

## ANALISIS KESEIMBANGAN BEBAN DI GEDUNG ICT UNIVERSITAS DIPONEGORO

Rita Devi Rahmawati<sup>\*)</sup>, Bambang Winardi dan Ajub Ajulian Zahra

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

<sup>\*)</sup> E-mail: ritadevirahmawati5@gmail.com

### Abstrak

*Gedung ICT Universitas Diponegoro merupakan gedung yang difungsikan sebagai gedung perkantoran bagi Lembaga Pengembangan & Penjaminan Mutu Pendidikan (LP2MP) dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM). Dengan data hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan Power Quality Analyzer dan tangampere, maka didapatkan adanya ketidakseimbangan beban. Salah satu tanda ketidakseimbangan beban adalah adanya arus netral. Pengukuran pada SDP lantai 1 diketahui arus netral sebesar 5,8 A. Oleh karena itu dilakukan analisis mengenai keseimbangan beban di Gedung ICT Universitas Diponegoro menggunakan software bantu ETAP 12.6 dan evaluasi Circuit Breaker sebagai peralatan proteksi demi terciptanya keamanan dan kenyamanan. Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi ETAP 12.6 maka didapatkan nilai arus netral pada SDP Lantai 1 sebesar 0,7 A, selain itu Circuit breaker yang terpasang masih berfungsi dengan baik.*

*Kata kunci: arus netral, ketidakseimbangan beban, ETAP 12.6*

### Abstract

*The Diponegoro University ICT building is a building that functions as an office building for Institute for Development & Quality Assurance of Education (LP2MP) and Institute for Research and Community Service (LPPM) With the data from the measurements carried out using the Power Quality Analyzer (PQA) and tangampere, it is found that there is an unbalanced load. One sign of load imbalance is the presence of a neutral current. Measurements on the 1st floor SDP are known to have a neutral current of 5.8 A. Therefore, an analysis of the load balance in the ICT Building at Diponegoro University uses ETAP 12.6 software and evaluation of Circuit Breakers as protective equipment for the sake of creating safety and comfort. Based on the calculation and simulation of ETAP 12.6, the neutral current value at the 1st Floor SDP is 0.7 A, besides that the circuit breaker installed is still working well.*

*Keywords: neutral current, load unbalance, ETAP 12.6*

### 1. Pendahuluan

Universitas Diponegoro atau biasa disingkat UNDIP adalah sebuah universitas terkemuka, yang terletak di Semarang, ibukota Jawa Tengah, dan dianggap sebagai universitas terbaik di Semarang [1]. Universitas Diponegoro memiliki beberapa gedung yang difungsikan sebagai gedung perkantoran maupun administrasi diantaranya adalah gedung ICT Universitas Diponegoro. Gedung ICT terletak di Jalan Prof Sudarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275. Gedung ini memiliki 6 lantai yang difungsikan menjadi 2 bagian yaitu sebagai gedung perkantoran bagi Lembaga Pengembangan dan Penjaminan Mutu Pendidikan (LP2MP) dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) [2].

Menurut Markus Dwiyanto Tobi Sogen (2018) syarat keadaan keseimbangan beban yaitu ketiga vektor fasa

(R,S,T) mempunyai nilai yang sama besar atau perbedaan sudut dari ketiga vektor fasa adalah masing-masing 120 derajat [3]. Sedangkan ketidakseimbangan beban menurut Rizky Syahputra Siregar dan Raja Harahap (2017), ketidakseimbangan beban adalah suatu keadaan dimana satu atau dua syarat dari beban seimbang tidak terpenuhi [4]. Pada sistem yang tidak seimbang, arus setiap komponen dapat memberikan kenaikan arus atau tegangan urutan komponen yang lain. Ketidakseimbangan beban juga dapat disebabkan oleh adanya arus netral. Arus netral dapat terjadi karena beban non linier yang semakin berkembang digunakan saat ini seperti beban pendingin ruangan (AC), komputer maupun televisi.

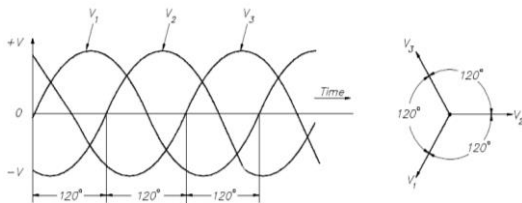
Dalam Pengukuran yang dilakukan pada Rabu, 17 Maret 2021 menggunakan Power Quality Analyzer (PQA), diketahui bahwa terdapat nilai ketimpangan tegangan dan arus yang berbeda dan terdapat arus netral. Seperti pada contoh SDP It 01 terdapat arus netral sebesar 5.8 A.

Mengalirnya arus netral menyebabkan adanya rugi-rugi pada jaringan tersebut. Semakin besar nilai arus netral yang mengalir, maka semakin besar juga rugi-rugi yang terjadi [5].

