



Nurhedhi Desryanto<sup>1\*</sup>  
 Alfano Genta  
 Sasmita<sup>2</sup>  
 KGS. M. Ismail<sup>3</sup>

## RANCANGAN PEMASANGAN KAPASITOR BANK PADA PANEL LVMDP OUGOING TRANSFORMATOR SATU BANDAR UDARA INTERNASIONAL HALIM PERDANAKUSUMA

### Abstrak

Bandar Udara Internasional Halim Perdanakusuma untuk menunjang fasilitas listrik, disuplai oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) dengan tegangan listrik sebesar 20 KV serta langganan daya 3500 KVA. Namun, adanya beban induktif yang digunakan pada transformator satu seperti pump house utama dan UPS AFL menyebabkan berkurangnya kualitas daya listrik karena memiliki faktor daya rendah sebesar 0.81. Hal itu tidak memenuhi standar SPLN 70-1 dan berdampak pada kapasitas pembebanan transformator yang tidak optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang pemasangan kapasitor bank di panel LVMDP outgoing transformator satu guna meningkatkan faktor daya dan mengoptimalkan kapasitas pembebanan transformator. Metode penelitian yang digunakan yaitu R&D level satu. Analisis data yang dilakukan dengan menghitung kapasitas kapasitor bank yang dibutuhkan, membandingkan step kapasitor bank yang digunakan, dan menentukan komponen kapasitor bank. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, kapasitas kapasitor bank yang dibutuhkan sebesar 80 KVAR. Untuk step kapasitor bank yang digunakan menggunakan delapan step karena total biaya komponen lebih murah. Penggunaan kapasitor bank 80 KVAR disimulasikan menggunakan software ETAP 19.01. Pada software ETAP 19.01 membuktikan bahwa pemasangan kapasitor bank 80 KVAR, dapat meningkatkan nilai faktor daya menjadi 0,99 yang berdampak pada peningkatan kapasitas pembebanan transformator.

**Kata Kunci:** Faktor Daya, Kapasitor Bank, ETAP 19.01.

### Abstract

To support electrical facilities, Halim Perdanakusuma International Airport is supplied by PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) with a voltage of 20 KV and a subscribed power of 3500 KVA. However, the inductive loads used on transformer one, such as the main pump house and UPS AFL, result in reduced power quality due to a low power factor of 0.81. This does not meet the SPLN 70-1 standards and impacts the optimal loading capacity of the transformer. This study aims to design the installation of a capacitor bank on the LVMDP outgoing panel of transformer one to improve the power factor and optimize the transformer loading capacity. The research method used is level one R&D. The analysis results indicated that the required capacitor bank capacity is 80 KVAR. An eight-step capacitor bank was chosen due to the lower total component cost. The calculated capacitor bank capacity was then simulated using ETAP 19.01 software. The ETAP 19.01 simulation confirmed that the installation of an 80 KVAR capacitor bank could increase the power factor to 0.99, resulting in improved transformer loading capacity.

**Keywords:** power factor, capacitor bank, ETAP 19.01

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Listrik Bandara, Fakultas Teknik Penerbangan, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug  
 email: nurhedhi.desryanto@ppicurug.ac.id\*, alfanoGenta@gmail.com, kgs.ismail@ppicurug.ac.id

