



**Desain dan Analisa Performansi Power Quality pada
Pengembangan Bay Kapasitor 20 kV-20 MVAR
di Gardu Induk Miniatur**

TESIS

Thesis diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Magister



Disusun Oleh

DEDHY MAHENDRA ADHIE PUTRA

NIM. 220121802002

**JURUSAN MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA**

2023

PERNYATAAN ORISINALITAS THESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Thesis ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah Thesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Thesis dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).



Depok, Agustus 2023

DEDHY MAHENDRA ADHIE PUTRA

NIM. 220121802002

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

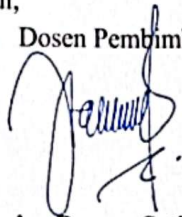
Thesis ini diajukan oleh :

Nama : DEDHY MAHENDRA ADHIE PUTRA
NPM : 220121802002
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Judul Thesis : Desain dan Analisa Performansi Power Quality
pada Pengembangan Bay Kapasitor 20 kV-20
MVAR di Gardu Induk Miniatur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk Memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Study Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I



(Dr. Antonius Darma Setiawan, S.Si., MT)

NIK. S092020100001

Dosen Pembimbing II



(Agung Pangestu, S.Pd., M.Sc.Eng)

NIK. S092020070001

Menyetujui,

Ketua Prodi Magister Teknik Elektro


Jakarta Global
University

(Sinka Wilyanti, ST, MT)

NIK. S092012120066

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Agustus 2023

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

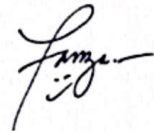
Thesis ini diajukan oleh :

Nama : DEDHY MAHENDRA ADHIE PUTRA
NPM : 220121802002
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Judul Thesis : Desain dan Analisa Performansi Power Quality
pada Pengembangan Bay Kapasitor 20 kV-20
MVAR di Gardu Induk Miniatur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk Memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Study Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

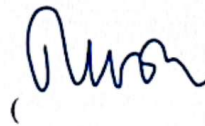
Penguji 1: Dr. Yanuar Zulardiansyah Arief, CEng. (

)

Penguji 2 : Adhes Gamayel, Ph.D

)

Penguji 3 : Mauludi Manfaluthy, ST, MT

)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Agustus 2023

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat kepada kita semua dan memberikan kesempatan kepada saya guna menuntut ilmu dan pengetahuan dalam Program Studi Magister Teknik Elektro di Universitas Global Jakarta. Tak lupa dalam kesempatan kali ini saya mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada Dr. Antonius Darma Setiawan, S.Si., MT dan Agung Pangestu, S.Pd, M.Sc.Eng atas segala tenaga dan pikiran beliau dalam membimbing saya selama program ini. Saya juga berharap ilmu dan pengetahuan yang diperoleh selama program ini berguna tidak hanya di lingkungan pekerjaan sehari-hari serta memberikan nilai manfaat dan kemaslamatan masyarakat serta memberikan kontribusi terbaik dan optimal untuk membangun bangsa dan negara dalam bidang teknik elektro pada khususnya.

Salam Hormat,

Dedhy Mahendra AP

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : DEDHY MAHENDRA ADHIE PUTRA
NPM : 220121802002
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Judul Thesis : Desain dan Analisa Performansi Power Quality pada Pengembangan Bay Kapasitor 20 kV-20 MVAR di Gardu Induk Miniatur

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Desain dan Analisa Performansi Power Quality pada Pengembangan Bay Kapasitor 20 kV-20 MVAR di Gardu Induk Miniatur

Berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, Agustus 2023

Yang menyatakan


METERAI
TEMPEL
Rp 10.000
No. 2732AJX694203419
Dedhy Mahendra AP

ABSTRAK

Dengan semakin banyaknya penggunaan peralatan seperti penggunaan motor-motor, trafo, maka secara umum faktor daya sistem PLN akan turun, untuk itu perlu dikompensasi dengan penggunaan kapasitor. *Power Quality* pada thesis ini mengenai dampak penggunaan kapasitor pada sistem 20 kV untuk mereduksi energi reaktif sehingga faktor daya semakin baik. Pada sistem kondisi saat ini kapasitor 20 kV-20 MVAR terpasang dengan sistem 4 blok (masing-masing 50 MVAR) dengan sensor faktor daya tiga fase. Sistem ini rencana dikembangkan menjadi 12 blok dengan sensor pada setiap masing-masing fase. Hasil simulasi beban linier sistem 12 step dapat meningkatkan faktor daya dan menurunkan daya aktif sebesar 4,75 kW dari sistem konvensional pada beban tidak seimbang ($R_{123}:100\Omega$, $L_1:50\text{ mH}$, $L_2:20\text{ mH}$, $L_3:500\text{ mH}$). Sedangkan pada simulasi sistem beban non linier sistem 12 step dengan konverter 3AC/1DC memiliki faktor daya tertinggi dan ripple tegangan output paling rendah dibandingkan dengan sistem konvensional, sedangkan untuk tingkat harmonisa arus input (THDi) didapat perbedaan nilai yang rata-rata sebesar 30,813926% dibandingkan sistem konvensional 30,814122%, sistem 4 Step sebesar 30,814115%.

Kata kunci : **power quality, kapasitor, sensor, faktor daya, energi, beban linier, beban non linier.**

ABSTRACT

Enhancement use of inductive equipment such as the use of motors, transformers, in general the power factor of the PLN system will decrease, for this it is necessary to compensate by using capacitors. Power Quality in this thesis is about the impact of using capacitors in a 20 kV system to reduce reactive energy so that the power factor gets better. In the system current conditions 20 kV-20 MVAR capacitors are installed with a system of 4 blocks (50 MVAR each) with a three-phase power factor sensor. This system is planned to be developed into 12 blocks with sensors in each phase. The results of the linear load simulation of a 12-step system can increase the power factor and reduce the active power by 4.75 kW from the conventional system at unbalanced load ($R_{123}:100\Omega$, $L_1:50\text{ mH}$, $L_2:20\text{ mH}$, $L_3:500\text{ mH}$). Whereas in the non-linear load system simulation, the 12-step system with 3AC/1DC converter has the highest power factor and the lowest output voltage ripple compared to conventional systems, while for the harmonic level of the input current (THDi), the difference in the average value is 30.813926. % compared to the conventional system of 30.814122%, the 4 Step system of 30.814115%.

Keywords : power quality, capacitors, sensors, power factor, energy, linear loads, non-linear loads.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS THESIS	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
1.5. Batasan Masalah.....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Dasar Teoritis Pembebanan.....	4
2.1.1. Beban linier.	4
2.1.2. Beban non linier.	6
2.1.2.1. Rangkaian Penyearah Satu Fasa.....	6
Penyearah Setengah Gelombang Satu Fasa	6
Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa	8
2.1.2.2. Rangkaian Penyearah Tiga Fasa	9
2.1.2.3. Parameter Rangkaian Penyearah	11
Rasio Penyearahan	11
<i>Form Factor</i>	11
Faktor <i>Ripple</i>	12
2.1.2.4. Rectifier sebagai sumber Harmonisa.....	12
Pengaruh Terhadap Power Faktor	13
<i>Total Harmonic Distortion (THD)</i>	16
2.2. Sistem Kapasitor Bank	19