Setelah dilakukannya pengukuran dan ditemukan parameter yang menimbulkan ketidakseimbangan beban, penelitian ini merancang desain perbaikan keseimbangan beban tiap fasa pada sistem tiga fasa di Gedung ICT Universitas Diponegoro. Berdasarkan IEEE 446-1995 Power Quality batas nilai ketidakseimbangan beban yaitu 5 s/d 20% maksimal setiap fasa [6]. Kemudian merekomendasikan perlatan proteksi (Circuit Breaker) sesuai dengan nilai hubung singkat pada tiap bus menggunakan ETAP 12.6. Metode simulasi, pengukuran dan perhitungan digunakan sebagai pendekatan untuk menentukan titik ketidakseimbangan, perbaikan keseimbangan beban dan penentuan nilai arus maksimum pada peralatan proteksi (Circuit Breaker) di Gedung ICT Universitas Diponegoro.

a. Sistem 3 Fasa Seimbang

Pada kondisi ideal daya listrik pada sistem tenaga listrik tiga-fasa yang dibangkitkan, disalurkan dan diserap oleh beban adalah seimbang, serta pada tegangan dan arus yang seimbang [7]. Tegangan dan arus yang seimbang terdiri dari tegangan dan arus satu-fasa yang mempunyai magnitudo dan frekuensi yang sama tetapi antara satu fasa dengan fasa lainnya mempunyai beda fasa sebesar 120° listrik.



Gambar 1. Fasor Diagram dari Tegangan Fasa [7]

b. Perhitungan Ketidakseimbangan Beban

Menentukan besaran ketidakseimbangan beban dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$I \text{ rata-rata} = \frac{IR1+IS1+IT1}{3} \tag{1}$$

$$IR = a \times I \text{ rata - rata} \text{ maka } a = \frac{IR}{I \text{ rata-rata}} \tag{2}$$

$$IS = b \times I \text{ rata - rata} \text{ maka } b = \frac{IS}{I \text{ rata-rata}} \tag{3}$$

$$IT = c \times I \text{ rata - rata} \text{ maka } c = \frac{IT}{I \text{ rata-rata}} \tag{4}$$

Dimana  $I_{rata-rata}$  = arus rata-rata ketiga fasa (A)  
 $IR$ = arus fasa R(A)  
 $IS$ = arus fasa S (A)  
 $IT$ = arus fasa T(A)

Dalam kondisi beban seimbang, besar nilai koefisien a,b, dan c diasumsikan dengan 1. Jadi rata-rata ketidakseimbangan beban (%) dapat diketahui dengan persamaan:

$$\text{Ketidakseimbangan} = \frac{\{ |a-1| + |b-1| + |c-1| \}}{3} \times 100\% \tag{5}$$

c. Gangguan Hubung Singkat

Hubung singkat merupakan suatu hubungan abnormal (termasuk busur api) pada impedansi yang relatif rendah terjadi secara kebetulan atau disengaja antara dua titik yang mempunyai potensial yang berbeda [8]. Istilah gangguan atau gangguan hubung singkat digunakan untuk menjelaskan suatu hubungan singkat. Untuk mengatasi gangguan tersebut, perlu dilakukan analisis hubung singkat [9].

d. Circuit Breaker

Circuit breaker merupakan saklar listrik yang bekerja secara otomatis yang berfungsi ketika terdeteksinya hubung singkat dengan memutus aliran arus. Beragam tipe dan ukuran dari Circuit breaker ini dari jaringan tegangan rendah sampai jaringan tegangan tinggi. Tipe Circuit breaker yang sering digunakan yaitu Miniature Circuit Breaker, Molded Case Circuit Breaker, Circuit breaker dengan isolasi minyak, Circuit breaker dengan isolasi udara, Circuit breaker dengan isolasi SF6, dan Circuit breaker dengan isolasi ruang hampa (Vacuum) [10][11]. Pada evaluasi Circuit breaker yang dilakukan pada tugas akhir ini menggunakan tipe Miniature Circuit Breaker (MCB) [12] dan Molded Case Circuit Breaker (MCCB) dimana mengacu pada datasheet produk milik Merlin Gerin dan Schneider Electric. Gambar 2. memperlihatkan salah satu produk Circuit Breaker



Gambar 2.Salah Satu Produk Circuit Breaker

e. ETAP 12.6

ETAP adalah suatu software analisis yang comprehensive untuk mendesain dan mensimulasikan suatu sistem rangkaian tenaga. Gambar 3. memperlihatkan layar awal ETAP 12.6 ketika pertama kali dibuka [13].

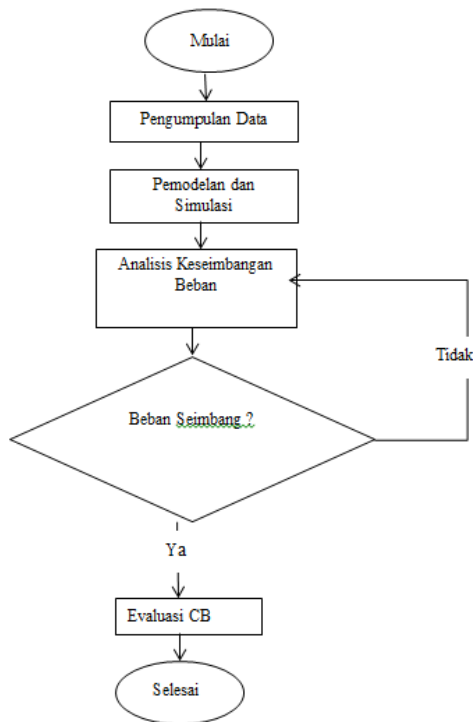


Gambar 3. Layar Awal ETAP 12.6.0

## 2. Metode

### 2.1. Langkah Penelitian

Tugas akhir ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan penelitian. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