**PENDAHULUAN**

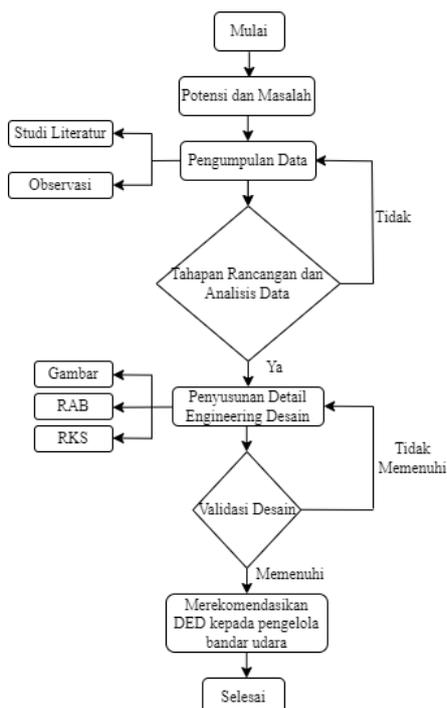
Bandar Udara Internasional Halim Perdanakusuma adalah salah satu bandar udara internasional di Indonesia yang dikelola oleh PT. Angkasa Pura II. Bandar udara ini digunakan sebagai markas TNI Angkatan Udara. Selain untuk keperluan TNI Angkatan Udara, bandar udara ini juga melayani penerbangan domestik dan internasional. Bandar Udara Internasional Halim Perdanakusuma memiliki tiga unit transformator dengan kapasitas 500 KVA untuk transformator satu dan dua, serta 2500 KVA untuk transformator tiga. Ketiga transformator berada di Power House (PH) baru yang berfungsi untuk menurunkan tegangan 20 KV menjadi 380 V.

Pemanfaatan energi listrik pada outgoing transformator satu digunakan untuk beban bersifat induktif seperti pump house utama dan UPS AFL. Beban induktif adalah beban yang disebabkan oleh adanya kumparan atau lilitan seperti motor listrik, koil, dan transformator. Beban induktif juga merupakan salah satu hal yang dapat memengaruhi faktor daya (Dani & Hasanuddin, 2018). Berdasarkan pengamatan dan perhitungan yang telah dilakukan oleh penulis adanya beban induktif yang ada pada outgoing transformator satu dapat mengurangi kualitas sistem kelisrikan karena faktor daya bernilai 0,81. Hal itu tidak sesuai peraturan (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30, 2009) yang berbunyi setiap peralatan dan pemanfaatan tenaga listrik wajib memenuhi ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI tentang faktor daya ditentukan dalam SPLN 70-1 dengan nilai faktor daya lebih besar atau sama dengan 0,85. Selain itu, faktor daya yang bernilai 0,81 mengakibatkan kerugian karena kapasitas pembebanan transformator satu yang tersedia lebih kecil.

Untuk mengatasi kerugian yang ditimbulkan akibat faktor daya yang bernilai 0,81 dapat dilakukan pemasangan kapasitor bank. Pemasangan kapasitor bank ini mampu untuk meningkatkan nilai faktor daya (Nurmahandy et al., 2021). Selain itu, alasan perlunya faktor daya dinaikkan karena semakin besar nilai faktor daya mendekati satu maka sistem kelistrikan tersebut akan semakin baik (Esye & Sigit, 2021).

**METODE**

Penulis menggunakan metode Research and Development (R&D) yang digunakan dalam pembuatan rancangan. Metode R&D berdasarkan tingkatan pengembangannya dibagi menjadi empat level, dimulai dari level satu hingga level empat (Sugiyono, 2019). Penulis akan menerapkan R&D pada level satu karena penelitian ini berupa rancangan tanpa dilanjutkan dengan pembuatan produk dan pengujiannya.



Gambar 1. Flow Chart

Tahapan penelitian ini diawali dengan adanya potensi dan masalah. Penulis menemukan adanya permasalahan rendahnya faktor daya yang ada di panel LVMDP outgoing transformator satu Bandar Udara Internasional Halim Perdanakusuma yang bernilai 0,81. Kemudian penulis melakukan pengumpulan data menggunakan dua teknik pengumpulan data yaitu studi literatur dan observasi. Dari data yang telah dikumpulkan maka dapat dilakukan tahapan rancangan dan analisis data.

