

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Umum

Gedung Keuangan Negara Yogyakarta merupakan lembaga keuangan dibawah Kementerian Keuangan yang bertugas memberikan pelayanan masyarakat serta penyelenggaraan urusan bidang keuangan dan kekayaan negara di daerah bersangkutan. Gedung ini berlokasi di Jl. Kusumanegara No.11 Yogyakarta dengan luas area sekitar  $24.033 m^2$  dan terbagi menjadi 3 blok, yaitu Blok A, B, C dan D. Adapun informasi yang didapat mengenai spesifikasi dan data-data dari Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta adalah sebagai berikut:

- a. Luas bangunan :  $2.991 m^2$
- b. Jumlah lantai : 4 lantai
- c. Daya : 68.704 W / 85.880 VA
- d. Tegangan : 20 kV/ 220 V
- e. Genset : 400 KVA
- f. Chiller : 125 KVA
- g. FCU : 30.600 W / 38.250 VA
- h. Frekuensi : 50 Hz

Tabel 4.1 Biaya energi listrik Gedung Keuangan Negara Yogyakarta periode April 2016 – Maret 2017.

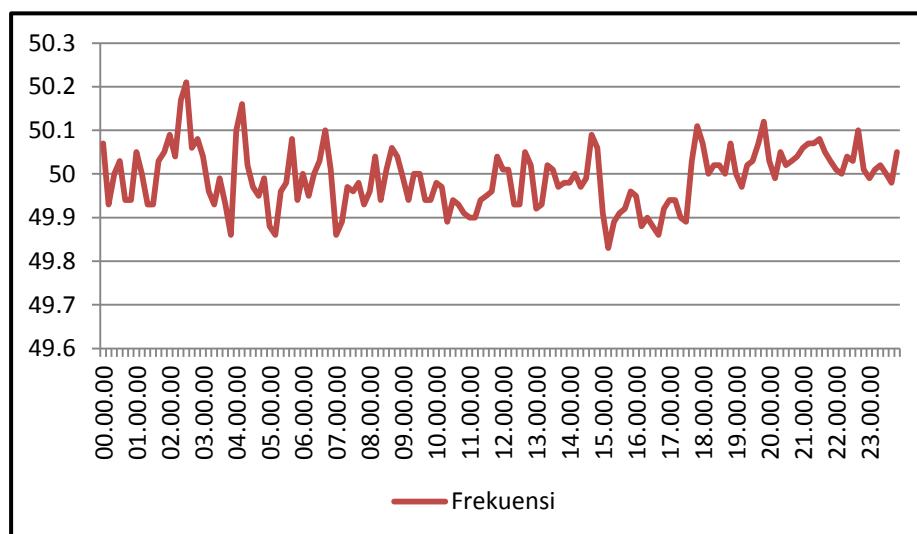
Bulan	Tahun	Biaya / Tarif Daya Listrik
April	2016	Rp 101,854,832.00
Mei	2016	Rp 100,456,777.00
Juni	2016	Rp 103,838,332.00
Juli	2016	Rp 98,775,843.00
Agustus	2016	Rp 87,704,323.00
September	2016	Rp 107,171,710.00
Oktober	2016	Rp 101,286,828.00
November	2016	Rp 105,723,246.00
Desember	2016	Rp 109,798,083.00
Januari	2017	Rp 104,908,471.00
Februari	2017	Rp 101,432,877.00
Maret	2017	Rp 95,376,771.00
<b>TOTAL</b>		Rp 1,218,328,093.00

## 4.2 Hasil Pengukuran Tiap Panel

### 4.2.1. Hasil Pengukuran Panel SDP (*Sub Distribution Panel*)

Berikut ditampilkan hasil pengukuran Panel SDP blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta dari tanggal 17 Januari 2017 sampai dengan 18 Januari 2017.

