S	R-T	S-T	R	S	T	
20-6-25				398	399	400	1404	1390	1321	
23-6-25				396	394	400	1453	1582	1508	
24-6-25	2 Siang	Tang Ampere Kyoritsu KEW2007R	15:00	398	387	399	1375	1480	1424	
30-6-25				402	397	401	1521	1653	1562	
1-7-25				398	396	397	1452	1582	1506	
2-7-25				395	397	397	1013	1119	1029	
4-7-25				397	399	400	1359	1480	1401	
7-7-25				399	397	402	1320	1352	1282	
8-7-25	1 Pagi			09:00	400	396	398	1424	1550	1469
9-7-25			398		400	399	1081	1134	1081	
10-7-25			402		399	398	1052	1190	1102	
11-7-25			398		397	399	1028	1061	1023	
	Rata-rata					398			1324	

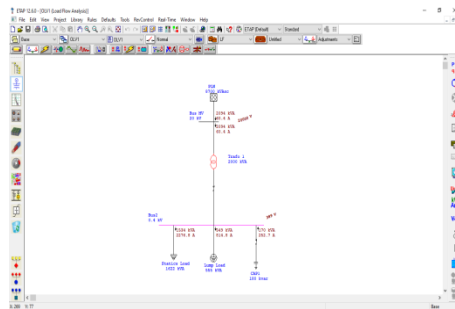
## Hasil Simulasi Software ETAP

Berikut ini adalah hasil dari simulasi ETAP yang di bagi menjadi 2 pembebanan, beban full load dengan beban 2.117 kVA dan beban puncak 1.359 kVA, berikut adalah hasil gambar simulasi dari ETAP:

### *Beban Full load 2.117 kVA*



**Gambar 8.** Nilai Pengukuran ETAP Beban *Full Load* kW dan kVAR.



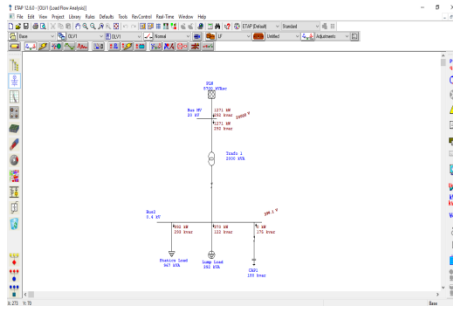
**Gambar 9.** Nilai Pengukuran ETAP Beban *Full Load* kVA dan Ampere.

Dari hasil simulasi beban dengan full load 2.117 kVA di dapat nilai berikut ini:

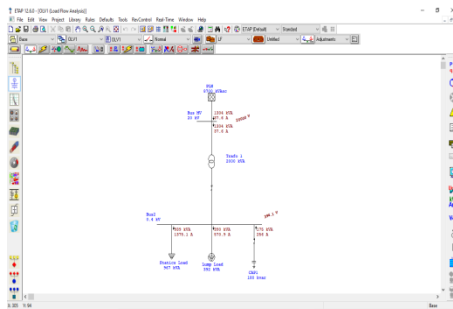
Cos $\Phi$	: 0.95
Tegangan	: 389 Volt
Arus	: 3091.6 Ampere
P	: 1979 kW
Q	: 650 kVAR
S	: 2083 kVA

Dengan hasil simulasi beban full load tersebut dapat di lihat pada gambar diatas yang menggambarkan bentuk simbol trafo dan bus 2 yang berwarna merah yang menandakan terjadinya kondisi abnormal atau gangguan, yaitu beban *overload* dan performa komponen yang melebihi batas.

### Beban Puncak 1.359 kVA



**Gambar 10.** Nilai Pengukuran ETAP Beban Puncak kW dan kVAR.



**Gambar 11.** Nilai Pengukuran ETAP Beban Puncak kVA dan Ampere.

Dari hasil simulasi beban puncak 1.359 kVA di dapat nilai berikut ini:

- Cos  $\Phi$  : 0.95
- Tegangan : 394.1 Volt
- Arus : 1946 Ampere
- P : 1262 kW
- Q : 415 kVAR
- S : 1329 kVA

Dengan hasil simulasi beban puncak tersebut dapat di lihat pada gambar di atas yang menggambarkan bentuk simbol trafo dan bus 2 yang berwarna hitam yang menandakan kondisi normal dan tidak mengalami gangguan beban overload atau performa komponen yang melebihi batas.