2.2.	Sistem Kapasitor Bank	19
2.2.1.	Dasar teori sistem kapasitor bank	19
2.2.2.	Kapasitor Bank.....	21
2.3.	Sistem Kontroller	23
2.3.1.	Cara Kerja Sistem Kontroller.....	23
2.3.2.	Peralatan Sistem Kontroller.....	24
2.3.2.1.	Sensor Arus & Tegangan.....	24
2.3.2.2.	Peralatan Kontroller	25
2.3.2.3.	Peralatan Pemutus Tenaga.....	25
BAB III. METODE PENELITIAN.....		27
3.1.	Jenis Penelitian.....	27
3.2.	Alur Penelitian	27
3.3.	Fokus Penelitian	28
3.4.	Teknik Pengumpulan Data.....	29
3.5.	Teknik Analisis Data.....	29
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		31
4.1.	Perencanaan Desain Simulasi	31
4.1.2.	Perencanaan Desain Simulasi Beban Non Linier.....	31
4.2.	Simulasi Beban Linier	32
4.2.1.	Sistem Konvensional tanpa Kapasitor.....	32
4.2.2.	Sistem saat ini dengan Kapasitor (4 Step)	33
4.2.3.	Sistem yang diteliti dengan Kapasitor (12 Step).....	34
4.3.	Simulasi Beban Non Linier.....	36
4.3.1.	Simulasi dengan konverter 3 Fase AC - 1 Fase DC.....	36
4.3.1.1.	Sistem Konvensional tanpa Kapasitor dengan konverter 3AC/1DC .	36
4.3.1.2.	Sistem Kapasitor (4 Step) dengan konverter 3AC/1DC.....	38
4.3.1.3.	Sistem Kapasitor (12 Step) dengan konverter 3AC/1DC.....	40
4.3.2.	Simulasi dengan konverter 3 Fase AC - 3 Fase DC.....	42
4.3.2.1.	Sistem Konvensional tanpa Kapasitor dengan konverter 3AC/3DC .	42
4.3.2.2.	Sistem saat ini dengan Kapasitor (4 Step) dengan konverter 3AC/3DC	48
4.3.2.3.	Sistem Kapasitor (12 Step) dengan konverter 3AC/3DC.....	53
4.4.	Perbandingan hasil ketiga sistem	58
4.4.1.	Hasil simulasi ketiga sistem dengan beban linier	58

4.4.2.	Hasil simulasi ketiga sistem dengan beban non linier.....	59
4.5.	Analisa perhitungan hasil ketiga sistem	61
4.5.1.	Analisa perhitungan sistem konvensional dengan beban linier	61
4.5.2.	Analisa perhitungan sistem menggunakan kapasitor dengan beban linier.....	62
4.5.3.	Analisa perhitungan beban non linier dengan konverter 3AC/1DC ..	64
4.5.4.	Analisa perhitungan beban non linier dengan konverter 3AC/3DC ..	67
BAB V. PENUTUP		72
5.1.	Kesimpulan	72
5.2.	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA		73
LAMPIRAN.....		76

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan semakin berkembangnya kebutuhan listrik dan perkembangan industri, berakibat semakin banyak penggunaan peralatan listrik. Dengan berkembangnya beban dan macam jenis peralatan listrik, terutama pemakaian pada beban linier reaktansi seperti penggunaan motor-motor industri besar, pompa, peralatan sumber arus seperti las listrik dll, dapat berpengaruh pada pengurangan faktor daya pada sistem tenaga listrik. Selain itu, dapat juga pemakaian pada beban non linier seperti konverter, inverter, atau peralatan pencacah tegangan lainnya menyebabkan distorsi sistem tenaga listrik.

Dalam PERMEN ESDM No.20 tahun 2020 tentang Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik (Grid Code) pada Aturan Penyambungan disebutkan “faktor daya pada titik sambung jaringan dijaga kisaran 0.9 lagging sampai dengan 0.9 leading”. Untuk itu PLN berusaha menjamin bahwa faktor daya sistem pada range nilai tersebut. Faktor Daya pada *incoming* 20 kV di GI Miniatur sebelum dipasang kapasitor bervariasi antara 0,89 sd 0.94.

Pemasangan kapasitor pada sistem tenaga listrik banyak dipakai oleh industri. Karena kapasitor dapat berfungsi sebagai alat kompensasi daya listrik pada beban linier untuk mendapatkan faktor daya yang lebih baik. Selain itu kapasitor digunakan untuk filter pada beban non linier untuk tetap mempertahankan atau memperbaiki arus dan tegangan listrik agar bentuknya tetap murni (sinusoidal).