#### A. Profil Nilai Frekuensi



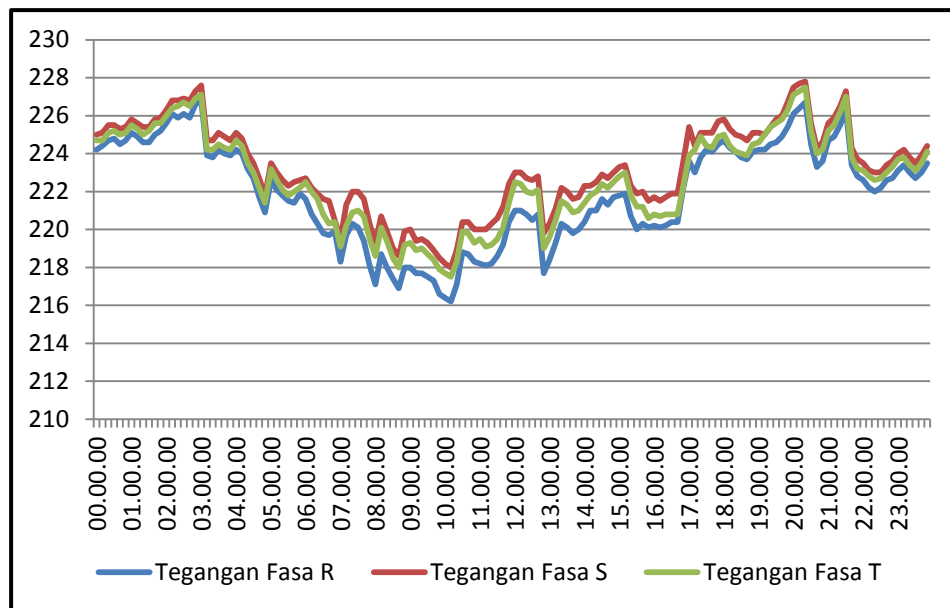
Gambar 4.1 Nilai Frekuensi Panel SDP Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam Hz yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.2 Nilai Frekuensi Panel SDP Blok A

Frekuensi	Hz
Nilai Tertinggi	50,21
Nilai Terendah	49,83
Rata-rata	49,99

### B. Profil Nilai Tegangan



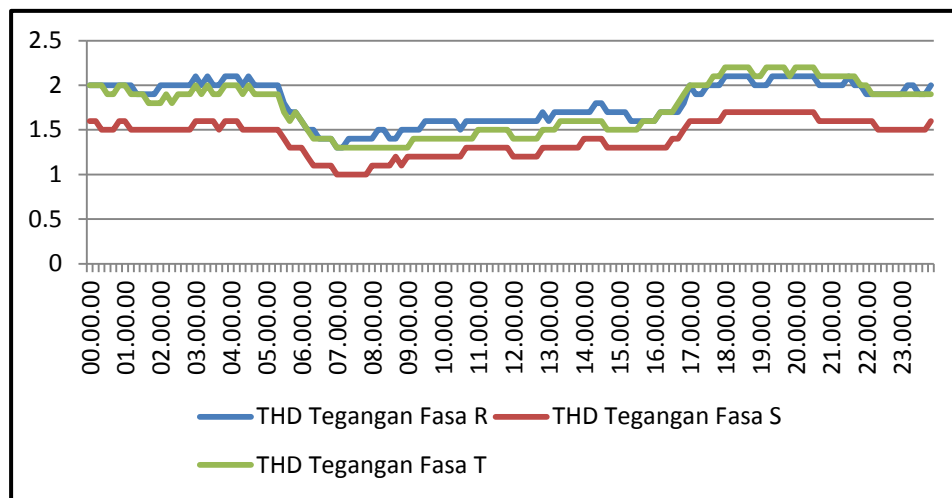
Gambar 4.2 Nilai Tegangan Panel SDP Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam Volt (V) yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.3 Nilai Tegangan Panel SDP Blok A

Tegangan	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Tertinggi	216,2	218	217,5
Nilai Terendah	226,8	227,8	227,5
Rata-rata	221,92	223,21	222,66

