

# PERANCANGAN PERBAIKAN KUALITAS DAYA UNTUK MITIGASI KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN DAN ARUS DAN MITIGASI NILAI FAKTOR DAYA DI DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA

Chandra Asi Sihombing<sup>1\*)</sup>, Susatyo Handoko<sup>2</sup> dan Darjat<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

\*) Email: [chandrasihombing34@gmail.com](mailto:chandrasihombing34@gmail.com)

## Abstrak

Departemen Teknik Kimia merupakan salah satu departemen di Universitas Diponegoro. Bertambahnya beban listrik pada sistem tenaga listrik departemen Teknik Kimia guna menunjang proses perkuliahan. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas daya listrik di Departemen Teknik Kimia diperoleh hanya nilai ketidakseimbangan tegangan yang sudah sesuai dengan standar dengan nilai ketidakseimbangan tegangan rata-rata 0,11%. Nilai ketidakseimbangan arus rata-rata 29,60% sedangkan nilai faktor daya rata-rata sebesar 0,82 belum memenuhi standar. Oleh karena itu, dilakukan perancangan perbaikan nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6 agar sesuai dengan SPLN D5.004-1:2012 untuk nilai ketidakseimbangan tegangan yaitu 2%, ANSI-C84.1-1995 untuk nilai ketidakseimbangan arus yaitu 5% dan SPLN 70-1 untuk nilai faktor daya yaitu 0,85. Perancangan mitigasi nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus dilakukan dengan metode rekonfigurasi beban dan mitigasi nilai faktor daya dilakukan dengan metode pemasangan kapasitor bank hasil simulasi OCP. Berdasarkan hasil rekonfigurasi didapatkan penurunan nilai ketidakseimbangan tegangan menjadi 0,01%, untuk nilai ketidakseimbangan arus didapat nilai ketidakseimbangan rata-rata 9,67%, sedangkan untuk nilai faktor daya setelah mitigasi didapat rata-rata 0,91.

*Kata Kunci: Ketidakseimbangan tegangan dan arus, faktor daya, ETAP 12.6, SPLN, ANSI-C84.1-1995*

## Abstract

Rising use of facilities and infrastructure to support lecture activities increases the electrical load on the Chemical Engineering department's electrical power system. Based on the results of measuring the power quality, only the voltage unbalance ratio is in accordance with the standard with an average voltage unbalance value of 0.11%. The average current unbalance ratio is 29.60% while the average power factor value is 0.82 which it is not in accordance with standard. As a result, a design is carried out using ETAP 12.6 software to comply with SPLN and ANSI-C84.1-1995 standard. The design of mitigating the value of voltage and current unbalance is carried out by the load reconfiguration method and the mitigation of the power factor value is carried out by the method of installing a capacitor bank from the OCP simulation. Based on the reconfiguration results, it was found that the voltage unbalance value decreased from 0.11% to 0.01%, for the current unbalance value, for the current unbalance value average unbalance is 9.67%, while for the power factor value the average is 0.91.

*Keywords: Unbalance voltage and current, power factor, ETAP 12.5, SPLN, ANSI-C84.1-1995*

## 1. Pendahuluan

Departemen Teknik Kimia merupakan salah satu Departemen yang berada di Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Departemen Teknik Kimia sendiri berdiri pada tahun 1965 dan telah mendapatkan Akreditasi A dari BAN-PT pada tahun 2003. Seiring dengan perkembangannya dan sejalan dengan akreditasi yang didapatkan oleh departemen ini tidak luput dari

sarana dan prasarana yang terdapat di Departemen Teknik Kimia sendiri.

Kualitas Daya Listrik ditentukan oleh bagaimana kualitas dari arus, tegangan, rugi daya, faktor daya dan pentanahan yang terdapat dalam sebuah sistem kelistrikan. Kualitas daya pada sistem kelistrikan dapat dikatakan baik ketika nilai arus, tegangan, dan frekuensi yang terdapat pada sistem kelistrikan bernilai konstan serta nilai faktor daya lebih dari 0,85 (SPLN 70:1)[1]. Penurunan kualitas daya

dalam sistem kelistrikan ditimbulkan oleh adanya beban-beban converter yang menarik arus non-sinusoidal dari sumber tegangan[2].

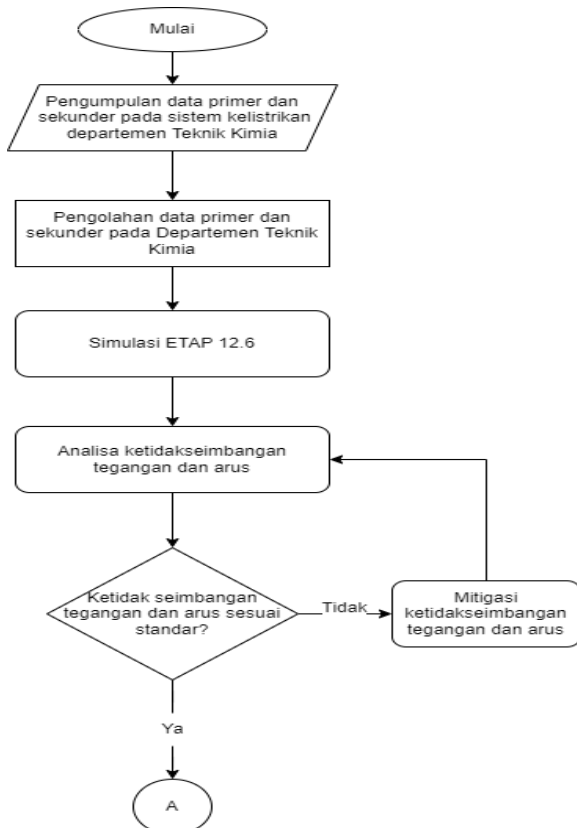
Beban listrik yang terdiri dari beban linier dan beban non linier [3]. Banyaknya penggunaan beban listrik dalam Departemen Teknik Kimia maka dirasa perlu untuk melakukan evaluasi sistem kelistrikan serta evaluasi kualitas daya listrik pada sistem kelistrikan Departemen Teknik Kimia agar dapat mengetahui bagaimana kondisi eksisting pada Departemen Teknik Kimia.

Hasil dari pengukuran kualitas daya menunjukkan terdapat nilai ketidakseimbangan arus yang tidak sesuai dengan standar ANSI C-84.1-1995 (5%) dan nilai faktor daya yang tidak sesuai dengan standar SPLN70-1 (0,85). Penelitian ini dilakukan sebagai upaya perancangan mitigasi nilai-nilai yang tidak sesuai dengan standar dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.