Untuk nilai beban besaran listrik dari simulasi aplikasi ETAP berbeda dengan pengukuran Lovato DCRG8 dan pengukuran manual dikarenakan untuk beban *chiller* bergantung dari *cooling load* / ton refrigerasi (kapasitas pendingin) dan motor bergantung dari *Hertz* / frekuensi putaran, sedangkan di aplikasi ETAP untuk pembebanan yang di simulasikan adalah daya maksimum *chiller* dan motor.

## Hasil Perbandingan Pengukuran Nilai Kelistrikan Pada Gedung World Trade Centre Setelah Perbaikan Faktor Daya

Dari hasil analisa 3 metode pengukuran diatas didapatkan nilai rata-rata kelistrikan pada Gedung World Trade Centre sebagai berikut ini:

**Tabel 4.** Hasil Perbandingan Pengukuran.

Metode Pengukuran	Cos $\phi$	Tegangan (Volt)	Pengukuran			
			Arus (Ampere)	P (Watt)	Q (kVAR)	S (kVA)
Lovato DCRG8	0.95	397	1323	975	204	1002
Tang Ampere	0.95	398	1324	866	282.60	911.62
Simulasi ETAP Beban Puncak	0.95	394.1	1946	1262	415	1329

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis yang dilakukan atas pengaruh perbaikan kapasitor bank terhadap besaran beban listrik di gedung World Trade Centre Jakarta. Maka dapat disimpulkan setelah dilakukan perbaikan dengan penggantian *detuned reactor* dan kapasitor nilai  $\cos \phi$  di gedung World Trade Centre Jakarta yang awalnya 0.70 menjadi 0,95, dengan demikian kenaikan faktor daya mencapai 35,71%. Faktor daya ( $\cos \phi$ ) meningkat dari 0,70 menjadi 0,95 setelah perbaikan *detuned reactor* dan kapasitor, baik pada pengukuran lapangan maupun pada kondisi beban nyata, Penurunan rugi-rugi daya reaktif terbukti efektif membuat arus reaktif berkurang sehingga menurunkan beban kVAR, kVA dan memperbaiki efisiensi distribusi sistem kelistrikan dan juga simulasi ETAP menunjukkan nilai  $\cos \phi$  0.95 sama seperti pengukuran dengan alat ukur Lovato dan tang ampere hanya saja kapasitas kompensasi reaktif sebesar 415 kVAR, yang lebih tinggi dibandingkan nilai kVAR yang diukur (204 kVAR oleh Lovato, 282,6 kVAR oleh tang ampere), di karenakan beban peralatan seperti chiller dan motor yang disimulasikan pada beban puncak dalam aplikasi ETAP beroperasi dalam keadaan rating maksimum.

Saran yang dapat diberikan Saran yang diberikan untuk pengembangan dan penelitian ke depannya yaitu Pencatatan nilai  $\cos \phi$ , tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif dan daya semu di lakukan pengecekan di setiap hari dan pengambilan datanya pada saat chiller, motor dan peralatan listrik sedang beroperasi. Jika menggunakan aplikasi ETAP gunakan data pemakaian beban listrik sesuai dengan beban rata-rata di tiap harinya seperti berapa ton

refrigerasi / *cooling load* (kapasitas beban pendinginan ) dan berapa frekuensi pompa motor yang sedang beroperasi. Lakukan pengukuran faktor daya dan parameter kelistrikan dengan berbagai kondisi beban (ringan, sedang, berat) dan pada jam operasional berbeda untuk memperoleh gambaran performa sistem secara lebih luas dan menyeluruh.