### 2.2. Pengumpulan Data

Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan serangkaian proses pengambilan data primer maupun sekunder. Pengambilan data sekunder didapatkan dengan koordinasi pihak SAMWA bagian rumah tangga dan Staf ICT Universitas Diponegoro sedangkan data primer di dapatkan dari observasi langsung pada panel SDP maupun MDP di Gedung ICT Universitas Diponegoro. Pengambilan data primer dilakukan pada waktu dan agenda yang ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut

Tabel 1. Jadwal pengukuran panel di Gedung ICT Universitas Diponegoro

No.	Waktu Pengukuran	Data yang diukur
1.	17 Maret 2021	Pengukuran kualitas daya beban sebagian pada Panel SDP Lift, SDP AC lantai 1, dan SDP lantai 1.
2.	18 Maret 2021	Pengukuran kualitas daya beban sebagian pada SDP stop Kontak Komputer Lantai 1, SDP lantai 5, SDP AC Lantai 6, SDP AC Lantai 5, SDP AC lantai 4, SDP Stoop Kontak Komputer Lantai 4
3.	19 Maret 2021	Pengukuran kualitas daya beban sebagian pada panel SDP Lantai 2, SDP AC lantai 2, SDP Lantai 3, SDP AC lantai 3, SDP Stop Kontak Komputer Lantai 3.
4.	23 Maret 2021	Pengukuran kualitas daya beban sebagian pada panel SDP Stop Kontak Komputer Lantai 2 dan Pengukuran panel MDP
5.	11 April 2021	Pengukuran kualitas daya beban penuh pada panel SDP Lantai 4, dan SDP lantai 6
6.	23 April 2021	Pengukuran kualitas daya beban penuh pada panel SDP Lantai 3 dan SDP Lantai 1
7.	24 April 2021	Pengukuran kualitas daya beban penuh pada panel SDP Lantai 5.
8.	04 Juni 2021	Pengukuran arus pada setiap SDP AC dari lantai 1 sampai lantai 6
9.	08 Juni 2021	Pengukuran arus menggunakan MDP

### 2.3. Alat Ukur yang Digunakan

Pada pengukuran kualitas sistem kelistrikan di Gedung ICT Universitas Diponegoro digunakan beberapa alat ukur sebagai berikut:

#### 1. Power Quality Analyzer (PQA Meter)

Alat ini digunakan untuk pengukuran kualitas daya disisi MDP maupun SDP. Pada hasil pengukuran dapat ditampilkan nilai daya aktif, daya reaktif, tegangan, arus per fasa maupun arus netral. Gambar 5 memperlihatkan alat Power Quality Analyzer (PQA) meter.



Gambar 5. Power Quality Analyzer

#### 2. Tang Ampere

Tang Ampere digunakan untuk mengukur arus pada SDP sehingga dapat diketahui beban yang terpasang pada percabangan MCCB yang ada di tiap SDP. Gambar 6 memperlihatkan alat tangampere.



Gambar 6. Tang Ampere

Berdasarkan pengukuran di dapatkan bahwa Gedung ICT Universitas Diponegoro menggunakan transformator 630kVA dengan sistem instalai setiap *Main Distribution Panel* (MDP) yang terpasang, terhubung pada 1 *Sub Distribution Panel*(SDP) dengan rincian sebagai berikut:

- A. Lantai 1
  - 1. MDP Lt 01
  - SDP Lt 01
  - 2. MDP AC Lt 01
  - SDP AC Lt 01
  - 3. MDP Stop Kontak Lt 01
  - SDP Stop Kontak Lt 01
  - 4. MDP Lift
  - SDP Lift
- B. Lantai 2
  - 1. MDP Lt 02
  - SDP Lt 02
  - 2. MDP AC Lt 02
  - SDP AC Lt 02
  - 3. MDP Stop Kontak Lt 02
  - SDP Stop Kontak Lt 02
- C. Lantai 3
  - 1. MDP Lt 03
  - SDP Lt 03
  - 2. MDP AC Lt 03
  - SDP AC Lt 03
  - 3. MDP Stop Kontak Lt 03
  - SDP Stop Kontak Lt 03
- D. Lantai 4
  - 1. MDP Lt 04
  - SDP Lt 04
  - 2. MDP AC Lt 04
  - SDP AC Lt 04
- E. Lantai 5
  - 1. MDP Lt 05
  - SDP Lt 05
  - 2. MDP AC Lt 05
  - SDP AC Lt 05
- F. Lantai 6
  - 1. MDP Lt 06
  - SDP Lt 06
  - 2. MDP AC Lt 06
  - SDP AC Lt 06

Data pengukuran Gedung ICT Universitas Diponegoro dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3. sebagai berikut:

Tabel 2. Data Pengukuran MDP Gedung ICT Universitas Diponegoro

No	Panel	Arus (A)		
		R	S	T
1.	MDP Lt 1	3,3	3,1	2,9
2.	MDP Lt 2	5,5	5,5	1,9
3.	MDP Lt 3	5,1	2,2	8,9
4.	MDP Lt 4	16,4	2,9	47,3
5.	MDP Lt 5	0,7	8	0,7
6.	MDP Lt 6	1,8	120,5	3
7.	MDP AC Lt 1	23,79	17,48	17,73
8.	MDP AC Lt 2	59,2	49,2	59,4
9.	MDP AC lantai 3	42,6	36,11	35,91
10.	MDP AC Lantai 4	76,3	76,6	102,3
11.	MDP AC lantai 5	4,71	5,35	4,97
12.	MDP AC Lantai 6	26,64	17,84	17,71
13.	MDP Stop Kontak Komputer Lantai 1	3,44	2,15	1,98
14.	MDP Stop Kontak Komputer Lantai 2	2,1	4,9	5,49
15.	MDP Stop Kontak Komputer Lantai 3	0,02	0,02	0,02
16.	MDP Lift	1,72	1,24	1,55

Tabel 3. Data Pengukuran SDP Gedung ICT Universitas Diponegoro

No	Panel	Arus (A)			Arus Netral(A)
		R	S	T	
1.	SDP Lantai 1	3	35,9	36	5,8
2.	SDP Lantai 2	17	7,9	12	8,9
3.	SDP Lantai 3	34	175	35	157
4.	SDP Lantai 4	21	265	6,5	276,6
5.	SDP Lantai 5	1,3	214	1	214,5
6.	SDP lantai 6	6,4	115	5,1	112,7
7.	SDP AC Lt 1	40	33,9	34	5,97
8.	SDP AC Lt 2	21	18,2	18	7,73
9.	SDP AC Lt 3	42	36,3	36	5,36
10.	SDP AC Lt 4	68	50,4	49	5,81
11.	SDP AC Lt 5	37	31	32	4,79
12.	SDP AC 1 Lt 6	24	18	18	0,4
13.	SDP Stop Kontak Komputer Lt 1	0,5	0,5	0,5	0
14.	SDP Stop Kontak Komputer Lt 2	0,9	0,9	0,9	0
15.	SDP Stop Kontak Komputer Lt 3	0,1	0,1	0,1	0
16.	SDP Panel Lift	1,4	1,4	1,4	0,3

SDP : *Sub Distribution Panel*

SDP AC : *Sub DIttribution Panel Air Conditioner*

#### 2.4. Pembuatan Single Line Diagram

Pada pembuatan *Single Line Diagram* menggunakan ETAP, sumber sistem menggunakan power grid yang kemudian diturunkan tegangannya melewati transformator. Pada pemodelan sistem kelistrikan di Gedung ICT Universitas Diponegoro beban rata-rata menggunakan beban *static load*. Dalam menentukan kuat arus penghantar, maka menggunakan standar PUIL 2000 [14].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan ketidakseimbangan beban

Setelah diketahui data hasil pengukuran, kemudian dilakukan perhitungan nilai persentase ketidakseimbangan beban. Berdasarkan standart IEEE 446-1995, persentase ketidakseimbangan beban sebesar 5% sampai 20% setiap fasanya. Perhitungan nilai persentase ketidakseimbangan beban dilakukan pada *Sub Distribution Panel (SDP)* maupun pada *Main Distribution Panel (MDP)*. Berikut adalah hasil perhitungan persentase ketidakseimbangan beban:

$$I \text{ rata - rata} = \frac{IR+IS+IT}{3} = \frac{42,7+35,9+35,8}{3} = 38,13$$

Mencari parameter nilai a, b dan c dengan perhitungan sebagai berikut [7] :

$$a = \frac{IR}{I \text{ rata-rata}} = \frac{42,7}{38,13} = 1,12$$

$$b = \frac{IS}{I \text{ rata-rata}} = \frac{35,9}{38,13} = 0,94$$

$$c = \frac{IT}{I \text{ rata-rata}} = \frac{35,8}{38,13} = 0,94$$

$$\begin{aligned} \% \text{Ketidakseimbangan} &= \frac{|a - 1| + |b - 1| + |c - 1|}{3} \times 100\% \\ &= \frac{|1,12-1| + |0,94-1| + |0,94-1|}{3} \times 100\% \\ &= 8,18\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan nilai perhitungan ketidakseimbangan beban pada Tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Ketidakseimbangan Beban MDP

No	Panel	Arus (A)			(%)
		R	S	T	
1.	MDP Lt 1	3,3	3,1	2,9	4,301
2.	MDP Lt 2	5,5	5,5	1,9	37,20
3.	MDP Lt 3	5,1	2,2	8,9	43,20
4.	MDP Lt 4	16,4	2,9	47,3	75,37
5.	MDP Lt 5	0,7	8	0,7	103,5
6.	MDP Lt 6	1,8	120,5	3	125,6
7.	MDP AC Lantai 1	23,79	17,48	17,73	13,9774
8.	MDP AC Lantai 2	59,2	49,2	59,4	8,0254
9.	MDP AC lantai 3	42,6	36,11	35,91	7,6659
10.	MDP AC Lantai 4	76,3	76,6	102,3	13,5057
11.	MDP AC lantai 5	4,71	5,35	4,97	4,5243
12.	MDP AC Lantai 6	26,64	17,84	17,71	19,0063
13.	MDP Stop Kontak Komputer Lantai 1	0,02	0,02	0,02	0,000
14.	MDP Stop Kontak Komputer Lantai 2	0,20	0,20	0,20	0,000
15.	MDP Stop Kontak Komputer Lantai 3	0,02	0,02	0,02	0,0000
16.	MDP Lift	1,72	1,24	1,55	11,677