1.2. Rumusan Masalah

Saat ini sistem dengan menggunakan kapasitor 20 kV-20 MVAR dengan sensor penyalan menggunakan 4 step belum merupakan sistem terbaik, apakah dengan perubahan penyalan dengan faktor daya pada setiap fase namun tetap dengan menggunakan jumlah kapasitor yang sama (20 MVAR) merupakan sistem yang lebih baik. Penulis melihat masih ada hal yang bisa dikembangkan dan dikaji pada instalasi yang diteliti.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui:

- a. Memahami cara kerja dari kapasitor bank.
- b. Membuat desain sistem kelistrikan 20 kV dengan kontrollemnya.
- c. Menganalisa performansi pengembangan controller dari yang sebelumnya dari 4 step menjadi 12 step pada Bay Kapasitor 20 kV GI Miniatur.
- d. Menganalisa performansi penggunaan sensor pada masing-masing fasa maka jumlah kapasitor yang masuk/ON berbeda setiap fase sehingga nilai power faktor dapat ditingkatkan.
- e. Membandingkan simulasi sistem konvensional tanpa kapasitor, Sistem saat ini dengan kapasitor (4 step), sistem yang diteliti dengan kapasitor (12 step).

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk mendapatkan sistem di PLN yang lebih baik, dengan pengembangan controller pada sistem saat ini, dimana diharapkan power faktor daya, ripple tegangan dan harmonisa sesuai dengan ketentuan PERMEN ESDM No.20 tahun 2020.

1.5. Batasan Masalah

Desain perencanaan sistem dengan menggunakan data peralatan sumber, trafo, jumlah kapasitor menggunakan nilai dan parameter yang sama, sedangkan simulasi penggunaan beban menggunakan beban variatif seperti beban resistif, beban induktif, beban kapasitif, beban unbalance. Parameter yang diukur dan dibandingkan adalah faktor daya dan daya aktif pada 3 (tiga) sistem yaitu sistem konvensional, sistem saat ini (4 step) dan sistem yang diajukan (12 step).

1.6. Sistematika Penulisan

Penelitian ini menggunakan cara, metode seperti berikut ini:

- a. Bab I : berisi latar belakang, tujuan dan batasan penelitian.
- b. Bab II : berisi kajian secara teoritis.
- c. Bab III : berisi metodologi penelitian, alur penelitian, fokus penelitian, teknik pengumpulan data dan teknik analisis data.

- d. Bab IV : melakukan pendataan peralatan, melakukan simulasi dengan beberapa model sistem, menganalisa hasil simulasi secara teoritis dan obyektif.
- e. Bab V: mengambil kesimpulan dari hasil penelitian secara lengkap dan komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. F. H. I. A. H. H. S. Sulistyowati, "Analisis Perencanaan Capacitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Pusat Perbelanjaan Blitar Square.," *Jurnal Sistem Kelistrikan*, 2021.
- [2] M.Adam., "Desain dan Implementasi Kontrol Power Factor Correction Berbasis P-Q Theory pada Capacitor Bank.," *ITS*, 2018.
- [3] K. Alland, "Perancangan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Line Mess I Di PT. Bumi Lamongan Sejati (WBL)," *Unesa*, 2000.
- [4] M. Rashid, *Power Electronics*, Academic Press, 2001.
- [5] Lab. Teknik Energi Institut Teknologi Nasional, "Dioda Penyearah Satu Fasa dan Tiga Fasa".
- [6] D. Mahendra Adhie Putra, "Perancangan Performansi Boost Konverter dengan Predictive State Observer dan Arus Loop Controller," *ITS*, 2008.
- [7] M. F. M. Roger C Dugan, *Power Systems Quality*, Mc Graw Hill, 2004.
- [8] H. Sugiarto, "Mereduksi Harmonisa Arus Dan Rugi Daya Akibat Beban Non Linier Dengan Memanage Penggunaan Beban Listrik Rumah Tangga," *Jurnal Elkha*, 2015.
- [9] E. E. Yudi Adriko Putra, "Studi Pengaruh Beban Non Linear Terhadap Keberadaan Arus Netral Di Gedung Pusat Komputer Universitas Riau," *Jom FTEKNIK*, 2016.
- [10] A. IEEE Society, *IEEE 519-2014 Recommended Praticice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems.*, IEEE Society, 2014.
- [11] P. Eko, "Analisis Tinjauan Ekonomi Teknis dalam Pemasangan Kapasitor Bank untuk Memperbaiki Nilai Faktor Daya pada Beban Industri.," *AVITEC*, pp. 137-150, 2022.
- [12] S. L. Yendi Esye, "Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan," 2021.
- [13] A. S. IEEE, *IEEE 18-2002 Standard for Shunt Power Capacitors.*, 2002.
- [14] PT PLN (Persero), "Data Peralatan Kapasitor 20 kV-20 MVAR.," 2014.
- [15] E. W. S. M. I. H. E. M. Abdillah, "Rancang Bangun Rangkaian AC to DC Full Converter," *ITS*.
- [16] E. B. Hariyadi, *Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank pada Peralatan Rumah Tangga*, Yogya: Univertitas Negeri Yogyakarta, 2015.
- [17] E. E. D. Y. Akto Sello, "Kajian Penempatan Kapasitor Bank Menggunakan Metode Genetik Algoritma Pada South Balam Feeder 1 Pt Chevron Pacific Indonesia," vol. 2, p. FTEKNIK, 2014.
- [18] D. Kaladri, "Studi Pemasangan Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Faktor Daya Dalam Rangka Menekan Biaya Operasional Pada Jaringan Distribusi 20 kV," *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2012.

