

ANALISIS PERBAIKAN FAKTOR DAYA DAN NILAI TEGANGAN DI POLTEKKES SEMARANG

Harits Akmal Adi Wicaksono^{*)}, Susatyo Handoko dan Ajub Ajulian Zahra

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: harits120899@gmail.com

Abstrak

Gedung Pascasarjana merupakan salah satu bangunan yang berfungsi untuk administrasi dan perkuliahan di Poltekkes Kemenkes Semarang yang terdiri dari 6 lantai. Pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan analisis perbaikan faktor daya dan nilai tegangan menggunakan software ETAP 12.6 dengan perhitungan manual dan simulasi Optimal Capacitor Placement. Standar yang dipakai mengacu pada SPLN 70-1 bahwa faktor daya tidak boleh kurang dari 85% dan SPLN 72:1987 bahwa batas toleransi tegangan adalah $\pm 4\%$ dari tegangan sistem. Setelah dilakukan analisis kondisi eksisting pada Gedung Pascasarjana, terdapat 6 bus dengan faktor daya kurang dari 85% yaitu pada Bus Penerangan. Sedangkan tidak ditemukan bus dengan nilai tegangan dibawah $\pm 4\%$ atau sudah sesuai standar. Berdasarkan kondisi tersebut dilakukan pemasangan capacitor bank menggunakan perhitungan manual dan simulasi OCP dengan target faktor daya 90% pada tiap Bus Penerangan. Dari hasil perhitungan manual faktor daya pada tiap Bus Penerangan berada pada rentang 89,7%-89,9% dan dengan OCP berada pada rentang 90%-99%. Selain itu, terjadi peningkatan faktor daya pada Gedung Pascasarjana mencapai 94,6% dengan perhitungan manual dan 95,3% dengan OCP, nilai tegangan stabil berada pada rentang 97%-99%, pemakaian kVAR berkurang dari 49,347 kVAR menjadi 42,906 kVAR dengan perhitungan manual dan menjadi 39,804 kVAR dengan OCP.

Kata kunci: SPLN 72:1987, SPLN 70-1, capacitor bank, optimal capacitor placement, faktor daya

Abstract

Pascasarjana Building is a building that functions for academic activity at Poltekkes Semarang which consists of 6 floors. In this final project will carried out an analysis in improvement of power factor and voltage using ETAP 12.6 with manual calculations and OCP. The standard used refers to SPLN 70-1 that the power factor should not less than 85% and SPLN 72:1987 that the voltage tolerance limit is $\pm 4\%$. After analyzing the existing conditions, there are 6 buses with power factor of less than 85%. Meanwhile, no buses were found with a voltage value below $\pm 4\%$ or already according to the standard. Based on conditions, the capacitor bank was installed using manual calculations and OCP simulations with target power factor is 90% for each Lighting Bus. From the results of manual calculations, power factor on each Lighting Bus is in the range 89,7% -89,9% and with OCP in the range 90%-99%. In addition, the power factor at the Pascasarjana Building reaches 94,6% with manual calculations and 95,3% with OCP, the voltage stable in range of 97% -99%, the use of kVAR is reduced from 49,347 kVAR to 42,906 kVAR with manual calculations and to 39,804 kVAR with OCP.

Keywords: SPLN 72:1987, SPLN 70-1, capacitor bank, optimal capacitor placement, power factor

1. Pendahuluan

Pada awalnya, Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang (Poltekkes Kemenkes Semarang) terbentuk dari gabungan 11 Akademi Kesehatan binaan Depkes RI di Provinsi Jawa Tengah, diantaranya Akademi Keperawatan Departemen Kesehatan Semarang, Magelang, Purwokerto, Blora dan Pekalongan, Akademi Kesehatan Lingkungan Departemen Kesehatan Purwokerto, Akademi Kebidanan Departemen

Kesehatan Magelang dan Semarang, Akademi Kesehatan Gigi Departemen Kesehatan Semarang, Akademi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Departemen Kesehatan Semarang serta Akademi Gizi Departemen Kesehatan Semarang yang kemudian melahirkan Jurusan dan Prodi di Politeknik Kesehatan Departemen Kesehatan Semarang [1].