MDP :Main Distribution Panel

MDP AC : Main Distribution Panel Air Conditioner

Setelah diketahui perhitungan persentase ketidakseimbangan pada *Main Distribution Panel (MDP)* kemudian dihitung nilai persentase ketidakseimbangan beban pada *Sub Distribution Panel (SDP)*.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Ketidakseimbangan Beban SDP

No	Panel	Arus (A)			(%)
		R	S	T	
1.	SDP Lt 1	42,7	35,9	35,8	8,1810
2.	SDP Lt 2	17,4	7,9	11,8	25,4743
4.	SDP Lt 4	21,4	265,4	6,5	114,5299
5.	SDP Lt 5	1,3	214,2	1	131,2067
6.	SDP Lt 6	6,4	114,8	5,1	115,1515
7.	SDP AC Lantai 1	40	33,9	34	5,97
8.	SDP AC 2 Lantai 2	21	18,2	18	7,73
9.	SDP AC Lantai 3	42	36,3	36	5,36
10.	SDP AC Lantai 4	68	50,4	49	5,81
11.	SDP AC Lantai 5	37	31	32	4,79
12.	SDP AC 1 Lantai 6	24	18	18	0,4
13.	SDP Stop Kontak Komputer Lantai 1	0,5	0,5	0,5	0
14.	SDP Stop Kontak Komputer Lantai 2	0,9	0,9	0,9	0
15.	SDP Stop Kontak Komputer Lantai 3	0,1	0,1	0,1	0
16.	SDP Panel Lift	1,4	1,4	1,4	0,3

SDP :Sub Distribution Panel

Berdasarkan Tabel 5. perhitungan nilai persentase ketidakseimbangan beban beberapa SDP telah sesuai standar, nilai ketidakseimbangan beban menurut IEEE. Besarnya nilai ketidakseimbangan beban yang memenuhi standard seperti SDP AC lantai 1 sebesar 8,2%, SDP lantai 1 sebesar 8,1%, SDP AC lantai 2 sebesar 5,9%, SDP AC lantai 3 sebesar 6,5%, SDP AC lantai 4 sebesar 14,7%, SDP AC lantai 5 sebesar 6,8%, SDP AC lantai 6 sebesar 13,4%, SDP stop kontak lantai 1, lantai 2 dan lantai 3 sebesar 0% serta SDP lift sebesar 1,3%, namun SDP lainnya tidak memenuhi standard seperti SDP lantai 2 sebesar 25%, SDP lantai 3 sebesar 76%, SDP lantai 4 sebesar 114%, SDP lantai 5 sebesar 131,2% dan SDP lantai 6 sebesar 115% sehingga diperlukan adanya penyetaraan beban pada setiap fasanya. Penyetaraan beban ini ditujukan agar arus netral dapat berkurang.

3.2. Pemerataan Beban

Setelah diketahui hasil dari simulasi dan perhitungan ketidakseimbangan beban, Namun karena persentase ketidakseimbangan beban melebihi batas standard maka kemudian dilakukan pemerataan. Untuk mengurangi arus pada penghantar netral dilakukan pemerataan beban [15].

Pada pemerataan beban hanya dilakukan pada BUS yang terhubung pada beban 1 fasa. Tabel 6. memperlihatkan beban sebelum dan sesudah dilakukan pemerataan beban, sebagai berikut :

**Tabel 6. Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Pemerataan Beban**

Identitas Bus	Pemerataan Beban.			
	Sebelum		Setelah	
	Fasa	Keterangan Beban	Fasa	Keterangan Beban
SDP Lt 01	R	-1 Mesin Fotocopy -2 lampu CFL @11W -32 lampu CFL @23W	R	-Dipindah ke fasa T -Dipindah ke Fasa T
	S	-2 lampu TL @36W	S	-17 lampu CFL @23W - Dipindah ke fasa T
		-6 Buah Lampu CFL @11W - 7 lampu CFL @23W -1 lampu TL @36W	T	-8 Buah Lampu CFL @11W -22 lampu CFL @23W - 3 lampu TL @36W
SDP Lt 02	R	-72 lampu TL @36W	R	-51 lampu TL @36W
	S	- 30 lampu LED @7W -6 lampu TL @36W -2 Speaker	S	-28 lampu LED@7W - 18 lampu TL @36W - Dipindah ke fasa T
	T	-38 lampu TL @36W -4 lampu LED @7W	T	- 46 lampu TL @36W -6 lampu LED @7W - 2 Speaker
SDP Lt 3	R	-32 komputer - 7 lampu CFL	R	-36 komputer - 8 Lampu CFL @11W
		-20 stop kontak	R	- 106 stop kontak
	S	-59 lampu CFL @23W - 255 stop kontak - 2 speaker	S	- 41 lampu CFL @23W - 85 stop kontak -Dipindah ke fasa T
	T	- 5 buah lampu CFL @23W	T	- 23 buah lampu CFL @23W
		- 50 Komputer		- 52 komputer