Tahapan selanjutnya melakukan penyusunan Detail Engineering Design (DED) yang meliputi gambar, Rancangan Anggaran Biaya (RAB), dan Rencana Kerja Syarat (RKS). Kemudian dilakukan validasi desain kepada supervisor listrik Bandar Udara Internasional Halim Perdanakusuma. Setelah memperoleh validasi desain dari pihak supervisor listrik Bandar Udara Internasional Halim Perdanakusuma penulis merekomendasikan DED kepada pengelola bandar udara.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Data Pengukuran Power Meter LVMDP

Tabel 1. Hasil pengukuran power meter LVMDP

Tanggal	KVA	KW	KVAR	Faktor Daya
25/03/2024 17.00	165	133	96	0,80
26/03/2024 19.00	167	136	95	0,81
27/03/2024 18.00	158	132	86	0,83
28/03/2024 17.00	163	133	93	0,82
29/03/2024 19.00	167	135	98	0,80
30/03/2024 18.00	162	136	88	0,83
31/03/2024 18.00	161	135	87	0,83
Rata-Rata	163	134	91	0,81

### 2. Komponen Kapasitor Bank

#### 1. Kapasitor

Berdasarkan tabel 1 dapat diperoleh data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi daya semu (S)} &= 163 \text{ KVA} \\ \text{Konsumsi daya aktif (P)} &= 134 \text{ KW} \\ \text{Konsumsi daya reaktif (Q)} &= 91 \text{ KVAR} \\ \text{Cos } \varphi_1 &= 0,81 \\ \varphi_1 = \text{Cos}^{-1}0,81 &= 35,9 \end{aligned}$$

Faktor daya akan dinaikkan menjadi 0,99 maka :

$$\begin{aligned} \text{Cos } \varphi_2 &= 0,99 \\ \varphi_2 = \text{Cos}^{-1}0,99 &= 8,1 \end{aligned}$$

Kapasitas kapasitor :

$$\begin{aligned} Q_c &= P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \\ &= 134 (\tan 35,9 - \tan 8,1) \\ &= 134 (0,72 - 0,14) \\ &= 77,72 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas kebutuhan kapasitas kapasitor sebesar 77,72 KVAR. Kapasitor berkapasitas 77,72 KVAR tidak tersedia di pasaran. Oleh karena itu, penulis merancang menggunakan kapasitor 80 KVAR. Kapasitor bank berkapasitas 80 KVAR ini dapat menggunakan dua step, empat step, delapan step, dan 16 step. Penulis merancang

menggunakan kapasitor bank delapan step karena total harga komponennya lebih murah. Oleh karena itu, setiap satu step menggunakan kapasitor berkapasitas 10 KVAR.

2. Power Factor Controller

Power factor controller digunakan agar pengoperasian kapasitor bank dapat dioperasikan secara otomatis. Power factor controller ini akan bekerja secara otomatis ketika faktor daya pada sistem kelistrikan tidak sesuai dengan yang diinginkan.

3. Kontaktor

Kontaktor digunakan untuk rangkaian kontrol dan rangkaian daya pada kapasitor bank. Kontaktor ini terhubung dengan satu buah kapasitor saja. Untuk mengetahui rating kontaktor yang digunakan pada setiap step kapasitor bank, maka dapat dilakukan perhitungan nilai arus kapasitornya sebagai berikut :

- Reaktansi kapasitor

$$\begin{aligned} X_C &= \frac{V^2}{Q_c} \\ &= \frac{380^2}{10.000} \\ &= \frac{144.400}{10.000} \\ &= 14,44 \Omega \end{aligned}$$

- Arus kapasitor

$$\begin{aligned} I &= \frac{V}{X_C} \\ &= \frac{380}{14,44} \\ &= 26,31 \text{ A} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas maka menggunakan kontaktor dengan rating 32 A.

4. MCB three phase

MCB three phase digunakan untuk melindungi kapasitor jika terjadi lonjakan arus. MCB ini terhubung dengan satu buah kapasitor. Untuk mengetahui rating MCB yang digunakan, maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- Reaktansi kapasitor

$$\begin{aligned} X_C &= \frac{V^2}{Q_c} \\ &= \frac{380^2}{10.000} \\ &= \frac{144.400}{10.000} \\ &= 14,44 \Omega \end{aligned}$$

- Arus kapasitor

$$\begin{aligned} I &= \frac{V}{X_C} \\ &= \frac{380}{14,44} \\ &= 26,31 \text{ A} \end{aligned}$$

- Factor safety proteksi menurut PUIL 2020

$$\begin{aligned} \text{Rating proteksi} &= \text{ arus kapasitor} \times 1,3 \\ &= 26,31 \text{ A} \times 1,3 \\ &= 34,203 \text{ A} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas maka menggunakan MCB three phase dengan rating 40 A.