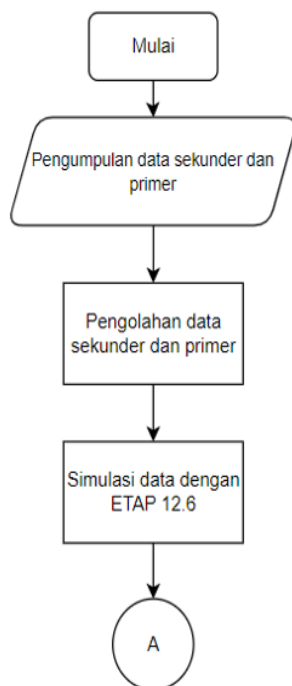
Kualitas daya listrik merupakan sebuah konsep yang mendeskripsikan mengenai mutu daya listrik. Kualitas

daya listrik yang baik akan memberikan nilai kompensasi energi listrik yang sedikit dan akan memberikan sifat penghematan energi listrik. Salah satu hal yang dapat mempengaruhi baik buruknya kualitas daya listrik yaitu nilai faktor daya dan nilai tegangan dalam suatu sistem tenaga listrikan [2]. Faktor daya dinyatakan dengan *cos phi* didefinisikan sebagai perbandingan daya aktif (kW) yaitu daya yang sesungguhnya dibutuhkan oleh beban dan daya semu (kVA) yaitu daya yang dihasilkan dari perkalian tegangan dan arus listrik. Sedangkan tegangan dinotasikan (V) dengan satuan volt didefinisikan sebagai perbedaan potensial muatan antara dua titik didalam suatu medan listrik [3]. Penyebab rendahnya faktor daya dapat disebabkan oleh pemakaian kVAR yang terlalu tinggi, sedangkan penyebab *drop* tegangan adalah panjang saluran penghantar[4].

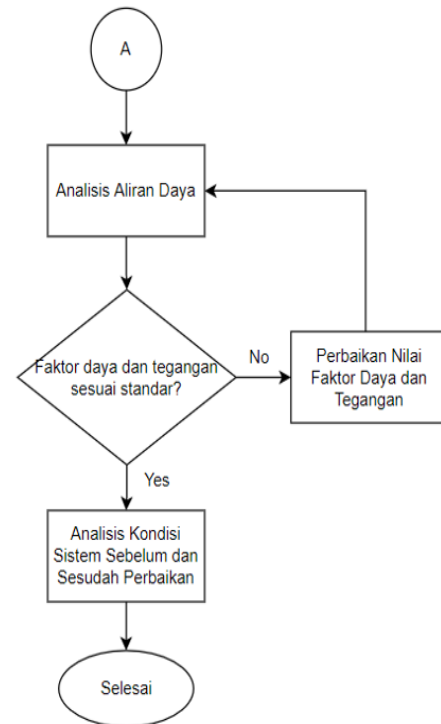
Setelah dilakukan pengukuran diperoleh hasil bahwa gedung Pascasarjana Poltekkes Kemenkes Semarang memiliki nilai faktor daya yang tidak sesuai standar pada Bus Penerangan. Menurut SPLN 70-1 nilai faktor daya harus lebih dari 85%. Sedangkan pada nilai tegangan sudah memenuhi standar SPLN 72:1987 bahwa batas toleransi tegangan harus $\pm 4\%$ dari tegangan yang bekerja. Perbaikan faktor daya dan tegangan sangat diperlukan agar Gedung Pascasarjana Poltekkes Kemenkes Semarang menjadi gedung yang memenuhi standar SPLN 70-1 dan SPLN 72:1987 [5].

2. Metode Penelitian

2.1. Langkah Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. (lanjutan)

2.2. Metode yang digunakan

2.2.1. Power factor correction

Perbaikan faktor daya dapat dilakukan menggunakan rumus *power factor correction* untuk menentukan kebutuhan kVAR yang diperlukan untuk mencapai target faktor daya yang diinginkan [6].

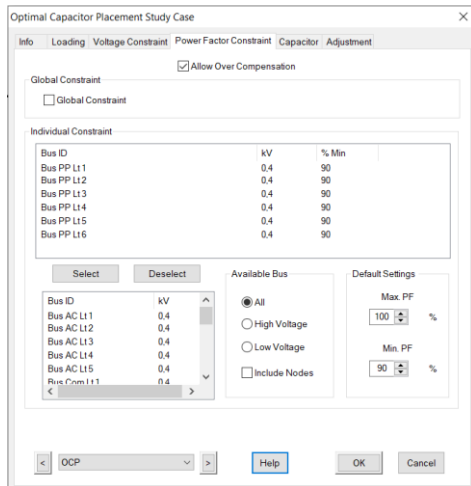
$$Q_c = P(\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad (1)$$

dimana

- Q_c : Nilai koreksi faktor daya (kVAR)
- P : Nilai daya aktif (kW)
- ϕ_1 : Sudut faktor daya sebelum perbaikan
- ϕ_2 : Sudut faktor daya sesudah perbaikan