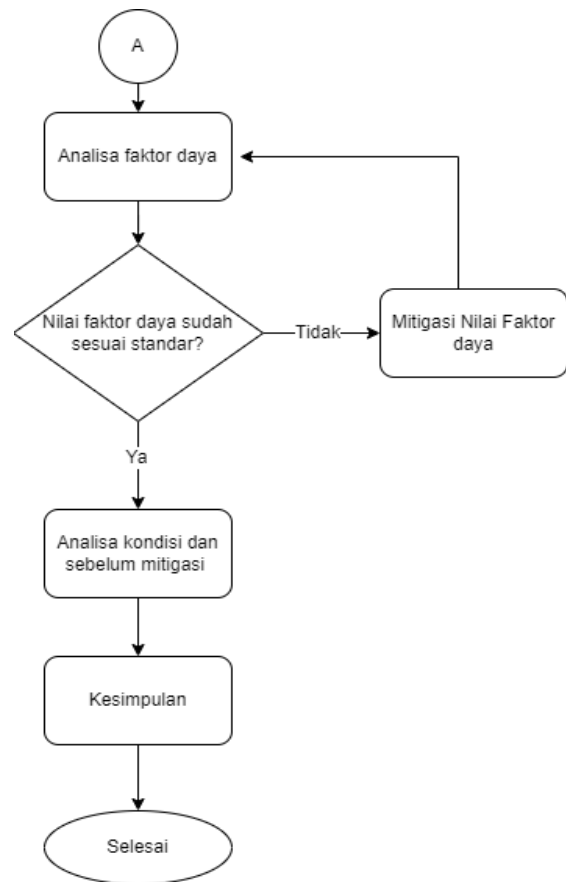
## 2. Metode

### 2.1. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan dalam melakukan perancangan mitigasi nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus serta nilai faktor daya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Flowchart Rancangan Umum Perancangan Mitigasi nilai Ketidakseimbangan Tegangan dan Nilai Faktor Daya



Gambar 1 (lanjutan)

Gambar 1 menunjukkan diagram alir sebagai perancangan perbaikan kualitas daya pada Departemen Teknik Kimia.

### 2.2. Pengumpulan data

#### 2.2.1 Data Beban Listrik

Beban-beban listrik hasil pengumpulan data yang terdapat pada gedung Teknik Kimia dapat dilihat pada Tabel 1 hingga Tabel 11.

Tabel 1 Data Beban Gedung A lantai 1

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel penerangan dan stopkontak Lantai 1	R	1 Lampu SL @23W; 1 Lampu LED @20W; 19 Lampu @8W; 1 Lampu TL @18W; 1 Lampu SL @39W; 2 Kipas Angin @70W; 1 Komputer @450W; 1 Printer 300W; 1 Mesin Perpindahan 3 Fasa @1290W; 1 Mesin Dryer 3 Fasa @1100W; 1 Dispenser @75W; 2 Ceiling Fan @70W; 2 Oven @1050W; 15 Lampu TL @20W;
	S	7 Lampu TL @40W; 9 Exhaust @45W; 1 Kulkas @70W; 1 Access Point @24W; 1 Dispenser @75W; 1 Televisi @70W; 1 Printer @300W;
	T	1 Mesin Pres Kemasan @780W; 1 Lampu TL @40W; 2 CCTV @12W; 1 Lampu LED @13W; 5 Lampu SL @23W; 3 Printer @300W; 20 Lampu TL @15W;
		24 Lampu SL @25W; 6 Oven @1050W; 1 Lampu SL @25W; 11 Lampu SL @23W;

Tabel 1 (lanjutan)

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Lantai 1	AC	R 2 AC 1PK @810W
		S 1 AC 2 PK @ 2040W
		T 1 AC 2 PK @2040W
Panel Peralatan Baru Lantai 1	R	1 Mesin Bubut @4000W
	S	1 Kompresor @745W; 1 jar Testet @95W; 1 Mesin Pres @250W; 1 Orbital Shaker @30W; 1 Mesin Furnace @500W; 1 Aspirator Pump @80W; 1 Kompresor @200W; 1 Vacuum Pump @150W
	T	1 Spectrophotometer @70W; 1 Sieve Shaker @180W; 1 Heat Exchanger @2500W; 1 Mesin Sentrifugal @65W

Tabel 2 Data Beban Gedung A lantai 2

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel penerangan dan stopkontak Lantai 2	R	15 Lampu SL @18W; 10 Lampu TL @15W; 2 CCTV @12W; 18 Lampu TL @40W; 5 Ceiling Fan @70W; 15 Kipas Angin @45W; 1 Oven @1050W;
	S	2 Printer @300W; 2 Access Point @24W; 2 Dispenser @75W; 1 Scanner @33W; 1 Kulkas @70W; 4 Lampu SL @18W; 24 Lampu TL @15W; 2 Speaker @450W; 1 Proyektor @250W; 1 Amplifier @300W
	T	1 Proyektor @250W; 4 Lampu TL 40W; 10 Lampu TL @15W; 2 Lampu SL @25W; 1 Ceiling Fan @70W; 1 Komputer @450W; 1 Dispenser @75W; 1 Freezer Cole Parmer @150W; 6 Oven @1050W; 1 Inkubator @500W
	AC	R 4 AC 1 PK @810W
		S 4 AC 2 PK @2040W
		T 1 AC 2 PK @2040W; 1 AC @810W
	R	2 Oven @1700W;
	S	1 Furnace @1500W; 3 Kompresor @600W;
	T	1 Dosing Pumps @92W; 1 Fume Hoods @400W; 1 Kompresor @745W; 1 Timbangan Elektrik @10W; 1 Vacuum Pump @180W

Tabel 3 Data Beban Gedung A lantai 3

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel penerangan dan stopkontak Lantai 3	R	10 Lampu SL @18W; 1 Lampu TL @15W; 1 CCTV @12W; 8 Lampu TL @40W; 1 Temperature Cooler @93W; 1 Komputer @450W;
	S	2 Kipas Angin 45W; 3 Lampu TL 40W; 8 Lampu SL 23W; 4 Lampu LED @19W; 6 Lampu TL 15W;
	T	1 Dispenser 75W; 2 Exhaust @45W; 1 Kipas Angin 45W; 42 Lampu SL @23W; 2 Proyektor @250W;
	AC	R 3 AC 2 PK @2040W;
		S 1 AC 1 PK @810W; 2 AC 2 PK @2040W;
		T 2 AC 1 PK @810W; 2 AC 2 PK @2040W;
	R	1 Inkubator @540W;
	S	1 Mesin Sentrifugal @40W;
	T	1 Ultrasonic Homogenizer @900W