**Tabel 6. (Lanjutan)**

Identitas Bus	Pemerataan Beban.			
	Fasa	Sebelum Keterangan Beban	Fasa	Setelah Keterangan Beban
SDP Lt 4				- 84 stop kontak - 2 buah speaker
	R	-38 lampu TL @36W - 5 lampu LED @7W - 24 lampu CFL @11W	R	- 60 Lampu TL @36W - 18 Lampu LED @7W - 12 lampu CFL @11W -2 buah aquarium
	S	- 34 lampu TL @36W -10 lampu CFL @11W - 2 aquarium	S	- 9 lampu TL @36W -5 lampu CFL @11W - Dipindah ke fasa R - Dipindah ke Fasa T
	T	- 7 lampu TL @36W -6 lampu CFL @11W	T	-10 lampu TL @36W - 16 lampu CFL @11W - 1 mesin FC
		- 1 mesin FC		- 11 lampu CFL @11W - 18 lampu LED @7W - 4 lampu TL @36W - 3 Speaker -20 stop kontak
		- 11 lampu CFL @11W	R	- 11 lampu CFL @11W - 18 lampu LED @7W - 4 lampu TL @36W - 3 Speaker -20 stop kontak
SDP Lt 5	R	- 11 lampu CFL @11W	R	- 11 lampu CFL @11W - 18 lampu LED @7W - 4 lampu TL @36W - 3 Speaker -20 stop kontak
	S	- 3 lampu TL @36W - 18 lampu LED @7W - 5 speaker - 24 lampu TL @36W - 59 stop kontak	S	- Dipindah ke fasa R - dipindah ke fasa R -2 speaker Dipindah ke fasa T - 18 stop kontak - 20 lampu CFL @11W - 1 lampu TL @36W -24 lampu TL @18W - 21 stop kontak
	T	- 20 lampu CFL @11W - 1 lampu TL @36W	T	- 20 lampu CFL @11W - 1 lampu TL @36W -24 lampu TL @18W - 21 stop kontak
		- 10 lampu TL @36W	R	-32 lampu TL @36W - 4 stop kontak - 7 lampu TL @36W -8 lampu CFL @11W - 4 stop kontak -Dipindah ke fasa T - 4 lampu TL @36W -5 lampu CFL @11W -2 mic - 3 stop kontak
SDP Lt 6	R	- 10 lampu TL @36W	R	-32 lampu TL @36W - 4 stop kontak - 7 lampu TL @36W -8 lampu CFL @11W - 4 stop kontak -Dipindah ke fasa T - 4 lampu TL @36W -5 lampu CFL @11W -2 mic - 3 stop kontak
	S	- 31 lampu TL @36W -13 lampu CFL @11W -11 stop kontak - 2 mic	S	- 4 stop kontak - 7 lampu TL @36W -8 lampu CFL @11W - 4 stop kontak -Dipindah ke fasa T - 4 lampu TL @36W -5 lampu CFL @11W -2 mic - 3 stop kontak
	T	- 2 lampu TL @36W	T	- 4 lampu TL @36W -5 lampu CFL @11W -2 mic - 3 stop kontak

Berdasarkan Tabel 6. memperlihatkan beban sebelum dan

sesudah dilakukan pemerataan beban. Pada SDP Lt 01 pada fasa T yang awalnya terpasang 6 buah lampu CFL 11 Watt menjadi 8 buah Lampu CFL 11 Watt. Pemerataan beban ini diharapkan mampu mengurangi adanya arus netral

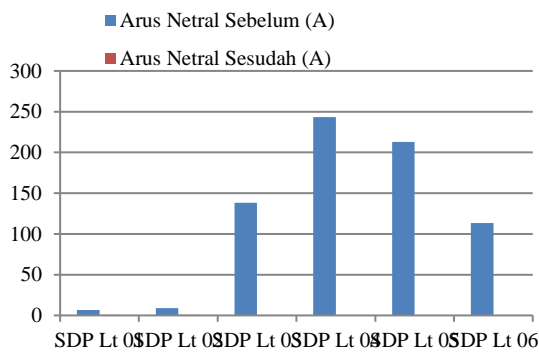
### 3.3. Perbandingan Hasil Simulasi Sebelum dan Setelah Pemerataan Beban

Setelah dilakukan pemerataan beban, kemudian dilakukan simulasi pada ETAP 12.6 untuk mengetahui besarnya arus netral. Berikut adalah hasil perbandingan simulasi sebelum dan sesudah adanya pemerataan beban 1 fasa.

Tabel 7. Perbandingan Hasil Simulasi Sebelum Dan Setelah Pemerataan Beban

No.	Identitas Bus	Arus Netral (A)	
		Sebelum	Sesudah
1.	SDP Lt 01	6,8	0,7
2.	SDP Lt 02	8,8	0,7
3.	SDP Lt 03	138,1	0,6
4.	SDP Lt 04	243,2	0,3
5.	SDP Lt 05	212,9	0,5
6.	SDP Lt 06	113,5	0,3

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa arus netral mengalami penurunan setelah dilakukan pemerataan beban satu fasa yang terpasang pada jaringan. Masih adanya arus netral setelah dilakukan pemerataan beban disebabkan karena adanya pengaruh harmonisa terutama faktor dari Total *Harmonic Distortion* dari arus [16]. Gambar 7 memperlihatkan diagram perbandingan nilai arus netral sebelum dan sesudah dilakukan pemerataan beban.