2.2.2. Optimal Capacitor Placement

Perbaikan faktor daya dapat dilakukan menggunakan simulasi *Optimal Capacitor Placement* dengan *software* ETAP 12.6. Tahapan yang perlu dilakukan adalah menentukan target minimal faktor daya dan kandidat bus dengan faktor daya yang kurang dari standar [7]. Adapun *setting* pada OCP dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Tampilan setting OCP

Fungsi objektif OCP pada ETAP 12.6.0 secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut [8] :

$$OF = \sum_{i=1}^{N_{bus}} X_i C_{0i} + Q_{ci} C_{li} + B_i C_{2i} T + C_2 \sum_{l=1}^{N_{load}} T_l P_L^l \quad (2)$$

dimana

- N_{bus} : Nomor dari kandidat bus
- N_{load} : Nomor beban
- X_i : 0/1, 0 artinya tidak ada kapasitor yang terpasang pada bus i
- C_{0i} : Biaya pemasangan
- C_{li} : Biaya per kVAR dari *capacitor bank*
- Q_{ci} : Nilai kapasitor bank dalam kVAR
- B_i : Nomor dari *capacitor bank*
- C_{2i} : Biaya operasi dari kapasitor per tahun
- T : Rencana dalam tahun
- C_2 : Biaya dari *losses* kWh, dalam \$/kWh
- l : Level beban, maximum, rata-rata dan minimum
- T_1 : Durasi waktu, dalam jam, dari level beban 1
- P_L^l : *Losses* total dari sistem pada level beban 1

2.3. Data Penelitian

2.3.1. Data kabel dan transformator

Tabel 1. Data kabel

Identitas Kabel	Jenis Penghantar	Isolator	Luas Penampang (mm ²)	Tahanan (Ω/km)
Kabel MDP	Tembaga	PVC	35	0,52
Kabel SDP Lantai 1	Tembaga	PVC	25	0,73
Kabel SDP Lantai 2	Tembaga	PVC	25	0,73
Kabel SDP Lantai 3	Tembaga	PVC	25	0,73
Kabel SDP Lantai 4	Tembaga	PVC	25	0,73
Kabel SDP Lantai 5	Tembaga	PVC	25	0,73
Kabel SDP Lantai 6	Tembaga	PVC	25	0,73
Kabel AC Lantai 1	Tembaga	PVC	6	3,08
Kabel AC Lantai 2	Tembaga	PVC	6	3,08

Tabel 1. (lanjutan)

Identitas Kabel	Jenis Penghantar	Isolator	Luas Penampang (mm ²)	Tahanan (Ω/km)
Kabel AC Lantai 3	Tembaga	PVC	6	3,08
Kabel AC Lantai 4	Tembaga	PVC	6	3,08
Kabel AC Lantai 5	Tembaga	PVC	6	3,08
Kabel PP Lantai 1	Tembaga	PVC	6	3,08
Kabel PP Lantai 2	Tembaga	PVC	6	3,08
Kabel PP Lantai 3	Tembaga	PVC	6	3,08
Kabel PP Lantai 4	Tembaga	PVC	6	3,08
Kabel PP Lantai 5	Tembaga	PVC	6	3,08
Kabel PP Lantai 6	Tembaga	PVC	6	3,08
Kabel Komputer Lt 1	Tembaga	PVC	6	3,08
Kabel Komputer Lt 2	Tembaga	PVC	6	3,08
Kabel Komputer Lt 3	Tembaga	PVC	6	3,08
Kabel Komputer Lt 4	Tembaga	PVC	6	3,08
Kabel Lift	Tembaga	PVC	25	0,73

Tabel 2. Data transformator

Transformator	
Jenis Trafo	3 fasa
Frekuensi	50 Hz
Nominal Rating	800 kVA
Nominal Voltage	20kV / 400V
Nominal Current	23,09 A / 1154,70 A
Type of Oil	Mineral Oil
X/R	3,5