5. MCCB

MCCB digunakan untuk melindungi keseluruhan kapasitor yang ada pada kapasitor bank. Dengan menggunakan MCCB kapasitor bank dapat tetap aman dan beroperasi secara

optimal. Untuk mengetahui rating MCCB yang digunakan dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- Arus kapasitor keseluruhan  

$$\begin{aligned} \text{Total arus} &= \text{ arus kapasitor} \times \text{ jumlah kapasitor} \\ &= 26,31 \times 8 \\ &= 210,48 \text{ A} \end{aligned}$$

- Factor safety proteksi menurut PUIL 2020  

$$\begin{aligned} \text{Rating proteksi} &= \text{ arus kapasitor} \times 1,3 \\ &= 210,48 \text{ A} \times 1,3 \\ &= 273,62 \text{ A} \end{aligned}$$

6. Relay  
Relay digunakan untuk membantu proses switching rangkaian kontrol otomatis dan manual pada kapasitor bank.
7. Current Transformator (CT)  
CT digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi besaran arus listrik pada kapasitor bank.
8. Push botton on dan push botton off  
Push botton start dan push botton stop ini digunakan hanya untuk pengoperasian kapasitor bank secara manual.
9. Selector switch  
Selector switch digunakan untuk memilih pengoperasian kapasitor bank akan dioperasikan secara manual atau otomatis. Selain itu, selector switch ini juga dapat mematikan keseluruhan sistem pada kapasitor bank.
10. Pilot lump  
Pilot lamp berfungsi sebagai penanda bahwa kapasitor sedang bekerja.
11. Bus bar  
Bus bar pada kapasitor bank berfungsi sebagai penghantar listrik untuk komponen kapasitor bank. Untuk mengetahui luas penampang bus bar yang digunakan dapat dilakukan perhitngan sebagai berikut :

- Arus kapasitor keseluruhan  

$$\begin{aligned} \text{Total arus} &= \text{ arus kapasitor} \times \text{ jumlah kapasitor} \\ &= 34,203 \times 8 \\ &= 210,48 \text{ A} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitngan di atas, maka ukuran luas penampang bus bar sesuai dengan PUIL 2020 yaitu 124 mm<sup>2</sup>

12. Kabel instalasi kapasitor  
Kabel ini digunakan untuk menghubungkan satu buah kapasitor dengan buss bar yang ada pada kapasitor bank. Kabel yang digunakan yaitu kabel inti tunggal.  
Untuk mengethaui ukuran luas penampang kabel instalasi yang digunakan, maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- Reaktansi kapasitor  

$$\begin{aligned} X_C &= \frac{V^2}{Q_c} \\ &= \frac{380^2}{10.000} \\ &= \frac{144.400}{10.000} \\ &= 14,44 \Omega \end{aligned}$$

- Arus kapasitor  

$$\begin{aligned} I &= \frac{V}{X_C} \\ &= \frac{380}{14,44} \\ &= 26,31 \text{ A} \end{aligned}$$

- Nilai KHA

$$\begin{aligned} \text{KHA} &= \text{ arus kapasitor} \times 1,25 \\ &= 26,31 \times 1,25 \\ &= 32,88 \text{ A} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan nilai KHA yang telah didapatkan, maka ukuran luas penampang kabel instalasi kapasitor yang digunakan sesuai dengan PUIL 2020

13. Kabel interkoneksi

Kabel ini digunakan untuk menghubungkan antara bus bar LVMDP dengan bus bar kapasitor bank. Kabel yang digunakan tipe kabel bawah tanah dengan empat inti untuk phase R-S-T dan netral.