- [19] A. W. H. Tony Koerniawan, "Kajian Harmonisa pada Pemakaian Tenaga Listrik Gendung STT PLN," *KILAT*, vol. 8, 2019.
- [20] M. I. Bambang Sudibya, "Analysis Of The Effect Of Linear And Non Linear Loads On The Effectiveness Of Single Phase Transformers," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi*, vol. 6, 2018.
- [21] M. Z. E. S. Sigit Prasetya, "Pemanfaatan Harmonisa pada Beban Non Linier Sebagai Sumber Energi Menggunakan Full Bridge DC-DC Converter dan Inverter," *ITS*.
- [22] Y. E. A. P. Feety Zulianti, "Kapasitor Bank Sebagai Solusi Efisiensi Sistem Kelistrikan Pada Pabrik Semen Di Baturaja," *Jurnal Rekayasa Elektro Sriwijaya*, vol. 2.
- [23] D. P. P. M, "Efektifitas Penggunaan Kapasitor Bank Untuk Faktor Daya Pada Batu Night Spectacular (BNS)," *Jurusan Teknik Elektro*, vol. 7, pp. 63-69, 2018.
- [24] S. I. H. W. A. M. W. Kanda Dias Nurmahandy, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Barata Pt Pln Ngagel Surabaya," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 1, pp. 261-270, 2021.
- [25] Y. R. N. Z. P. Dimas Teguh Wibowo, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di Masjid Agung Serdang Bedagai," *Journal of Electrical Technology*, vol. 8, no. 1, 2023.
- [26] Yuwardi, "Analisis dan Simulasi Pengaruh Pensaklaran Kapasitor Bank dan Beban Kombinasi Resistif dan Induktif pada Tenaga Listrik," *UI*.
- [27] S. Meiriyanti, "Pengaruh Penempatan Kapasitor Bank Pada Trafo Distribusi Jaringan 20 kV Dalam Perbaikan Faktor Daya (Studi Kasus Pada Penyulang Kh-08 Jl.Pelabuhan, Pusong Rayon Krueng Geukueh)," *Jurnal Energi Elektrik*, vol. 7, no. 1, 2018.
- [28] I. H. K. Bayu Febri Alfianto, "Rancang Bangun Pengendali Kapasitor Bank Untuk Koreksi Faktor Daya Listrik Berbasis Internet of Things," *JURNAL RISET REKAYASA ELEKTRO*, vol. 2, pp. 81-88, 2022.
- [29] D. Y. S. Farisi Al Ayyubi, "Analisa Kebutuhan Kapasitas Kapasitor Bank Untuk Menjaga Pasokan Tegangan Operasi Pada Bus Pompa Motor HCT Duri," *FTEKNik*, vol. 4, 2017.
- [30] M. M. S. Ahmad Sofyan Efendy, "Analisa OptimasiFaktor Daya Terhadap Penggunaan Kapasitor Bank Pada PT. Barindo Anggun Industri," *Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika*, 2022.
- [31] A. K. I. K. R. S. K. Ruliyanta, "Load Flow Analysis Capacitor Bank dengan Metode Kompensasi Individu dan Kompensasi Global," *GIGA*, 2021.
- [32] H. Bukti, "Studi Analisis Kebutuhan Kapasitor Bank Terhadap Perbaikan Faktordaya Pada Unit Water Intakept Pupuk Iskandar Muda," *Seminar Nasional Universitas Panca Budi*, 2021.
- [33] Y. Sartika, "Sistem Pengoperasian Kapasitor Bank Dan Monitoring Menggunakan Internet Of Things (IoT) Di Gedung Elektro," 2021.
- [34] Maswar Mujahidy Ritonga, "Penggunaan Kapasitor Bank Sebagai Media Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Gedung Pelayanan Kesehatan," 2019.