Tabel 4 Data Beban Lab. Rekayasa Pengolahan Limbah

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Laboratorium Rekayasa Pengolahan Limbah	R	10 Lampu TL @40W; 2 Lampu SL @23W; 1 Komputer @450W; 1 Televisi @70W; 1 Mesin Gergaji @1100W;
	S	1 Mesin Bor @1000W; 1 Mesin Bor @710W; 4 Lampu LED @18W; 3 Lampu TL @40W; 2 Kulkas @70W; 2 Oven @1050W; 1 Kompor Listrik @600W; 1 Printer @300W; 2 Dispenser @75W;
	T	1 Mesin Bubut @4000W; 1 Kompresor @745W; 1 Jar Tester @95W; 1 Mesin Pres @250W; 1 Mesin Beras Analog @2200W;

Tabel 5 Data Beban Gedung B Lantai 1

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Lantai 1 Gedung B	R	6 Lampu SL @15W; 4 Lampu LED @20W; 2 AC 2 PK @2040W; 9 Komputer @450 W; 7 Printer @300W; 2 Dispenser @75W; 1 Televisi @90W; 2 Lampu TL @20W;
	S	13 Lampu SL @18W; 1 CCTV @12W; 1 Lampu Led @13W; 1 Lampu TL @40W; 1 AC 2 PK @2040W; 1 Ceiling Fan @70W; 1 Dispenser @75W; 1 Komputer @450W;
	T	1 Ceiling Fan @70W; 3 AC 2 PK @2040W; 5 Komputer 450W; 5 Lampu SL @23W; 7 Lampu TL @40W; 1 Printer @300W; 1 Access Point @24W; 6 Lampu SL @18W;

Tabel 6 Data Beban Gedung B Lantai 2

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Lantai 2 Gedung B	R	3 AC 2 PK @2040W; 1 Mesin Pembuat Kopi @1500W;
	S	2 AC 2 PK @2040W; 1 Ceiling Fan @70W; 3 Lampu SL @18W; 1 Lampu TL @40W; 1 Kulkas @70W; 1 Dispenser @75W; 1 Komputer @450W; 1 Printer @300W
	T	16 Lampu SL @18W; 1 Lampu LED @13W; 4 Lampu @23W; 1 CCTV @12W; 11 Lampu LED @20W; 1 AC 2 PK @2040W; 1 Router @4W; 2 Komputer @450W; 1 Printer @300W; 1 Dispenser @75W

Tabel 7 Data Beban Gedung B Lantai 3

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Lantai 3 Gedung B	R	3 AC 2 PK @2040W; 24 Lampu SL @18W; 40 Komputer @450W; 1 Lampu SL @15W; 1 CCTV @12W; 2 Dispenser @75W; 3 Lampu TL @40W;
	S	17 Lampu SL @18W; 3 Lampu TL @40W; 14 Komputer @40W; 1 Printer @300W; 2 AC 2 PK @2040W;
	T	28 Komputer @450W; 1 Monitor @100W; 3 Lampu SL @18W; 3 Lampu TL @40W; 1 Router @4W; 1 AC 2 PK @2040W;

Tabel 8 Data Beban Gedung C Lantai 1

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Penerangan dan Stopkontak Lantai 1 Gedung C	R	10 Lampu SL @18W; 5 Lampu LED @13W; 1 Lampu SL @23W;
	S	2 Lampu LED @20W; 12 Lampu TL @40W;
	T	1 Proyektor @250W; 1 Acces Point @24W; 1 Lampu SL @23W; 4 Lampu SL @18W;

Tabel 8 (lanjutan)

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel AC	R	1 AC 2 PK @2040W
Lantai 1	S	1 AC 2 PK @2040W
Gedung C	T	1 AC 1 PK @810W

Tabel 9 Data Beban Gedung C Lantai 2

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel	R	16 Lampu SL @23W; 1 Access Point @24W
Penerangan dan Stopkontak	S	2 Lampu TL @15W; 13 Lampu SL @23W; 1 Proyektor @250W;
Lantai 2 Gedung C	T	1 Access Point @24W; 1 Proyektor @250W; 3 Lampu SL @23W
Panel AC	R	2 AC 2 PK @2040W;
Lantai 2 Gedung C	S	1 AC 2 PK @2040W;
	T	1 AC 2 PK @2040W;

Tabel 10 Data Beban Gedung C Lantai 3

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel	R	3 Lampu SL @23W; 3 Lampu TL @15W;
Penerangan dan Stopkontak	S	12 Lampu LED @13W; 2 Access Point @24W; 1 Proyektor @250W; 12 Lampu LED @13W; 1 Proyektor @250W;
Lantai 3 Gedung C	T	3 Lampu SL @18W
Panel AC	R	2 AC 2 PK @2040W;
Lantai 3 Gedung C	S	1 AC 2 PK @2040W;
	T	1 AC 2 PK @2040W;

Tabel 11 Data Beban Lab. Dasar Teknik Kimia

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Lab. Dasar Teknik Kimia	R	12 Lampu SL @19W; 2 AC 1,5PK @1029W; 4 Ceiling Fan @70W; 1 Dispenser @72W
	S	1 Komputer @450W; 1 Printer @300W; 1 Muffle Furnace @800W; 1 Muffle Furnace @3095W
	T	1 Spectrophotometer @10W; 1 Oven 2400W; 2 Oven @1050W;

Tabel 1 hingga Tabel 11 adalah distribusi beban pada tiap panel antar fasa pada Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro

### 2.2.2 Data Hasil Pengukuran

Pada Tabel 12 dapat dilihat data hasil pengukuran kondisi existing.

Tabel 12 Data Hasil Pengukuran

Bus	Fasa	V	A	kW	kVA	PF
Penerangan 1A	R	232	30,6	6,15	7	0,87
	S	233,2	17,4	3,4	4	0,85
	T	232,3	36	7,15	8,1	0,87
AC 1A	R	231,8	16	2,85	3,5	0,78
	S	233,2	11	2,04	2,5	0,8
	T	232,3	4,3	0,81	1	0,81
Baru 1A	R	231,8	20,2	4	4,5	0,86
	S	233,2	10,7	2,05	2,5	0,84
	T	232,3	14,7	2,82	3,5	0,81
Penerangan 2A	R	232	16,4	3,25	3,8	0,86
	S	233,1	14,2	2,8	3,3	0,85
	T	232,3	42,1	8,15	9,6	0,85
AC 2A	R	231,8	18,6	3,25	4,2	0,75
	S	233	48	8,15	11	0,74
	T	232,3	15,5	2,85	3,5	0,75

Tabel 12 (lanjutan)