2.3.1. Data hasil pengukuran

Tabel 3. Data hasil pengukuran

Identitas Bus	Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Semu (kVA)	Daya Nyata (kW)	Faktor Daya
Bus AC Lantai 1	R	231,8	17,6	4,4	4,0	0,907
	S	233,5	17,9	4,2	3,8	0,916
	T	233,3	19,6	4,9	4,6	0,966
Bus Penerangan Lantai 1	R	231,6	8,0	1,9	1,4	0,774
	S	233,0	8,1	1,9	1,4	0,715
	T	232,5	6,3	1,5	1,0	0,691
Bus AC Lantai 2	R	229,4	47,9	11,0	10,1	0,921
	S	230,8	50,8	11,7	10,9	0,931
	T	230,7	49,9	11,5	10,5	0,914
Bus Penerangan Lantai 2	R	228,8	11,4	2,6	1,9	0,744
	S	230,1	5,6	1,3	1,0	0,734
	T	230,1	8,8	2,0	1,6	0,772
Bus AC Lantai 3	R	230,1	27,5	6,3	6,3	0,993
	S	232,0	23,0	5,3	5,3	0,992
	T	232,9	13,1	3,1	3,0	0,988
Bus Penerangan Lantai 3	R	230,0	7,6	1,7	1,4	0,804
	S	232,3	9,3	2,2	1,9	0,891
	T	232,9	6,8	1,6	1,2	0,741
Bus AC Lantai 4	R	231,6	20,4	4,7	4,6	0,979
	S	233,2	23,8	5,6	5,5	0,985
	T	234,0	14,3	3,4	3,2	0,960
Bus Penerangan Lantai 4	R	232,0	8,7	2,0	1,7	0,854
	S	234,5	5,1	1,2	0,7	0,576
	T	235,0	7,5	1,8	1,3	0,738
Bus AC Lantai 5	R	233,5	24,9	5,8	5,8	0,990
	S	234,3	29,7	7,0	6,9	0,988
	T	235,7	21,5	5,1	4,9	0,965
Bus Penerangan Lantai 5	R	233,5	4,1	1,0	0,8	0,786
	S	234,1	8,0	1,9	1,5	0,799
	T	235,7	0,4	0,1	0,1	0,767
Bus Penerangan Lantai 6	R	235,1	1,4	0,3	0,2	0,756
	S	236,8	1,8	0,4	0,3	0,781
	T	236,5	2,4	0,6	0,4	0,754

Tabel 3. (Lanjutan)

Identitas Bus	Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Semu (kVA)	Daya Nyata (kW)	Faktor Daya
Bus Lift	R	233,1	9,7	2,3	2,3	0,997
	S	234,4	9,6	2,3	2,3	0,983
	T	234,2	9,7	2,3	2,3	0,991

3. Hasil dan Analisis

3.1. Kondisi Existing Sistem

Tabel 4. Kondisi existing sistem

Bus ID	V(%)	P (kW)	Q (kVAR)	S (kVA)	PF(%)
Bus MDP	99,31	125	49,34	134,38	93,0
Bus SDP Lantai 1	99,2	17,05	8,84	19,21	88,8
Bus SDP Lantai 2	99,0	36,81	17,61	40,81	90,2
Bus SDP Lantai 3	99,08	22,97	7,55	24,18	95,0
Bus SDP Lantai 4	99,05	21,10	8,74	22,84	92,4
Bus SDP Lantai 5	99,06	18,86	4,77	19,45	96,9
Bus SDP Lantai 6	99,29	0,93	0,79	1,22	76,3
Bus AC Lantai 1	98,6	12,04	4,60	12,89	93,4
Bus AC Lantai 2	97,49	30,13	12,63	32,67	92,2
Bus AC Lantai 3	98,4	14,06	1,82	14,18	99,2
Bus AC Lantai 4	98,43	12,74	2,73	13,03	97,8
Bus AC Lantai 5	98,26	16,45	3,02	16,72	98,4
Bus PP Lantai 1	99	3,74	3,50	5,12	73,0
Bus PP Lantai 2	98,77	4,37	3,84	5,82	75,1
Bus PP Lantai 3	98,86	4,38	2,99	5,30	82,6
Bus PP Lantai 4	98,87	3,56	3,08	4,71	75,6
Bus PP Lantai 5	98,94	2,26	1,73	2,85	79,4
Bus PP Lantai 6	99,27	0,93	0,793	1,22	76,3
Bus Com Lantai 1	99,14	1,17	0,73	1,38	85,0
Bus Com Lantai 2	98,91	1,76	1,09	2,07	85,0
Bus Com Lantai 3	98,86	4,39	2,72	5,17	85,0
Bus Com Lantai 4	98,82	4,68	2,90	5,51	85,0
Bus Lift	99,27	6,56	0,92	6,63	99