### C. Profil Nilai Harmonisa Tegangan



Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai

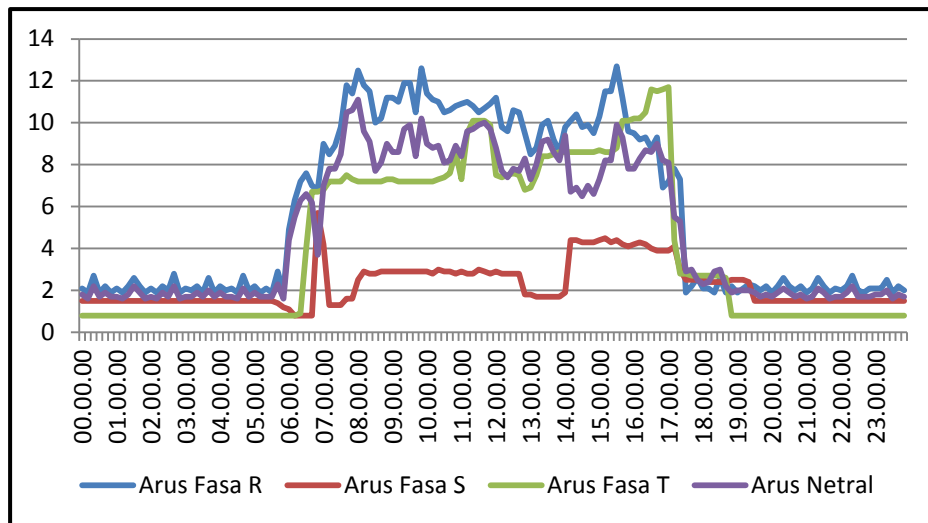
Gambar 4.3 Nilai Harmonisa Tegangan Panel SDP Blok A

rata-rata dalam persen (%) yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.41 Nilai Harmonisa Tegangan Panel SDP Blok A

THD Tegangan	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Tertinggi	1,3	1	1,3
Nilai Terendah	2,1	1,7	2,2
Rata-rata	1,80	1,41	1,75

#### D. Profil Konsumsi Arus



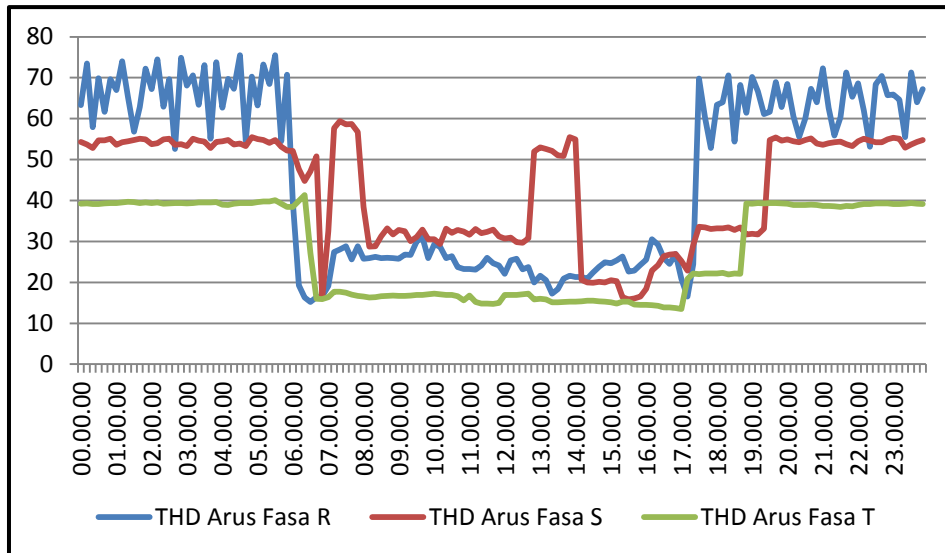
Gambar 4.42 Nilai Arus Panel SDP Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam Ampere (A) yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.52 Nilai Arus Panel SDP Blok A