- [35] A. U. K. A. L. Choirul Saleh, "Implementasi Bank Kapasitor Untuk Perbaikan Profil Tegangan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Software ETAP Power Station di Rayon Besuki," *Elektrika*, vol. 1, 2017.
- [36] D. P. M. R. Safrizal, "Pengurangan Susut Tegangan dan Losses Pada Penyulang Ct 1 Balam GH Bireuen Saluran Distribusi Primer 20 kV dengan Kapasitor Bank 2,45 MVAR," *Scitich*, 2022.
- [37] A. P. Akhwan, "Rancang Bangun Simulator Perbaikan Faktor Daya Listrik 3 Fasa dengan Sistem Kendali Otomatis," *Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI)*
- [38] R. N. R. Rheksi Hermawan, "Pemanfaatan Arduino untuk Penentuan Kapasitansi Kapasitor pada Perbaikan Faktor Daya," *PROTEK*, 2017.
- [39] E. I. K. N. mawan Hasibuan, "Penentuan Kapasitas Kapasitor Shunt Dalam Perbaikan $\cos \Phi$ Pada Gedung Workshop Teknik Mesin Unimed Dengan Beban Yang Bervariasi," *JESCE*, 2020.
- [40] H. T. Yudistira, "Analisis Pengaruh Penyisipan Penyimpanan Kapasitor Menggunakan Metode Fuzzy," *Jurnal Deli Sains Informatika*, 2022.
- [41] R. A. Fahlevi, "Peningkatan Produktivitas Pabrik Kertas dengan Mempertimbangkan Power Faktor dan Menggunakan Kapasitor Bank Di PT Dayasa Aria Prima," *JRSI*, vol. 8, 2023.
- [42] Deri Rio Haryanto, "Perancangan Kebutuhan Kapasitor Daya Listrik pada PT. Pupuk Kujang Cikampek," 2019.
- [43] K. B. R. D. a. S. S Hasan, "Simulation Evaluation of Capacitor Bank Impact on Increasing Supply Current for Alumunium Production," *International Conference on Computing and Applied Informatics*, 2017.
- [44] F. A. Noor, "Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket," *Unnes*, 2017.
- [45] Pitra Mardiono, "Studi Pemakaian Kapasitor Bank Pada Sistem Kelistrikan Pt Bintang Gasing Persada," 2020.
- [46] S. Tri Agung Prabowo, "Simulasi Kualitas Daya Listrik Di PT. Arisamandiri Pratama," *Universitas Semarang*.
- [47] T. M. H. Tasmono, "Analisa Penggunaan Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Faktor Daya Listrik Di Pt. Sebastian Citra Indonesia".
- [48] A. D. H. C. A. Alto Belly, *Daya Aktif, Reaktif & Nyata*, Jakarta: UI, 2010.
- [49] O. P. Emmy Hosea, *Pengaruh Capacitor Bank Switching Terhadap Kualitas Daya*.
- [50] P. Koes Indrakoesoema, *Analisis Pemasangan Kapasitor Bank Pada Busbar BHA, BHB dan BHC Di PRSG*.