Dari data existing beban pada tabel 4, dapat dilihat bahwa nilai tegangan yang bekerja pada semua bus sudah memenuhi standar yaitu masih dalam toleransi $\pm 4\%$ dari tegangan sistem dan tidak ditemui adanya *drop* maupun *over voltage* [8]. Sedangkan pada nilai faktor dayanya didapatkan, masih ada beberapa bus yang faktor dayanya dibawah 85%. Dapat dilihat pada Bus PP Lantai 1, 2, 3, 4, 5 dan 6, nilai faktor daya yang bekerja pada masing-masing bus adalah 73,0%, 75,1%, 82,6%, 75,6%, 79,4%, dan 76,3%.

3.2. Perbaikan Faktor Daya dan Nilai Tegangan

Perbaikan faktor daya dilakukan menggunakan dua metode, yaitu perhitungan manual dan simulasi OCP dengan target faktor daya masing-masing adalah 90%. Perbaikan dilakukan dengan pemasangan *capacitor bank* pada Bus Penerangan dengan faktor daya yang kurang dari standar. Hasil perbandingan *capacitor bank* dari kedua metode dapat dilihat pada tabel di bawah ini [9].

Tabel 5. Perbandingan *capacitor bank* perhitungan manual dan OCP

BUS ID	Perhitungan Manual (kVAR)	OCP (kVAR)
Bus PP Lantai 1	1,691	1,96
Bus PP Lantai 2	1,727	1,95
Bus PP Lantai 3	0,869	0,98
Bus PP Lantai 4	1,359	2,94
Bus PP Lantai 5	0,637	0,98
Bus PP Lantai 6	0,338	0,99

Pada tabel 5. dapat dilihat besar *capacitor bank* yang diperlukan untuk memperbaiki faktor daya pada Bus Penerangan dengan faktor daya yang belum sesuai dengan standar. Pada Bus PP Lantai 1 diperlukan 1,691 kVAR dengan perhitungan manual dan dengan OCP diperlukan 1,96 kVAR. Dapat dilihat bahwa nilai kVAR pada *capacitor bank* dengan simulasi OCP juga cenderung lebih besar dari hasil perhitungan manual.

3.3. Analisis Perbandingan Kondisi Sistem Sebelum dan Sesudah Perbaikan

3.3.1. Analisis Perbandingan Faktor Daya Sebelum dan Sesudah Perbaikan

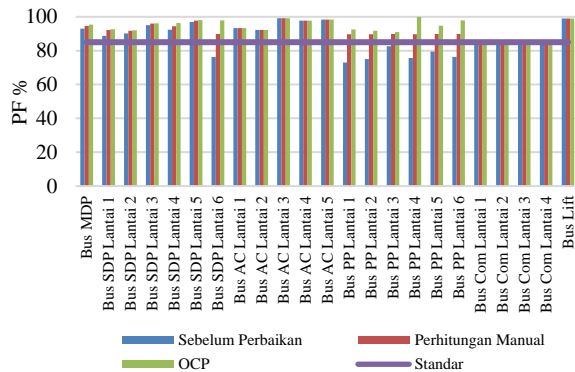
Tabel 6. Perbandingan faktor daya sebelum dan sesudah perbaikan

Bus ID	PF(%)		
	Sebelum Perbaikan	Perhitungan Manual	OCP
Bus MDP	93,0	94,6	95,3
Bus SDP Lantai 1	88,8	92,2	92,7
Bus SDP Lantai 2	90,2	91,8	92,0
Bus SDP Lantai 3	95,0	96	96,1
Bus SDP Lantai 4	92,4	94,4	96,4
Bus SDP Lantai 5	96,9	97,7	98,0
Bus SDP Lantai 6	76,3	89,8	-97,9
Bus AC Lantai 1	93,4	93,4	93,4
Bus AC Lantai 2	92,2	92,2	92,2
Bus AC Lantai 3	99,2	99,2	99,2
Bus AC Lantai 4	97,8	97,8	97,8
Bus AC Lantai 5	98,4	98,4	98,4
Bus PP Lantai 1	73,0	89,7	92,5
Bus PP Lantai 2	75,1	89,7	91,8
Bus PP Lantai 3	82,6	89,9	90,9
Bus PP Lantai 4	75,6	89,7	99,9
Bus PP Lantai 5	79,4	89,8	94,8
Bus PP Lantai 6	76,3	89,8	-97,9
Bus Com Lantai 1	85,0	85,0	85,0
Bus Com Lantai 2	85,0	85,0	85,0
Bus Com Lantai 3	85,0	85,0	85,1
Bus Com Lantai 4	85,0	85,0	85,1
Bus Lift	99,0	99,0	99,0