Arus	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Netral
Nilai Tertinggi	1,9	0,8	0,8	1,6
Nilai Terendah	12,7	5,7	11,7	11,1
Rata-rata	5,86	2,25	4,24	4,91

### E. Profil Harmonisa Arus



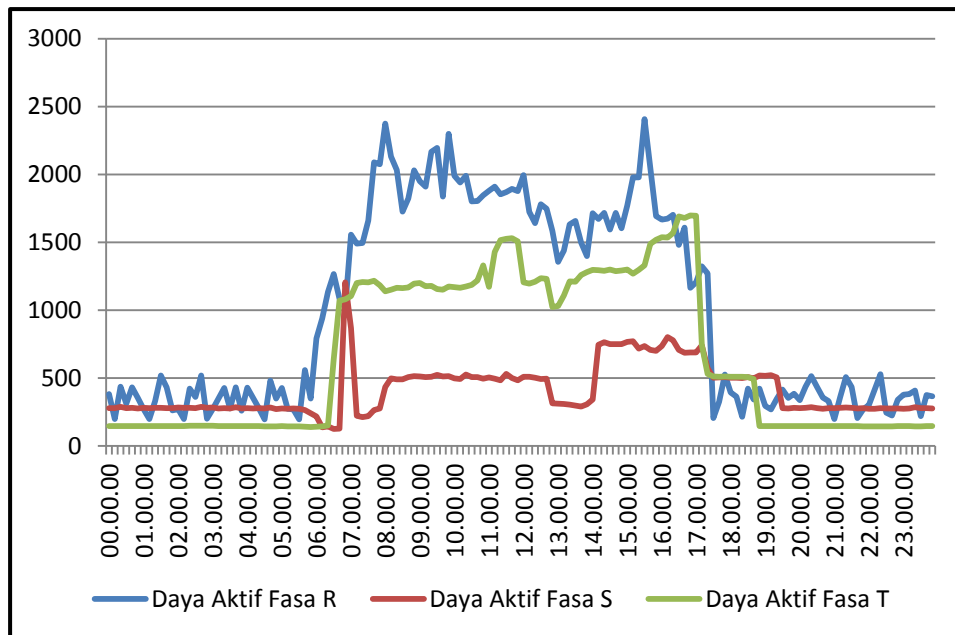
Gambar 4.5 Nilai Harmonisa Arus Panel SDP Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam persen (%) yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.6 Nilai Harmonisa Arus Panel SDP Blok A

THD Arus	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Tertinggi	15,2	15,8	13,5
Nilai Terendah	75,5	59,4	41,3
Rata-rata	45,64	42,82	27,75

## F. Profil Konsumsi Daya Aktif



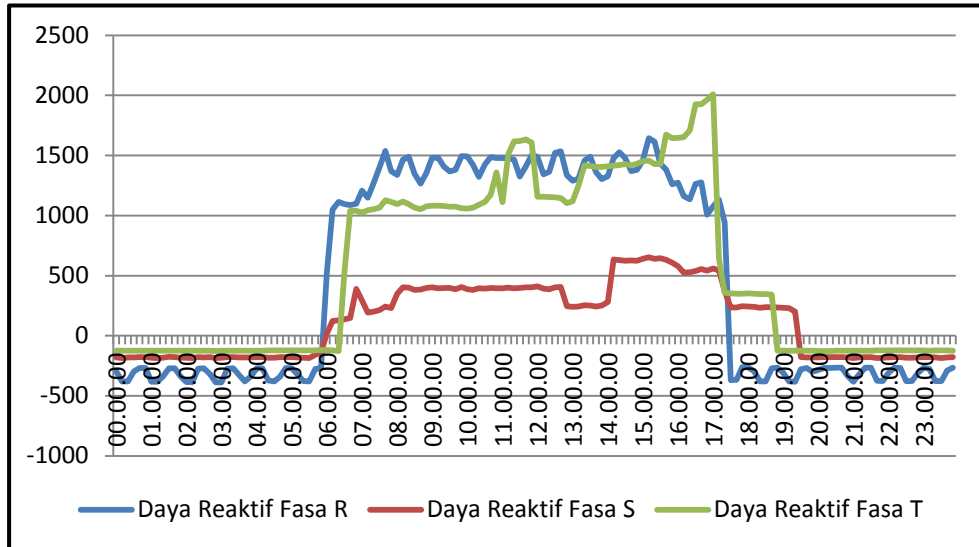
Gambar 4.6 Nilai Daya Aktif Panel SDP Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam Watt (W) yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.7 Nilai Daya Aktif Panel SDP Blok A