Bus	Fasa	V	A	kW	kVA	PF
Baru 2A	R	232	18,7	3,4	4	0,75
	S	232,1	17,9	3,3	4,2	0,8
	T	232,3	7,9	1,45	2	0,8
Penerangan 3A	R	231,8	5,3	1,1	1	0,88
	S	233,2	3	0,5	0,6	0,86
	T	232,3	8,4	1,66	2	0,86
AC 3A	R	231,8	33,3	6,14	7,7	0,79
	S	233,1	27,2	4,9	6,2	0,78
	T	232,3	30	5,7	7	0,83
Baru 3A	R	232	2,7	0,55	0,6	0,85
	S	233,2	0,2	0,04	0,05	0,86
	T	232,3	6	1,15	1,5	0,86
Lab. Limbah	R	232	23	4,20	5,5	0,79
	S	233,2	22,8	4,2	5	0,8
	T	232,4	41	7,3	9,5	0,77
Lt. 1B	R	231,7	54	10,7	12,5	0,86
	S	233,2	15	2,9	3,5	0,85
	T	232,3	49	9,65	11	0,86
Lt. 2B	R	232	38,5	7,62	9	0,86
	S	233,2	26,3	5,14	6	0,85
	T	232,4	20	3,94	4,5	0,86
Lt. 3B	R	231,9	123	24,85	28,5	0,87
	S	232,2	56	11,10	12,8	0,86
	T	232,3	75,7	14,9	17,4	0,85
Penerangan 1C	R	232	1,9	0,38	0,45	0,85
	S	233,3	2,6	0,52	0,6	0,85
	T	232,5	1,9	0,36	0,44	0,85
AC 1C	R	231,8	11,8	2,04	2,5	0,75
	S	233	11,5	2,04	2,5	0,75
	T	232,5	4,4	0,80	1	0,76
Penerangan 2C	R	232	1,9	0,4	0,45	0,87
	S	233,1	2,9	0,57	0,6	0,86
	T	232,1	1,7	0,35	0,4	0,86
AC 2C	R	231,8	11,3	2,04	2,5	0,78
	S	233	11,6	2,04	2,5	0,77
	T	232,1	22,3	4,1	5	0,79
Penerangan 3C	R	231,9	1,9	0,4	0,45	0,87
	S	233	3,5	0,70	0,81	0,87
	T	232,5	0,3	0,05	0,06	0,87
AC 3C	R	232	22	4,08	5,1	0,8
	S	233,3	11,1	2,04	2,5	0,9
	T	232,5	11,1	2,04	2,6	0,8
Lab Dasar Tekkim	R	232	13	2,65	3	0,87
	S	233,3	23,3	4,65	5,3	0,87
	T	232,5	22,5	4,51	5,3	0,87

Tabel 12 menunjukkan masih terdapat beberapa bus pada sistem kelistrikan di Departemen Teknik Kimia yang belum memiliki nilai faktor daya sesuai SPLN 70-1.

### 2.3. Persamaan yang Digunakan

#### 2.3.1 Ketidakseimbangan Tegangan dan Arus

Penyebab terjadinya ketiga fasa yang tidak seimbang yaitu Ketiga vektor memiliki nilai yang sama besar namun tidak memiliki sudut 120° antara vektor satu dengan yang lain, Ketiga vektor memiliki nilai yang tidak sama besar namun memiliki sudut 120° antara vektor satu dengan yang lain, dan Semua vektor memiliki nilai tidak sama besar dan sudut yang dibentuk antar vektor tidak sama dengan 120°[4]. Rumus yang dipakai untuk menghitung nilai ketidakseimbangan tegangan tegangan dan arus yaitu:

$$\%V_{umb} = \frac{\text{Nilai maksimal deviasi tegangan}}{\text{Nilai rata-rata tegangan}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\%I_{umb} = \frac{\text{Nilai maksimal deviasi arus}}{\text{Nilai rata-rata arus}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

$\%V_{unb}$  = Persentase ketidakseimbangan tegangan

$\%I_{unb}$  = Persentase ketidakseimbangan arus

### 2.3.2 Optimal Capacitor Placement (OCP)

Optimal Capacitor Placement dalam ETAP merupakan salah satu fitur operasi dalam ETAP yang berfungsi untuk menambahkan kapasitor bank pada bus. OCP dapat menentukan besaran nilai kapasitor bank minimum yang digunakan pada bus. ETAP mengklaim bahwa OCP menggunakan algoritma genetika agar mendapatkan penempatan kapasitor yang optimal.

$$OF = \sum_{i=1}^{N_{bus}} X_i C_{0i} + X_{ci} C_{li} + B_i C_{2i} T + C_2 \sum_{l=1}^{N_{load}} T_l P_L^l \quad (3)$$

Keterangan:

$N_{bus}$  : 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 instalasi perangkat

$C_{li}$  : Biaya per kVAR dari capacitor bank

$Q_{ci}$  : Nilai capacitor 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

$P_L^1$  : Total Losses dari sistem pada level beban 1

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Nilai Ketidakseimbangan Tegangan dan Arus

#### 3.1.1 Nilai Ketidakseimbangan Tegangan

Nilai ketidakseimbangan tegangan tidak akan mungkin bernilai 0 karena adanya pemutusan beban dan keadaan koneksi fasa tunggal, pendistribusian beban yang tidak merata pada tiap fasa dalam sistem tiga fasa, serta asimetri pada sistem tenaga listrik[5]. Nilai tegangan tiap-tiap fasa yang diperoleh dari setiap bus dalam Sistem Tenaga Listrik Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro akan dihitung besar nilai ketidakseimbangan tegangannya apakah sudah sesuai dengan standar SPLN D5.004-1:2012 yaitu besar nilai ketidakseimbangan tegangan maksimal sebesar 2%. Rumus yang dipakai untuk menghitung nilai ketidakseimbangan tegangan yaitu:

$$\%V_{unb} = \frac{\text{Nilai maksimal deviasi tegangan}}{\text{Nilai rata-rata tegangan}} \times 100\% \quad (4)$$

Hasil perhitungan nilai ketidakseimbangan tegangan pada tiap bus yang terdapat pada Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro ditunjukkan oleh Tabel 13.

Tabel 13 Data Nilai Ketidakseimbangan Tegangan tiap Bus

Bus	Fasa	Tegangan (V)	Persentase Ketidakseimbangan Tegangan (%)
Penerangan 1A	R	231,86	0,27
	S	233,2	
	T	232,37	
AC 1A	R	231,86	0,27
	S	233,2	
	T	232,39	
Baru 1A	R	231,86	0,27
	S	233,2	
	T	232,38	
Penerangan 2A	R	231,87	0,25
	S	233,13	
	T	232,32	
AC 2A	R	231,86	0,25
	S	233,09	
	T	232,36	
Baru 2A	R	231,85	0,11
	S	232,12	
	T	232,36	
Penerangan 3A	R	231,88	0,26
	S	233,2	
	T	232,37	
AC 3A	R	231,85	0,26
	S	233,18	
	T	232,35	
Baru 3A	R	231,88	0,26
	S	233,2	
	T	232,38	
Lab. Limbah	R	231,91	0,26
	S	233,22	
	T	232,4	
Lt. 1B	R	231,79	0,30
	S	233,29	
	T	232,39	
Lt. 2B	R	231,81	0,30
	S	233,27	
	T	232,44	
Lt. 3B	R	231,73	0,17
	S	232,26	
	T	232,38	
Penerangan 1C	R	232	0,27
	S	233,3	
	T	232,56	
AC 1C	R	231,83	0,28
	S	233,11	
	T	232,52	
Penerangan 2C	R	231,82	0,24
	S	233,13	
	T	232,17	
AC 2C	R	231,81	0,24
	S	233,13	
	T	232,15	
Penerangan 3C	R	231,98	0,28
	S	233,33	
	T	232,55	
AC 3C	R	231,96	0,28
	S	233,3	
	T	232,54	
Lab Dasar Tekkim	R	232,04	0,26
	S	233,32	
	T	232,56	