Untuk mengetahui ukuran luas penampang kabel interkoneksi yang digunakan, maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- Arus kapasitor keseluruhan

$$\begin{aligned} \text{Total arus} &= \text{ arus kapasitor} \times \text{ jumlah kapasitor} \\ &= 34,203 \times 8 \\ &= 210,48 \text{ A} \end{aligned}$$

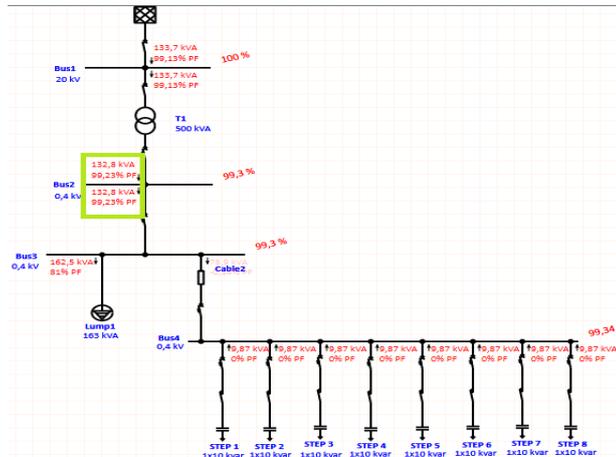
- Nilai KHA

$$\begin{aligned} \text{KHA} &= \text{ total arus} \times 1,25 \\ &= 210,48 \times 1,25 \\ &= 263,1 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan nilai KHA di atas, maka ukuran luas penampang kabel interkoneksi yang digunakan sesuai dengan PUIL 2020 yaitu 95 mm<sup>2</sup>

3. Simulasi ETAP 19.01

1. Nilai Faktor Daya



Gambar 2. Simulasi ETAP 19.01

Berdasarkan Gambar 2 pemasangan kapasitor bank berkapasitas 80 KVAR menggunakan ETAP 19.01, nilai faktor daya yang semula bernilai 0,81 dapat meningkat menjadi 0,99.

2. Kapasitas transformator

- Sebelum pemasangan kapasitor bank

**Branch Loading Summary Report**

CKT / Branch		Busway / Cable & Reactor			Transformer				
ID	Type	Capacity (Amp)	Loading Amp	%	Capability (MVA)	Loading (input)		Loading (output)	
						MVA	%	MVA	%
T1	Transformer				0.500	0.164	32.8	0.162	32.4

\* Indicates a branch with operating load exceeding the branch capability.

Gambar 3. Beban transformator satu sebelum pemasangan kapasitor bank

$$\text{Kapasitas transformator} = \text{ Kapasitor transformator satu} - \text{ Beban}$$

tersedia = transformator  
 = 500 KVA – 162 KVA  
 = 338 KVA

- Sebelum pemasangan kapasitor bank

Branch Loading Summary Report

CKT / Branch		Busway / Cable & Reactor			Transformer				
ID	Type	Ampacity (Amp)	Loading Amp	%	Capability (MVA)	Loading (input)		Loading (output)	
						MVA	%	MVA	%
T1	Transformer				0.500	0.134	26.7	0.133	26.5

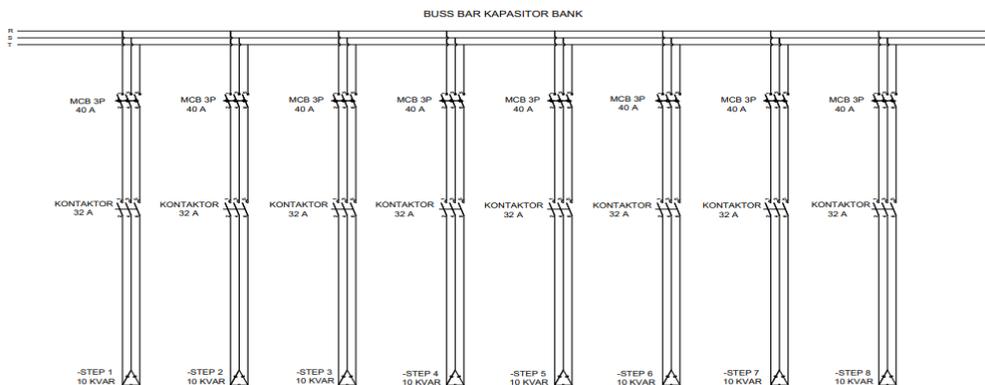
\* Indicates a branch with operating load exceeding the branch capability.