Daya Aktif	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Tertinggi	196,77	125,1	139,64
Nilai Terendah	2407,07	1206,05	1698,34
Rata-rata	1002,43	411,63	673,93

### G. Profil Konsumsi Daya Reaktif



Gambar 4.7 Nilai Daya Reaktif Panel SDP Blok A

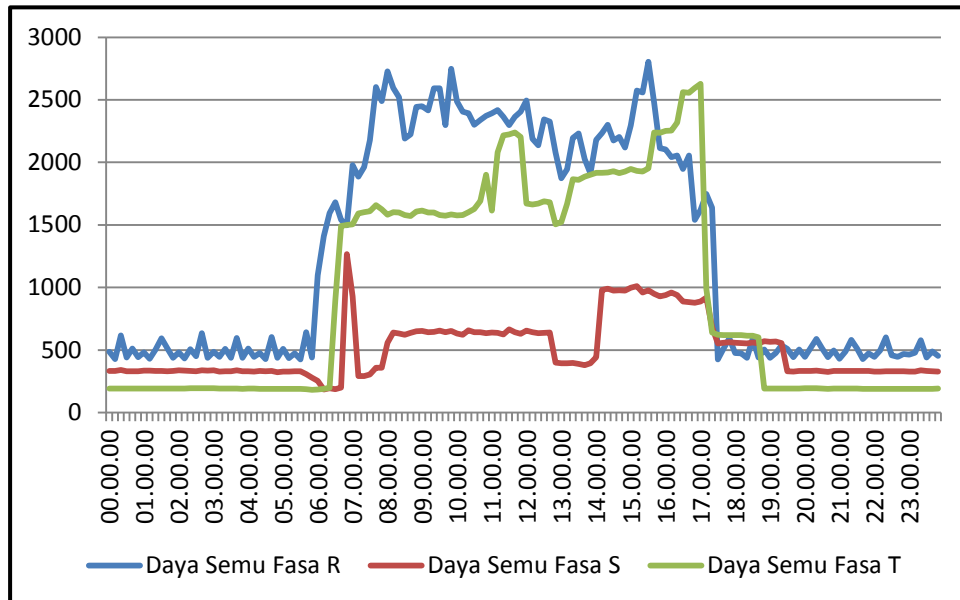
Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam Var yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.8 Nilai Daya Reaktif Panel SDP Blok A

Daya Reaktif	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Tertinggi	-389,2	-185,65	-128,05
Nilai Terendah	1643,55	653,85	2007,9
Rata-rata	476,41	131,82	544,26