Tabel 13 menunjukkan bahwa tidak terdapat nilai ketidakseimbangan tegangan diatas nilai standar. Maka

tidak perlu dilakukan perancangan mitigasi perbaikan nilai ketidakseimbangan tegangan

### 3.1.2 Nilai Ketidakseimbangan Arus

Nilai Arus tiap-tiap fasa yang diperoleh dari setiap bus dalam Sistem Tenaga Listrik Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro akan dihitung besar nilai ketidakseimbangan arus apakah sudah sesuai dengan standar ANSI C-84.1-1995 yaitu besar nilai ketidakseimbangan arus maksimal sebesar 5%. Rumus yang dipakai untuk menghitung nilai ketidakseimbangan arus yaitu:

$$\%I_{umb} = \frac{\text{Nilai maksimal deviasi arus}}{\text{Nilai rata-rata arus}} \times 100\% \quad (5)$$

Hasil perhitungan nilai ketidakseimbangan arus pada tiap bus yang terdapat pada Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro ditunjukkan oleh Tabel 14.

Tabel 14 Data Nilai Ketidakseimbangan Arus tiap Bus

Bus	Fasa	Arus (A)	Persentase Ketidakseimbangan arus (%)
Penerangan 1A	R	30,6	9,42
	S	17,4	
	T	35,9	
AC 1A	R	15,9	52,40
	S	11,1	
	T	4,3	
Baru 1A	R	20,2	32,89
	S	10,7	
	T	14,7	
Penerangan 2A	R	16,4	32,04
	S	14,2	
	T	41,8	
AC 2A	R	18,6	31,87
	S	47,8	
	T	15,5	
Baru 2A	R	18,7	26,07
	S	17,9	
	T	7,9	
Penerangan 3A	R	5,3	3,64
	S	2,8	
	T	8,4	
AC 3A	R	33,3	10,63
	S	27,2	
	T	29,8	
Baru 3A	R	2,7	8,99
	S	0,2	
	T	6	
Lab. Limbah	R	23	20,51
	S	22,8	
	T	41	
Lt. 1B	R	54	37,52
	S	15	
	T	48,8	
Lt. 2B	R	38,5	36,20
	S	26,3	
	T	20	
Lt. 3B	R	123,5	45,18
	S	56	
	T	75,7	
Penerangan 1C	R	1,9	10,94
	S	2,6	
	T	1,9	

Tabel 14 (lanjutan)

Bus	Fasa	Arus (A)	Persentase Ketidakseimbangan arus (%)
AC 1C	R	11,8	29,20
	S	11,2	
	T	4,4	
Penerangan 2C	R	1,9	12,31
	S	2,9	
	T	1,7	
AC 2C	R	11,3	25,00
	S	11,6	
	T	22,3	
Penerangan 3C	R	1,9	84,21
	S	3,5	
	T	0,3	
AC 3C	R	22,1	49,66
	S	11,1	
	T	11,1	
Lab Dasar Tekkim	R	13,1	33,28
	S	23,3	
	T	22,5	

Pada Tabel 14 menunjukkan nilai ketidakseimbangan arus tiap bus pada Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Berdasarkan data pada tabel 14 masih banyak terdapat bus-bus dengan nilai ketidakseimbangan arus diatas nilai standar, maka perlu dilakukan perancangan perbaikan guna memitigasi nilai ketidakseimbangan arus.

### 3.2 Perancangan Perbaikan Ketidaseimbangan Tegangan dan Arus

Mitigasi nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus pada Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro dilakukan dengan metode konfigurasi ulang beban yang terhubung ke tiap-tiap fasa pada bus-bus yang terdapat pada Sistem Tenaga Listrik Departemen Teknik Kimia. Hasil konfigurasi ulang beban pada Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro dapat ditunjukkan oleh Tabel 15 hingga Tabel 25.

Tabel 15 Data Beban Gedung A Lantai 1 Hasil Konfigurasi Ulang

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel penerangan stopkontak Lantai 1	R	1 Lampu SL@23W; 1 Lampu LED @20W;
		2 Kipas Angin @70W; 3 Exhaust @45W;
		5 Oven @1050W;
		8 Lampu SL @19W; 1 Lampu TL @10W;
		1 Lampu TL @18W; 24 Lampu SL @25W;
		7 Lampu TL @40W; 1 Komputer @450W;
	S	1 Printer @300W; 3 Exhaust @45W;
		1 Mesin Perpindahan 3 Fasa @1290W;
		1 Mesin Dryer 3 Fasa @1100W; 1
		Kulkas @70W; 1 Access Point @24W;
		1 Dispenser @75W;
		1 Lampu SL @39W; 40 Lampu TL @15W;
T	3 Oven @1050W; 3 Exhaust @45W;	
	1 Televisi @70W; 3 Printer @300W;	
	16 Lampu SL @23W; 1 Lampu TL @40W;	
	1 Lampu SL @25W; 2 CCTV @12W;	
	2 Ceiling Fan @70W; 1 Dispenser @75W;	
	1 Lampu LED @13W;	
Panel AC Lantai 1	R	2 AC 1 PK @810W
	S	1 AC 2 PK @2040W
	T	1 AC 2 PK @2040W

Tabel 15 (lanjutan)

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Peralatan Baru Lantai 1	R	1 Mesin Bubut @4000W
		1 Kompresor @745W; 1 jar Tester @95W;
		1 Mesin Pres @250W;
		1 Orbital Shaker @30W;
		1 Mesin Furnace @500W;
	S	1 Aspirator Pump @80W;
		1 Kompresor @200W;
		1 Vacuum Pump @150W;
		1 Spectrophotometer @70W;
		1 Sieve Shaker @180W;
		1 Mesin Sentrifugal @65W
	T	1 Heat Exchanger @2500W;