## DAFTAR DAN REFERENSI

- Aditya, L., & Ilmianta Alhakam Rizky. (2022). Analisis Konsumsi Daya Pemasangan Kapasitor Bank Pada Sistem Jaringan Listrik Tegangan Rendah Di Hotel THE 101 Cengkareng. *Braz Dent J.*, 33(1), 1–12.
- Afriditus, Arsyad M.I, & Abidin Zainal. (2022). Perhitungan Rugi-Rugi Daya Dan Energi Listrik Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 KV PT PLN (PERSERO) ULP Nanga Pinoh. *Jurnal Teknik Elektro.*
- Aisyah Indah Almira, Toto Tohir, & Supriyanto. (2024). Analisa Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya dan Penghematan Biaya Listrik Berbasis Simulasi Software ETAP 20. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 15(1), 429–436. <https://doi.org/10.35313/irwns.v15i1.6243>
- Al Firdausi, B. I., Auliq, M. A., & Fitriana, F. (2024). Analisis Kebutuhan Bank Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya di PT Beras Rajawali Menggunakan Optimal Capacitor Placement ETAP 19. *Jurnal Listrik, Instrumentasi, Dan Elektronika Terapan*, 5(1), 39. <https://doi.org/10.22146/juliet.v5i1.89376>
- Alland, K., & Arfah Z., E. (2013). Perancangan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Line Mess I Di Pt. Bumi Lamongan Sejati (Wbl). *Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 29–35.
- Aulia Bagus Ar Rahman, O. P. N. K. A. (2016). Optimalisasi Penempatan Kapasitor Bank untukMemperbaiki Kualitas Daya Pada Sistem KelistrikanPT. Semen Indonesia Aceh MenggunakanMetode Genetic Algorithm (GA). *Jurnal Teknik Its*, 5(2).
- Balisranislam, Partaonan Harahap, S. L. (2023). Perancangan Alat Inverter Energi Listrik Menggunakan Simulink Matlab. 6(1), 48–53.
- Basudewa, D. A. (2020). Analisa Penggunaan Kapasitor Bank terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB Laboratory UNESA. *Jurnal Teknik Elektro*, 09(03), 697–707.
- Hasibuan, A., Ezwarsyah, E., & Nasution, I. K. (2020). Penentuan Kapasitas Kapasitor Shunt Dalam Perbaikan Cos  $\Phi$  Pada Gedung Workshop Teknik Mesin Unimed Dengan Beban Yang Bervariasi. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 3(2), 94–107.
- IImyhanifzuhud, Sapto Nisworo, H. T. S. (2000). Evaluasi Nilai Kapasitor Bank Guna Perbaikan Faktor Daya Studi Kasus Di Cv. Sari Kayu Jaya Klaten 1-5
- Ismail, Sarma Thaha, Agus Salim, S. (2020). Optimasi Jaringan Distribusi Listrik Dengan Pemasangan Kapasitor Pada Jaringan Tegangan Menengah 6.3 Kv Pt. Semen Tonasa. *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, 1(1), 509–517. <https://doi.org/10.32497/nciet.v1i1.167>
- Letifa Shintawaty. (2013). Peranan Daya Reaktif Pada Sistem Kelistrikan. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 1(2), 1–20.