Gambar 7. Diagram Perbandingan Nilai Arus Netral

### 3.4. Evaluasi *Circuit Breaker*

*Circuit Breaker* yang terpasang pada instalasi Gedung ICT Universitas Diponegoro yaitu jenis *Circuit Breaker Molded Case Circuit breaker* tipe Schneider Electric dan Merlin Gerlin, serta tipe *Mini Circuit Breaker New Domae*. Sebagai langkah evaluasi *Circuit Breaker* maka dilakukan simulasi hubung singkat 3 fasa dengan

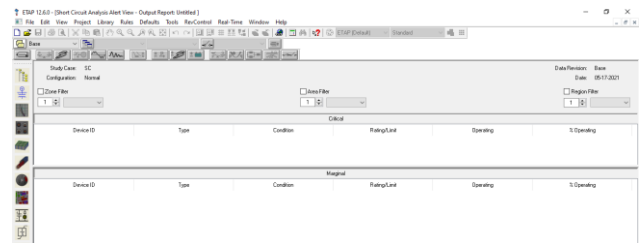
menggunakan perangkat bantu *software* ETAP 12.6. Berikut adalah hasil dari simulasi hubung singkat 3 fasa:

Tabel 7. Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 Fasa

Identitas Bus	Tegangan Nominal Bus (kV)	Arus Hubung Singkat 3 Fasa (kA)
Bus lantai 1	0,4	13,843
Bus Lt 01	0,4	12,145
Bus Lantai 2	0,4	13,843
Bus Lt 02	0,4	10,279
Bus Lantai 3	0,4	16,227
Bus Lt 03	0,4	16,245
Bus Lantai 4	0,4	17,703
Bus Lt 04	0,4	16,659
Bus Lantai 5	0,4	13,843
Bus Lt 05	0,4	18,056
Bus Lantai 6	0,4	16,769
Bus Lt 06	0,4	14,497
Bus AC Lantai 1	0,4	16,890
BusAC Lt 01	0,4	12,198
Bus AC Lantai 2	0,4	17,177
Bus AC Lt 02	0,4	16,410
Bus AC Lantai 3	0,4	13,843
Bus AC Lt 03	0,4	11,665
Bus AC Lantai 4	0,4	13,843
Bus AC Lt 04	0,4	11,657
Bus AC Lantai 5	0,4	19,175
Bus AC Lt 05	0,4	11,202
Bus AC Lantai 6	0,4	16,769
Bus AC 1 Lt 06	0,4	12,236
Bus Lift	0,4	13,834
Bus SDP Lift	0,4	13,851
Bus MDP Stop Kontak Lt 01	0,4	4,452
Bus SDP Stp Kontak 1	0,4	3,552
Bus MDP Stp Kontak Lt 02	0,4	4,471
Bus SDP Stp Kontak 2	0,4	3,123
Bus MDP Stp Kontak Lt 02	0,4	4,458
Bus SDP Stp Kontak 3	0,4	2,715
Bus MDP Stp Kontak Lt 03	0,4	4,458
Bus SDP Stp Kontak 3	0,4	3,552

Bus Lantai 1 : Bus Main Distribution Panel Lantai 1  
 Bus Lt 01 : Bus Sub Distribution Panel Lantai 1

Berdasarkan Gambar 8. tidak terdapat tampilan peringatan pada simulasi hubung singkat 3 fasa, hal ini menandakan bahwa *circuit breaker* berfungsi dengan baik ketika terdapat gangguan 3 fasa.



Gambar 8. Tampilan Alert View pada Simulasi Hubung Singkat 3 Fasa di ETAP 12.6

## 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari tugas akhir adalah pada ketidakseimbangan beban di Gedung ICT Universitas

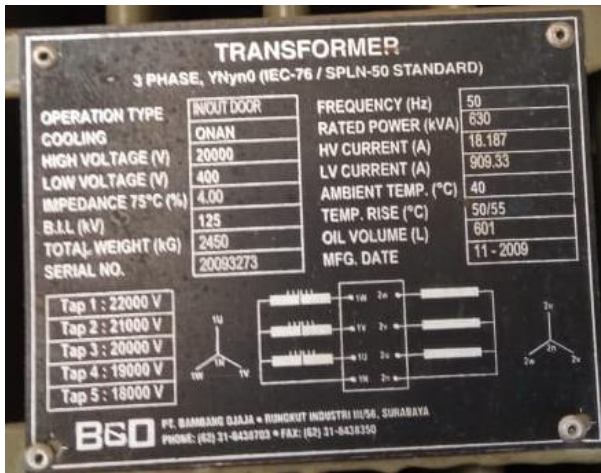
Diponegoro, hasil simulasi eksisting menggunakan software ETAP 12.6 pada Bus lantai 4 yaitu 246,6 A dan nilai arus netral terkecil terletak pada Bus stop kontak Lantai 1, Bus stop kontak lantai 2 dan Bus stop kontak lantai 3, bus SDP Lift, Bus AC lantai 6 yaitu 0 A. Pada hasil perhitungan ketidakseimbangan beban, persentase ketidakseimbangan beban terbesar terletak pada SDP Lantai 5 yaitu 131%. Nilai ini telah melebihi batas ketidakseimbangan beban berdasarkan IEEE 446-1995 dengan batas ketidakseimbangan beban 5% sampai 20% tiap fasanya. Kemudian dilakukan pemerataan beban 1 fasa, hasil simulasi ETAP 12.6 seperti pada Bus SDP Lt 01 maka diperoleh pengurangan arus netral yang awalnya arus netral sebesar 6,8A menjadi 0,7 A. Masih adanya arus netral dikarenakan adanya pengaruh harmonisa terutama harmonisa arus dan dilakukan Simulasi Hubung Singkat 3 Fasa sebagai langkah awal dalam evaluasi *Circuit Breaker* maka didapatkan bahwa *Circuit Breaker* yang terpasang pada tiap *Sub Distribution Panel* (SDP) maupun *Main Distribution Panel* (MDP) yang ada pada Gedung ICT Universitas Diponegoro masih berfungsi dengan baik ketika terjadi gangguan 3 fasa namun ada beberapa circuit breaker yang harus disetting ulang. Sehingga Perlu adanya sistem audit ulang secara keseluruhan pada Gedung ICT Universitas Diponegoro, selain itu diperlukan perbaikan terhadap sistem elektrikal meliputi sistem penerangan, instalasi listrik dengan standard yang berlaku baik PUIL 2011 maupun IEEE 446-1995.