Tabel 16 Data Beban Gedung A Lantai 2 Hasil Konfigurasi Ulang

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel penerangan dan stopkontak Lantai 2	R	10 Lampu SL @18W; 14 Lampu TL @15W; 2 CCTV @12W; 5 Lampu TL @40W; 2 Ceiling Fan @70W; 2 Kipas Angin @45W; 3 Oven @1050W; 2 Dispenser @75W; 1 Scanner @33W; 1 Kulkas @70W;
		1 Access Point @24W; 1 Komputer @450W;
	S	13 Lampu TL @40W; 1 Lampu SL @18W; 2 Printer @300W; 1 Access Point @24W; 1 Proyektor @250W; 10 Lampu TL @15W; 2 Lampu SL @25W; 1 Ceiling Fan @70W;
		1 Dispenser @75W; 13 Kipas Angin @45W; 1 Amplifier @300W; 2 Oven @1050W;
	T	8 Lampu SL @18W; 20 Lampu TL @15W; 2 Speaker @450W; 4 Lampu TL @40W; 1 Freezer Cole Farmer @150W;
		1 Inkubator @500W; 3 Ceiling Fan @70W; 1 Proyektor @250W; 2 Oven @1050W;
Panel AC Lantai 2	R	1 AC 1 PK @810W; 2 AC 2 PK @2040W;
	S	1 AC 1 PK @810W; 2 AC 2 PK @2040W;
	T	3 AC 1 PK @810W; 1 AC 2 PK @2040W;
Panel Peralatan Baru Lantai 2	R	1 Furnace @1500W; 2 Kompor @600W;
	S	1 Oven @1700W; 1 Kompor @600W;
		1 Fume Hoods @400W;
	T	1 Oven @1700W; 1 Dosing Pumps @92W;
		1 Kompresor @785W;
		1 Timbangan Elektrik @10W;
		1 Vacuum Pump @180W;

Tabel 17 Data Beban Gedung A Lantai 3 Hasil Konfigurasi Ulang

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel penerangan dan stopkontak Lantai 3	R	10 Lampu SL @18W; 1 Lampu TL @15W; 1 CCTV @12W; 8 Lampu TL @40W; 1 Temperature Cooler @93W; 1 Komputer @450W;
	S	2 Kipas Angin @45W; 3 Lampu TL @40W; 8 Lampu SL @23W; 4 Lampu LED @19W; 6 Lampu TL @15W;
	T	1 Dispenser @75W; 2 Exhaust @45W; 1 Kipas Angin @45W; 42 Lampu SL @23W; 2 Proyektor @250W;
Panel AC Lantai 3	R	3 AC 1PK @810W;
	S	1 AC 2 PK @2040W;
	T	3 AC 2 PK @2040W;
Panel Peralatan Baru Lantai 3	R	1 Inkubator @540W;
	S	1 Mesin Sentrifugal @40W;
	T	1 Ultrasonic Homogenizer @900W

Tabel 18 Data Beban Lab. Rekayasa Pengolahan Limbah Hasil Konfigurasi Ulang

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Laboratorium Rekayasa Pengolahan Limbah	R	10 Lampu TL @40W; 2 Lampu SL @23W; 1 Televisi @70W; 1 Kipas Angin @45W; 1 Mesin Gergaji @1100W;
		1 Mesin Bor @1000W;
	S	1 Mesin Beras Analog @2200W;
		1 Komputer @450W; 1 Mesin Bor @710W;
		4 Lampu LED @18W; 3 Lampu LED @18W; 3 Lampu TL @40W; 2 Kulkas @70W;
		2 Oven @1050W; 1 Kompor Listrik @600W; 1 Printer @300W; 1 Dispenser @75W;
	T	1 Mesin Bubut @4000W;
		1 Kompresor @745W; 1 Jar Tester @95W;

Tabel 19 Data Beban Gedung B Lantai 1 Hasil Konfigurasi Ulang

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Lantai 1 Gedung B	R	5 Komputer @450W; 3 Printer @300W; 5 Lampu SL @15W; 2 Lampu TL @40W; 3 Lampu LED @20W; 13 Lampu SL @18W; 1 CCTV @12W; 1 Lampu LED @13W;
		1 Ceiling Fan @70W; 2 AC 2PK @2040W;
	S	5 Komputer @450W; 2 Printer @300W; 8 Lampu TL @40W; 1 Lampu LED @20W;
		5 Lampu SL @23W; 6 Lampu SL @18W; 1 Access Point @24W; 1 Lampu SL @15W;
		2 Dispenser @75W; 1 Televisi @90W;
	T	2 AC 2 PK @2040W;
		5 Komputer @450W; 3 Printer @300W; 1 Mesin Fotocopy @400W;
		1 Ceiling Fan @70W; 1 Dispenser @75W;
		2 AC 2 PK @2040W;

Tabel 20 Data Beban Gedung B Lantai 2 Hasil Konfigurasi Ulang

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Lantai 2 Gedung B	R	2 AC 2 PK @2040W;
		1 Mesin Pembuat Kopi @1500W;
	S	2 AC 2 PK @2040W; 1 Ceiling Fan @70W;
		8 Lampu SL @18W; 1 Lampu TL @40W;
		1 Kulkas @70W; 1 Dispenser @75W;
		1 Komputer @450W; 1 Printer @300W;
		1 Lampu LED @13W; 11 Lampu LED @20W; 1 CCTV @12W; 4 Lampu SL @23W;
	T	2 AC 2 PK @2040W; 1 Router @4W;
		11 Lampu Lampu SL @18W;
		2 Komputer @450W; 1 Printer @300W;
		1 Dispenser @75W;

Tabel 21 Data Beban Gedung B Lantai 3 Hasil Konfigurasi Ulang

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Lantai 3 Gedung B	R	2 AC 2 PK @2040W; 24 Lampu SL @18W; 27 Komputer @450W; 1 Lampu SL @15W; 2 Dispenser @75W; 3 Lampu TL @40W; 1 CCTV @12W;
	S	2 AC 2 PK @2040W;
		17 Lampu SL @18W;
		27 Komputer @450W;
		3 Lampu TL @40W; 1 Printer @300W;
	T	2 AC 2 PK @2040W;
		28 Komputer @450W;
		1 Monitor @100W; 3 Lampu SL @18W;
		3 Lampu TL @40W; 1 Router @4W;

Tabel 22 Data Beban Gedung C Lantai 1 Hasil Konfigurasi Ulang

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Penerangan dan Stopkontak Lantai 1 Gedung C	R	6 Lampu SL @18W; 6 Lampu TL @40W; 1 Lampu SL @23W;
	S	6 Lampu TL @18W; 6 Lampu TL @40W; 1 Access Point @24W; 1 Lampu LED @20W;
	T	1 Proyektor @250W; 5 Lampu LED @13W; 1 Lampu SL @23W; 2 Lampu SL @18W; 1 Lampu LED @20W;
Panel AC Lantai 1 Gedung C	R	1 AC 2 PK @2040W
	S	1 AC 2 PK @2040W
	T	1 AC 1 PK @810W