- Lovato Electric S.p.A. (2022). Power Factor Controller DCRG8. Catalogue.Lovatoelectric.Com. [https://catalogue.lovatoelectric.com/gl\\_en/DCRG8/snp](https://catalogue.lovatoelectric.com/gl_en/DCRG8/snp)
- Muhammad Faris Nizam, Muslimin, R. M. U. (2023). Evaluasi Pemakaian Energi Listrik Menggunakan Power Realtime Monitoring System Di Gedung Lecture Building Fakultas Teknik Universitas Mulawarman Dalam Upaya Efisiensi Energi Listrik. 2(2).
- Nadeak, D. R., Lisapaly, L., Sinambela, R., & Manik, M. (2024). Analisis Pengukuran Kapasitor Bank Dengan Tuned Reactor Pada Gedung Atria Residences Gading Serpong. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 26(3), 122–131. <https://doi.org/10.14710/transmisi.26.3.122-131>
- Nizam, M. K. (2019). Analisis Perbaikan Kualitas Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Lumumba PT. PLN Ngagel Surabaya. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 1–14. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Noor, S., & Saputera, N. (2014). Kapasitor Bank. *Efisiensi Pemakaian Daya Listrik Menggunakan Kapasitor Bank*, 6(2), 1–6.
- Parid, M., Dinata, S., & Supriadi, O. (2023). Analisis Kapasitas Kapasitor Bank Di Gedung A Universitas Pamulang. 01(01), 30–38. <https://doi.org/10.32493/yepei.v1i1.28843>
- Ricardo, S. C., Zuraidah, T., & Erpandi Dalimunthe. (2016). Optimalisasi Kapasitor Bank Untuk Peningkatan Faktor Daya Pada Beading Plant Di PT Permata Hijau Palm Oleo KIM II. 7, 1–23.
- Rofii, A., & Ferdinand, R. (2018). Analisa Penggunaan Kapasitor Bank Dalam Upaya Perbaikan Faktor Daya. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 3(1), 39–51.
- Situmorang, H. F., Wibowo, P., & Lubis, Z. (2024). Analisis Penggunaan Kapasitor Bank Dalam Upaya Perbaikan Faktor Daya Pada Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP) Di PT.Permata Hijau Palm Oleo (PHPO) KIM II. 7, 990–1001.
- Sulistyowati Riny dan, & Febrianto Dedi Dwi. (2015). Perancangan Prototype Sistem Kontrol Dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Iptek*, 16, 10–21. <http://jurnal.itats.ac.id/wp-content/uploads/2013/06/4.-RINY-FINAL-hal-24-32.pdf>
- Sultan, A. R., & Gaffar, A. (2017). Perbaikan Faktor Daya Pada Instalasi Tenaga Untuk Berbagai Kondisi Pemasangan. *Jurnal Teknologi Elekterika*, 14(2), 182. <https://doi.org/10.31963/elekterika.v14i2.1224>
- Sumarno, R. N., Handoko, S., & Facta, M. (2020). The Improvement of Electric Power Losses Using Bank Capacitor and Tap Changer With Shark Smell Algorithm. *Teknik*, 41(3), 212–218. <https://doi.org/10.14710/teknik.v41i3.24818>
- Syukri, M., Suriadi, Sara, I. D., Siregar, R. H., Muhibbuddin, & Masri. (2023). Optimalisasi Performa Sistem Tegangan dengan Pemasangan Kapasitor Bank pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Nagan Raya. *Journal of Engineering and Science*, 2(1), 36–44. <https://doi.org/10.56347/jes.v2i1.165>
- Triyanto, M. F. G. (2021). Sekilas Tentang Software ETAP Beserta Tollbarnya. *Anakteknik.Co.Id*. [https://www.anakteknik.co.id/fauzan\\_triyanto02/articles/sekilas-tentang-software-etap-beserta-tollbarnya?srsId=AfmBOooDkKXyVM8tSqYS6YN G3ymWd0cdmQWqaeK9Z6QQUw6QyeBqJfC3](https://www.anakteknik.co.id/fauzan_triyanto02/articles/sekilas-tentang-software-etap-beserta-tollbarnya?srsId=AfmBOooDkKXyVM8tSqYS6YN G3ymWd0cdmQWqaeK9Z6QQUw6QyeBqJfC3)

- Zhafran, A., Triyanto, A., & Permana, H. (2023). Analisa Pengaruh Nilai Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada Gedung Treasury Tower. Seminar Riset Mahasiswa-Computer & Electrical (SERIMA-CE, 1(1), 281–287. <http://seminarsetup.com/id/serima>
- Zulfy Rizal Firmansyah, A. T. (2024). Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi Analisa Faktor Daya Pada Kapasitor Bank Sesuai Standar PUIL 2000 DI Synergi Building Program Studi Teknik Elektro , Fakultas Teknik , Universitas Pamulang Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi. 3(September), 93–105.