Pada tabel 6. dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan faktor daya pada bus beban setelah dilakukan pemasangan *capacitor bank* pada Bus Penerangan. Sebagai contoh pada Bus PP Lantai 1 dengan faktor daya sebelum perbaikan adalah 73%, setelah dilakukan perbaikan menggunakan perhitungan manual nilai faktor daya meningkat menjadi 89,7% dan menggunakan OCP menjadi 92,41%. Untuk keseluruhan bus sudah memenuhi standar SPLN 70-1 yaitu

sudah diatas 85% [10]. Pada Bus PP Lantai 6 hasil simulasi OCP terjadi *over*-kompensasi yaitu faktor dayanya menjadi -97,93% karena perhitungan OCP melebihi kebutuhan kVAR yang dibutuhkan [11].

Pada gambar 3. berikut dapat dilihat grafik perbandingan nilai faktor daya sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan.



Gambar 3. Grafik perbandingan nilai faktor daya sebelum dan sesudah perbaikan

Dari gambar 3. dapat dilihat bahwa setelah dilakukan perbaikan terjadi kenaikan faktor daya untuk tiap bus. Dapat dilihat juga pada nilai faktor daya pada Bus Penerangan sebelum dilakukan perbaikan berada di bawah standar SPLN 70-1 yaitu 85%. Setelah dilakukan perbaikan dengan pemasangan *capacitor bank* pada tiap Bus Penerangan, seluruh bus sudah sesuai standar diatas 85% [12]. Hasil kenaikan faktor daya pada simulasi OCP lebih tinggi daripada perhitungan manual dikarenakan kapasitas kVAR hasil simulasi OCP yang lebih tinggi.

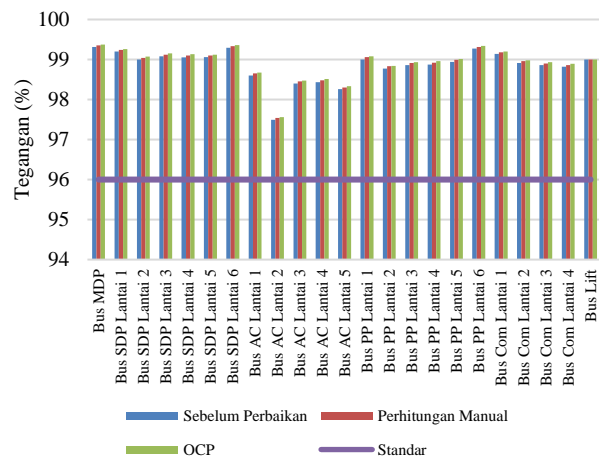
3.3.2. Analisis Perbandingan Nilai Tegangan Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Pada tabel 7. dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan tegangan pada bus beban setelah dilakukan pemasangan *capacitor bank* pada Bus Penerangan. Sebagai contoh pada Bus MDP dengan nilai tegangan sebelum dilakukan pemasangan *capacitor bank* adalah 99,31%, setelah dilakukan pemasangan *capacitor bank* menggunakan perhitungan manual nilai tegangan meningkat menjadi 99,35 % dan menggunakan OCP menjadi 99,37% [13].

Pada gambar 4. berikut dapat dilihat grafik perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah dilakukan pemasangan *capacitor bank*.