Tabel 23 Data Beban Gedung C Lantai 2 Hasil Konfigurasi Ulang

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Penerangan dan Stopkontak Lantai 2 Gedung C	R	19 Lampu SL @23W;
	S	1 Proyektor @250W; 1 Access Point @24W; 2 Lampu TL @30W; 6 Lampu SL @23W;
	T	1 Access Point @24W; 1 Proyektor @250W; 7 Lampu SL @23W
Panel AC Lantai 2 Gedung C	R	2 AC 2 PK @2040W;
	S	1 AC 2 PK @2040W;
	T	1 AC 2 PK @2040W;

Tabel 24 Data Beban Gedung C Lantai 3 Hasil Konfigurasi Ulang

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Penerangan dan Stopkontak Lantai 3 Gedung C	R	3 Lampu SL @23W; 3 Lampu TL @15W; 16 Lampu LED @13W; 1 Lampu SL @18W;
	S	1 Access Point @24W; 1 Proyektor @250W; 4 Lampu LED @13W; 1 Lampu SL @18W;
	T	1 Access Point @24W; 1 Proyektor @250W; 4 Lampu LED @13W; 1 Lampu SL @18W;
Panel AC Lantai 3 Gedung C	R	1 AC 2 PK @2040W;
	S	1 AC 2 PK @2040W;
	T	2 AC 2 PK @2040W;

Tabel 25 Data Beban Lab. Dasar Teknik Kimia Hasil Konfigurasi Ulang

Panel	Fasa	Distribusi beban
Panel Lab. Dasar Teknik Kimia	R	1 AC 1,5PK @1029W; 1 Oven @2400W; 1 Komputer @450W; 1 Dispenser @75W;
	S	1 AC 1,5PK @1029W; 2 Oven @1050W; 1 Muffle Furnace @2100W;
	T	1 Muffle Furnace @3095W; 1 Spectrophotometer @10W; 12 Lampu SL @19W; 4 Ceiling Fan @70W; 1 Printer @300W;

Tabel 15 hingga Tabel 25 adalah distribusi beban pada tiap panel antar fasa pada Departemen Teknik Kimia setelah dilakukan konfigurasi ulang.

### 3.3 Perbandingan Ketidakseimbangan Tegangan dan Arus Sebelum dan Setelah Konfigurasi Ulang Beban

Hasil dari perancangan perbaikan Nilai Ketidakseimbangan Tegangan dan Arus didapatkan Nilai Ketidakseimbangan Tegangan dan Arus yang lebih baik dari kondisi eksisting sebelum dilakukan perancangan perbaikan Nilai Ketidakseimbangan Tegangan dan Arus.

Tabel 26 menunjukkan perbandingan nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus sebelum dan sesudah dilakukan perancangan konfigurasi ulang beban.

Tabel 26 Perbandingan Nilai Ketidakseimbangan Tegangan dan Arus Sebelum dan Sesudah Konfigurasi Ulang Beban

Bus	Sebelum		Sesudah	
	Tegangan (%)	Arus (%)	Tegangan (%)	Arus (%)
Penerangan 1A	0,27	9,42	0,02	2,67
AC 1A	0,27	52,4	0,02	14,29
Baru 1A	0,27	32,89	0,02	33,19
Penerangan 2A	0,25	32,04	0,02	0,69
AC 2A	0,25	31,87	0,02	4,32
Baru 2A	0,11	26,07	0,02	0,9
Penerangan 3A	0,26	3,64	0,01	1,82
AC 3A	0,26	10,63	0,01	19,03
Baru 3A	0,26	8,99	0,01	10
Lab. Limbah	0,26	20,51	0,02	0,99
Lt. 1B	0,3	37,52	0,02	0,42
Lt. 2B	0,3	36,2	0,02	0,35
Lt. 3B	0,17	45,18	0,02	0,9
Penerangan 1C	0,27	10,94	0,02	3,39
AC 1C	0,28	29,2	0,02	25,53
Penerangan 2C	0,24	12,31	0,01	0
AC 2C	0,24	25	0,01	24,83
Penerangan 3C	0,28	84,21	0,02	0
AC 3C	0,28	49,66	0,03	49,66
Lab Dasar Tekkim	0,26	33,28	0,02	0,34

Pada Tabel 26 menunjukkan bahwa metode konfigurasi ulang beban dapat menurunkan nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus. Nilai ketidakseimbangan tegangan juga mengalami penurunan meskipun sebelum perancangan sudah sesuai dengan standar, meskipun nilai ketidakseimbangan arus di beberapa bus mengalami penurunan hingga di bawah nilai standar, nilai ketidakseimbangan arus belum dapat dimitigasi secara sempurna, dan masih terdapat nilai ketidakseimbangan arus yang belum sesuai dengan standar.

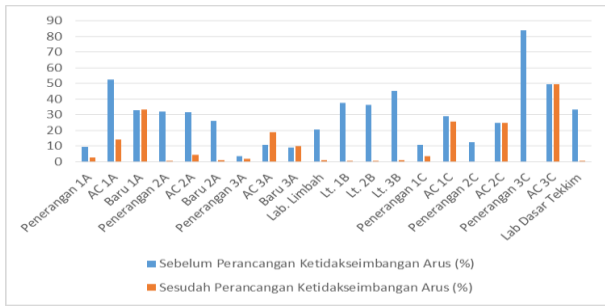
Nilai ketidakseimbangan arus di beberapa bus belum sesuai standar dikarenakan besarnya selisih daya aktif antar fasa yang disebabkan oleh beban-beban yang tersambung pada tiap bus seperti contoh perbedaan daya aktif antara AC 1 PK 810W dengan AC 2 PK 2040W.

Gambar 2 menunjukkan perbandingan nilai ketidakseimbangan sebelum dan sesudah perancangan perbaikan dimana sudah sesuai standar SPLN D5.004-1:2012 dan pada Gambar 3 menunjukkan ada yang sudah sesuai standar dan ada yang belum sesuai dengan standar ANSI-C84. 1-1995



Gambar 2 Perbandingan Nilai Ketidakseimbangan Tegangan Sebelum dan Sesudah Perancangan





Gambar 3 Perbandingan Nilai Ketidakseimbangan Arus Sebelum dan Sesudah Perancangan

Pada Gambar 2 dapat dilihat nilai ketidakseimbangan sebelum dan sesudah perancangan perbaikan dimana sudah sesuai standar SPLN D5.004-1:2012 yaitu 2%, kemudian pada Gambar 3 dapat dilihat nilai ketidakseimbangan sebelum dan sesudah perancangan perbaikan dimana terdapat yang sudah sesuai standar dan ada yang belum sesuai dengan standar ANSI-C84. 1-1995 yaitu 5%