Gambar 4. Beban transformator satu setelah pemasangan kapasitor bank

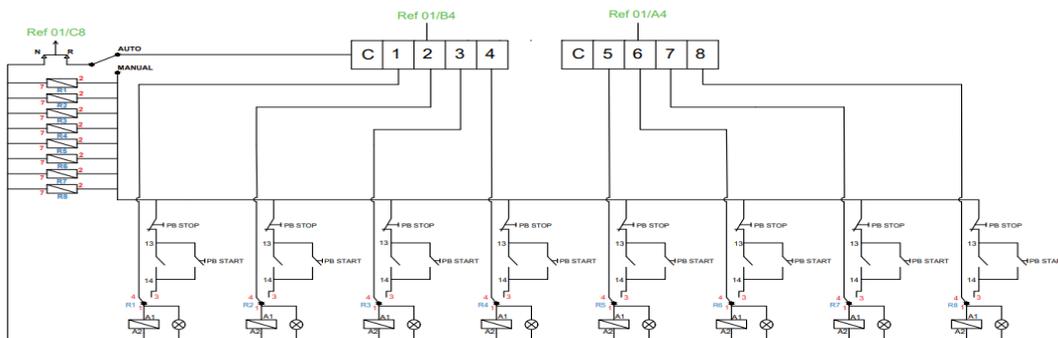
Kapasitas transformator = Kapasitor transformator satu – Beban tersedia  
 = transformator satu  
 = 500 KVA – 133 KVA  
 = 367 KVA

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan di atas, kapasitor bank 80 KVAR mampu meningkatkan kapasitas transformator satu Bandar Udara Internasional Halim Perdanakusuma. Dengan demikian, Bandar Udara Internasional Halim Perdanakusuma tidak lagi mengalami kerugian kapasitas pembebanan transformator.

**4. Single Line Diagram Kapasitor Bank**



Gambar 5. Rangkaian daya kapasitor bank



Gambar 6. Rangkaian control kapasitor bank

Gambar di atas merupakan single line diagram kapasitor bank 80 KVAR. Komponen pada single line diagram berdasarkan pada analisis yang telah dilakukan. Fungsi dari single line diagram digunakan untuk memudahkan dalam proses perancangan kapasitor bank.

#### **SIMPULAN**

1. Kapasitas kapasitor bank yang dibutuhkan untuk meningkatkan faktor daya rata-rata awal senilai 0,81 menjadi nilai faktor daya yang diinginkan senilai 0,99 yaitu sebesar 80 KVAR.
2. Kapasitor bank yang digunakan menggunakan delapan step dengan alasan biaya komponen lebih murah dibandingkan dengan menggunakan step yang lain.
3. Simulasi penggunaan kapasitor bank 80 KVAR menggunakan ETAP 19.01 menunjukkan bahwa peningkatan nilai faktor daya dapat meningkatkan kapasitas pembebanan pada transformator satu Bandar Udara Internasional Halim Perdanakusuma.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Dani, A., & Hasanuddin, M. (2018). Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Sebagai Kompensator Daya Reaktif (Studi Kasus STT Sinar Husni). Seminar Nasional Royal (SENAR) 2018, 673–678.
- Esy, Y., & Sigit, L. (2021). ANALISA PERBAIKAN FAKTOR DAYA SISTEM KELISTRIKAN. XI(1), 103–113.
- Nurmahandy, K. D., Isnur Haryudo, S., Aribowo, W., & Widyartono, M. (2021). Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Barata PT PLN Ngagel Surabaya. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(01), 261–270.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, R&D* (Dr. Ir. Sutopo, Ed.; 2nd ed.). Alfabeta.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 (2009).