## Referensi

- [1]. Universitas Diponegoro”, [Online]. Tersedia: <https://www.undip.ac.id/>. Diakses: Maret , 08, 2021
- [2]. “LPPM-Universitas Diponegoro”, [Online]. Tersedia : <https://lppm.undip.ac.id/>. Diakses: Maret, 08, 2021.
- [3]. Siregar, M. A. 2013. Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Di PT. PLN (PERSERO) Rayon Panam Pekanbaru. Skripsi. Program S1 Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Suska Riau.
- [4]. Siregar, R. S., Harahap, R. 2017. Perhitungan Arus Netral Rugi-rugi dan Efisiensi Transformator Distribusi 3 Fasa 20kV/400V Di PT. PLN(Persero) Rayon Medan Timur Akibat Ketidakseimbangan Beban. *Journal of Electrical Technology* 2(3):79-85
- [5]. Sogen, M. D. T. 2018. Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Pada Transformator Distribusi Di PT PLN (PERSERO) Area Sorong. *Jurnal Electro Luceat* 4(1):1-10.
- [6]. Standar IEEE 446-1995 *Power Quality*
- [7]. M. Agil and M. R. Djalal, Studi Hubung Singkat 3 Fasa Simetri (Studi Kasus Sistem Interkoneksi 150 kV Sulawesi Selatan), Politeknik Aceh and Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2014
- [8]. A, Malafeev. A, Luldasheva. 2015. Short Circuit Failures Simulation for Evaluation of Structural Reliability of Power Supply System. *ICIE-2015*, 129, 433-439.
- [9]. Chonju Fan, “Short-circuit current calculation method for partial coupling transmission lines under different voltage levels”, *Journal Electrical Power and Energy Systems* 647-654, 2015.
- [10]. Sudirham, Sudaryatno. 2012. “Analisa sistem tenaga”. Darpublic. Bandung.
- [11]. Saxena, Saurabh dkk, Various Types of Circuit breakers Used in Power System for Smooth Working of The Transmission Line. *MIT International Journal of Electrical and Instrumentation Engineering*, Vol. 2, No. 2, 2012. pp. 106-111.
- [12]. Datasheet Mini Circuit Breaker Shneider Electric New Domae
- [13]. Sumitro Pandapotan, Penggunaan ETAP 12.6 Sebagai Software Analisis Power Quality, Politeknik Negeri
- [14]. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2000
- [15]. Saputra, 2015. Analisa Pemerataan Beban Gardu Distribusi U 046 PT PLN (Persero) Rayon Ampera Palembang.
- [16]. Ahmad Anwar, “Studi Analisis Dan Perancangan Mitigasi Ketidakseimbangan Tegangan Dan Arus Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Sistem Kelistrikan Serta Standarisasi Circuit Breaker Unit Spinning I/li Di Pt Sri Rejeki Isman, Tbk, 2019.



Lampiran A



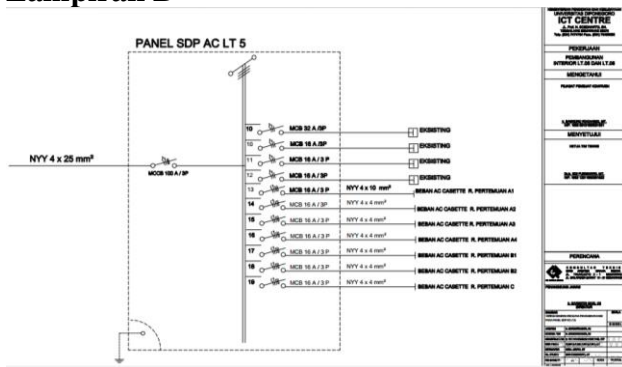
Gambar 9. Nameplate Trafo Yang Ada Di Gedung ICT Universitas Diponegoro

Lampiran C



Gambar 11. Salah satu foto hasil pengukuran Power Quality Analyzer

Lampiran B



Gambar 10. Data Sekunder Gedung ICT Universitas Diponegoro Lantai 5



Gambar 12. Salah satu foto hasil pengukuran Tangampere