Tabel 7. Perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah perbaikan

Bus ID	Tegangan(%)		
	Sebelum Perbaikan	Perhitungan Manual	OCP
Bus MDP	99,31	99,35	99,37
Bus SDP Lantai 1	99,2	99,24	99,26
Bus SDP Lantai 2	99	99,04	99,07
Bus SDP Lantai 3	99,08	99,12	99,15
Bus SDP Lantai 4	99,05	99,1	99,13
Bus SDP Lantai 5	99,06	99,1	99,12
Bus SDP Lantai 6	99,29	99,33	99,36
Bus AC Lantai 1	98,6	98,65	98,67
Bus AC Lantai 2	97,49	97,54	97,56
Bus AC Lantai 3	98,4	98,45	98,47
Bus AC Lantai 4	98,43	98,48	98,51
Bus AC Lantai 5	98,26	98,3	98,33
Bus PP Lantai 1	99	99,06	99,08
Bus PP Lantai 2	98,77	98,83	98,84
Bus PP Lantai 3	98,86	98,91	98,93
Bus PP Lantai 4	98,87	98,92	98,96
Bus PP Lantai 5	98,94	98,99	99,01
Bus PP Lantai 6	99,27	99,31	99,34
Bus Com Lantai 1	99,14	99,18	99,2
Bus Com Lantai 2	98,91	98,96	98,98
Bus Com Lantai 3	98,86	98,9	98,93
Bus Com Lantai 4	98,82	98,86	98,89
Bus Lift	99,27	99,31	99,33



Gambar 4. Grafik perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah perbaikan

3.3.3. Analisis Perbandingan Losses dan Daya Listrik Sebelum dan Sesudah Perbaikan

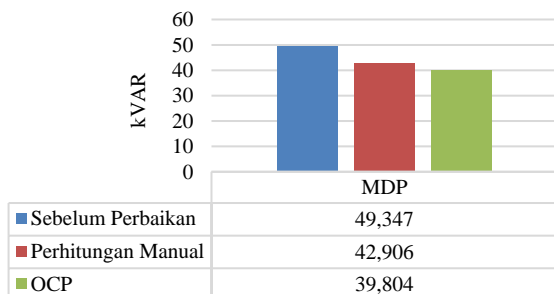
Dari tabel 8. dapat dilihat bahwa setelah dipasang *capacitor bank*, *losses* pada daya aktif dan reaktif pada sistem berkurang. Dapat dilihat pada total *losses* daya aktif dan daya reaktif kondisi sebelum perbaikan adalah 1,842 kW dan 1,383 kVAR. Setelah dilakukan perbaikan menggunakan perhitungan manual, *losses* berkurang menjadi 1,789 kW dan 1,338 kVAR. Sedangkan dengan hasil simulasi OCP, *losses* berkurang menjadi 1,783 kW dan 1,319 kVAR. Hal ini membuktikan kenaikan faktor daya berpengaruh pada pengurangan *losses* pada

penghantar karena nilai arus yang mengalir semakin rendah [14].

Tabel 8. Perbandingan *losses* sebelum dan sesudah perbaikan

Kabel	Sebelum Perbaikan		Perhitungan Manual		OCP	
	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR
Trafo	0,313	1,095	0,303	1,059	0,298	1,043
Kabel MDP	0,218	0,097	0,211	0,094	0,207	0,092
Kabel SDP Lantai 1	0,021	0,007	0,019	0,006	0,019	0,006
Kabel SDP Lantai 2	0,122	0,041	0,118	0,039	0,117	0,039
Kabel SDP Lantai 3	0,053	0,018	0,052	0,017	0,051	0,017
Kabel SDP Lantai 4	0,056	0,019	0,054	0,018	0,051	0,017
Kabel SDP Lantai 5	0,047	0,016	0,046	0,015	0,046	0,015
Kabel SDP Lantai 6	0	0	0	0	0	0
Kabel AC Lantai 1	0,08	0,007	0,08	0,007	0,08	0,007
Kabel PP Lantai 3	0,014	0,001	0,011	0,001	0,011	0,001
Kabel PP Lantai 4	0,011	0,001	0,008	0,001	0,006	0,001
Kabel PP Lantai 5	0,004	0	0,003	0	0,003	0
Kabel PP Lantai 6	0	0	0	0	0	0
Kabel Com Lantai 1	0,001	0	0,001	0	0,001	0
Kabel Com Lantai 2	0,002	0	0,002	0	0,002	0
Kabel Com Lantai 3	0,013	0,001	0,013	0,001	0,013	0,001
Kabel Com Lantai 4	0,015	0,001	0,015	0,001	0,015	0,001
Kabel Lift	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
Total	1,842	1,383	1,798	1,338	1,783	1,319

Pemasangan *capacitor bank* memberikan kompensasi daya reaktif, sehingga kualitas daya pada sistem akan menjadi lebih baik. Perbandingan daya reaktif pada bus utama yaitu Bus MDP Gedung Pascasarjana sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5. Perbandingan daya reaktif pada Bus MDP