### 3.4 Perancangan Perbaikan Nilai Faktor Daya Menggunakan Optimal Capacitor Placement (OCP)

OCP (Optimal Capacitor Placement) merupakan salah satu fitur dalam ETAP 12.6.0 yang bertujuan untuk melakukan analisis penempatan Kapasitor bank. Kapasitor bank ini juga sering disebut dengan kapasitor daya karena penggunaannya pada daya yang besar untuk memperbaiki faktor daya pada sistem peralatan listrik[6]. Keuntungan yang didapat dari memperbaiki nilai faktor daya yaitu mengurangi tagihan listrik, menambah kVA, mengurangi rugi-rugi daya[7]

Bus yang akan dipakai sebagai bus kandidat untuk dilakukan perbaikan faktor daya yaitu Bus gedung A, Bus gedung B, Bus gedung C dan Bus Lab. Dasar Teknik Kimia Metode OCP dilakukan dengan mengabaikan nilai investasi dalam pemasangan kapasitor bank, sehingga didapatkan rumus:

$$OF = \sum_{l1}^N load T_l P_l^l \quad (6)$$

Keterangan:

- $N_{load}$  : Nomor beban
- $C_2$  : Biaya dari losses kWh, dalam \$/kWh
- $l$  : Level beban, maximum, rata-rata dan minimum
- $T_1$  : Durasi waktu, dalam jam, dari level beban 1
- $P_L^1$  : Total losses dari sistem pada level beban 1

Tabel 27 Nilai Faktor Daya dan Total Banks

Bus	Nilai Faktor Daya	Total Banks
Gedung A	0,812	3
Gedung B	0,863	2
Gedung C	0,797	1
Lab. Dasar Tekkim	0,873	1

Pada Tabel 27 dapat dilihat nilai faktor daya tiap bus kandidat sebelum dilakukan perancangan perbaikan serta banyaknya capacitor bank yang dibutuhkan dalam perbaikan nilai faktor daya.

### 3.5 Perbandingan Nilai Faktor Daya Sebelum dan Setelah Konfigurasi Ulang Beban

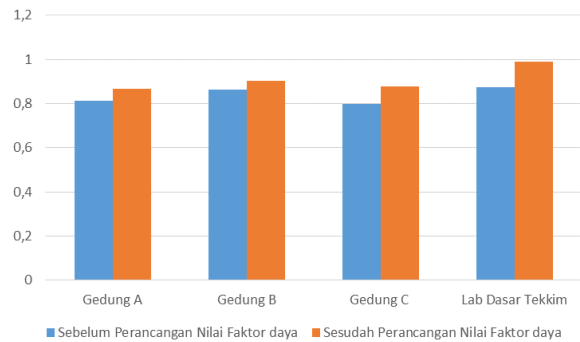
Hasil perancangan perbaikan nilai faktor daya pada sistem tenaga listrik Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro menghasilkan nilai faktor daya yang lebih baik dan sesuai dengan standar SPLN 70-1. Perbandingan nilai faktor daya sebelum perancangan perbaikan dan sesudah perancangan perbaikan nilai faktor daya dapat dilihat pada Tabel 28.

Tabel 28 Perbandingan Nilai Faktor Daya Sebelum dan Sesudah perancangan

Bus	Sebelum Perancangan Nilai Faktor daya	Sesudah Perancangan Nilai Faktor daya
Gedung A	0,812	0,867
Gedung B	0,863	0,903
Gedung C	0,797	0,879
Lab Dasar Tekkim	0,873	0,99

Tabel 28 menunjukkan nilai faktor daya tiap bus kandidat sebelum dan sesudah perancangan perbaikan nilai faktor daya.. Dapat dilihat pada bus Gedung C nilai faktor daya sebelum dilakukan mitigasi sebesar 0,797 dan setelah dipasang capacitor bank naik menjadi sebesar 0,879.

Grafik perbandingan nilai faktor daya sebelum dan sesudah perancangan perbaikan terdapat pada Gambar 4



Gambar 4 Perbandingan Nilai Faktor Daya Sebelum dan Sesudah Perancangan

Berdasarkan Gambar 4 pemasangan capacitor bank dengan menggunakan metode OCP dapat memitigasi nilai faktor daya agar sesuai dengan standar SPLN 70-1 dengan nilai faktor daya sebesar 0.85.

#### **4. Kesimpulan**

Hasil perancangan perbaikan kualitas daya guna mitigasi nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus dengan metode konfigurasi beban menghasilkan nilai ketidakseimbangan tegangan rata-rata yang turun dari 0,11% menjadi rata-rata 0,01% dan nilai ini sudah sesuai dengan standar SPLN D5.004-1:2012 sedangkan untuk nilai ketidakseimbangan arus mengalami penurunan dari rata-rata 29,60% menjadi rata-rata 9,67% dan masih terdapat beberapa bus yang belum sesuai dengan standar ANSI-C84.1-1995 dikarenakan perbedaan daya aktif beban yang tersambung dengan tiap fasa. Pemasangan kapasitor bank dengan metode OCP dapat meningkatkan nilai faktor daya dari rata-rata 0,82 menjadi rata-rata 0,91 dan nilai ini sudah sesuai dengan standar SPLN 70-1 yaitu sebesar 0,85

#### **Referensi**

- [1] H. F. Munaf, "Pengukuran dan Analisis Kualitas Daya Listrik di PT Techpack Asia," 2018.
- [2] Roger C. Dugan, M. F. McGranaghan, S. Santoso, and H. W. Beaty, *Electrical Power Systems Quality Second Edition*. The McGraw-Hill Companies, 2003.
- [3] J. Juhana, "Analisa Pengaruh Beban Linier Dan Beban Non Linier Terhadap Fungsi Kerja Miniature Circuit Breaker," *Epic J. Electr. Power, Instrum. Control*, vol. 1, no. 1, pp. 13–23, 2018, doi: 10.32493/epic.v1i1.1033.
- [4] M. D. Tobi, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di Pt Pln (Persero) Area Sorong," *Electro Luceat*, vol. 4, no. 1, p. 5, 2018, doi: 10.32531/jelekn.v4i1.80.
- [5] S. Hidayat, S. Legino, and N. F. Mulyanti, "Penyeimbangan beban pada jaringan tegangan rendah gardu distribusi cd 33 penyulang sawah di Pt Pln ( Persero ) Area Bintaro," *J. Ilm. sutet*, vol. 8, no. 1, pp. 21–27, 2018,
- [6] N. K. Sari, "Perbaikan Kualitas Daya Menggunakan Optimal Capacitor Placement (Ocp) Pada Sistem Kelistrikan Pt. Fmc Agricultural Manufacturing," *Media Elektr.*, vol. 13, no. 2, p. 80, 2020, doi: 10.26714/me.13.2.2020.80-88.
- [7] J. Ware, "Power Factor Correction," *IEE Wiring Master*, 2006.