Berdasarkan gambar 5. didapatkan perubahan yang signifikan pada Bus MDP dengan pemakaian daya reaktif sebelum perbaikan yaitu 49,347 kVAR. Setelah dilakukan

perbaikan menggunakan perhitungan manual, daya reaktifnya menjadi 42,906 kVAR dan menggunakan simulasi OCP daya reaktifnya menjadi 39,804 kVAR [15]. Penurunan daya reaktif menggunakan simulasi OCP lebih besar dibanding perhitungan manual dikarenakan kenaikan faktor daya pada simulasi OCP cenderung lebih besar.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, setelah dilakukan perbaikan faktor berupa pemasangan *capacitor bank*. Didapatkan hasil perbaikan faktor daya yang sudah sesuai standar SPLN 70-1. Sebelum dilakukan perbaikan, nilai faktor daya pada Bus Penerangan lantai 1 sampai 6 berada pada rentang 73%-83%. Setelah dilakukan perbaikan menggunakan perhitungan manual menjadi 89,7%-89,9%. Sedangkan dengan simulasi OCP menjadi 90%-99%. Terjadi faktor daya *leading* pada salah satu Bus Penerangan hasil simulasi OCP karena perhitungan kVAR simulasi OCP melebihi kebutuhan kVAR yang diperlukan.

Referensi

- [1]. Polkesmar. Sejarah Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang. (2012) [Online]. Tersedia: <https://www.poltekkes-smg.ac.id/profile/sejarah>. Diakses: Mar. 17, 2021.
- [2]. Haren Puja Anugrah, "Analisis Kebutuhan Kapasitor Bank pada Bus Beban untuk Perbaikan Faktor Daya dan Drop Tegangan Menggunakan Simulasi *Optimal Capacitor Placement* ETAP 12.6," Universitas Muhammadiyah Malang, 2019.
- [3]. R.C Dugan, M. F. McGranaghan, S. Santoso, and H. W. Beaty, 2012. *Electrical Power System Quality, Second Edition*. McGraw Hill Professional.
- [4]. Navynda Kurnia Sari, "Perbaikan Kualitas Daya Menggunakan *Optimal Capacitor Placement* (OCP) Pada Sistem Kelistrikan PT. FMC Agricultural Manufacturing," Universitas Hang Tuah, 2020.
- [5]. Viki Barik Rizqiya, "Analisis Perencanaan Perbaikan Faktor Daya Sebagai Upaya Optimasi Daya Listrik di Gedung E5 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang," Universitas Negeri Semarang, 2019.
- [6]. Muhammad Alif Ramdan, "Analisis Kualitas Daya di Museum Pendidikan Nasional Indonesia," Universitas Pendidikan Indonesia, 2016.
- [7]. A. Dani, M. Hasanuddin, "Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Sebagai Kompensator Daya Reaktif (Studi Kasus STT Sinar Husni)," dipresentasikan di SENAR 2018, Indonesia, 2018.
- [8]. S. Abimanyu, "Perbaikan Profil Tegangan Menggunakan OCP Untuk Penempatan Kapasitor Pada Sistem Kelistrikan PT.Kutai Timber Indonesia Probolinggo", Institut Teknologi Nasional Malang, 2019.
- [9]. Spesifikasi desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR), SPLN 72, 4 Juli 1987.
- [10]. S. Pandapotan, Penggunaan ETAP 12.6 Sebagai *Software Analisis Power Quality*, Jakarta, Indonesia: Politeknik Negeri Jakarta, 2016.

- [11]. Standar Nasional Indonesia, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011, 2011.
- [12]. Handbook of Power Quality, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England, 2008.
- [13]. Ridho Widodo, "Analisa Optimalisasi Penempatan Kapasitor Bank pada Jalur Distribusi Chf 3 PT. Bukit Asam (Persero) Tbk", Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [14]. Prabowo A.T., "Studi Penempatan Kapasitor untuk Perbaikan Kualitas Tegangan di Pengyulang Kangkung GI Manggala", Universitas Lampung, 2016.
- [15]. Eko Wijanarko, "Optimasi Penempatan Kapasitor Shunt untuk Perbaikan Daya Reaktif pada Penyulang Distribusi Primer Radial dengan Algoritma Genetik", Universitas Diponegoro, 2011.

Lampiran A
Single Line Diagram Gedung Pascasarjana Poltekkes Kemenkes Semarang