## H. Profil Konsumsi Daya Semu



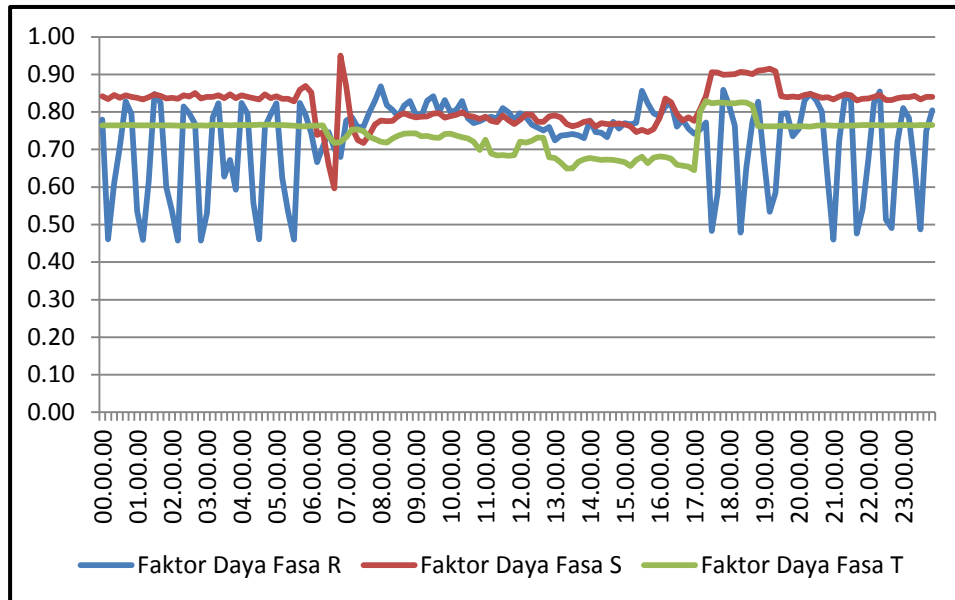
Gambar 4.8 Nilai Daya Semu Panel SDP Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam VA yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.93 Nilai Daya Semu Panel SDP Blok A

Daya Semu	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Tertinggi	425,1	184,83	183,14
Nilai Terendah	2805,39	1268,04	2628,62
Rata-rata	1302,17	505,94	948,99

## I. Profil Faktor Daya



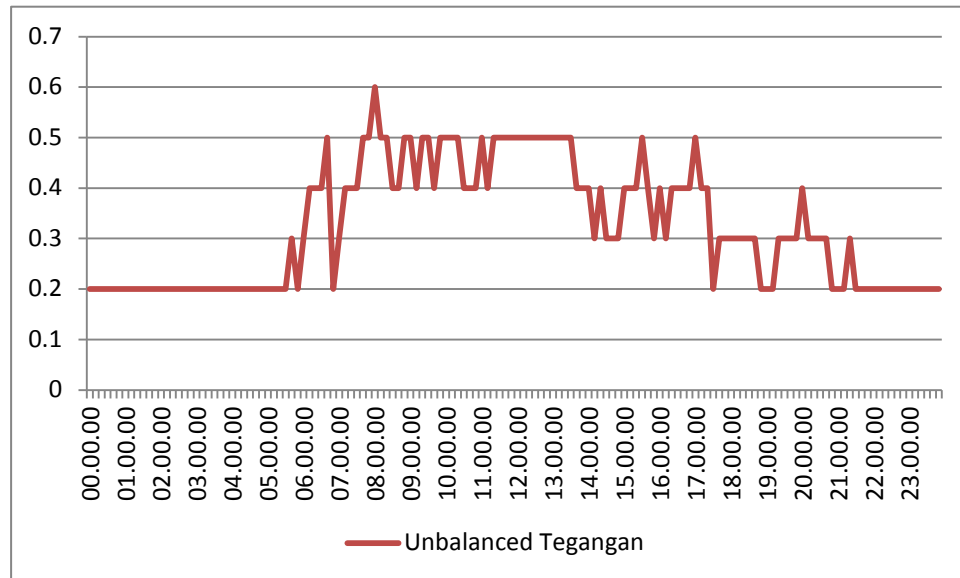
Gambar 4.9 Nilai Faktor Daya Panel SDP Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.10 Nilai Faktor Daya Panel SDP Blok A

Faktor Daya	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Tertinggi	0,46	0,60	0,65
Nilai Terendah	0,87	0,95	0,83
Rata-rata	0,66	0,77	0,74

## J. Profil Unbalanced Tegangan (IEEE)



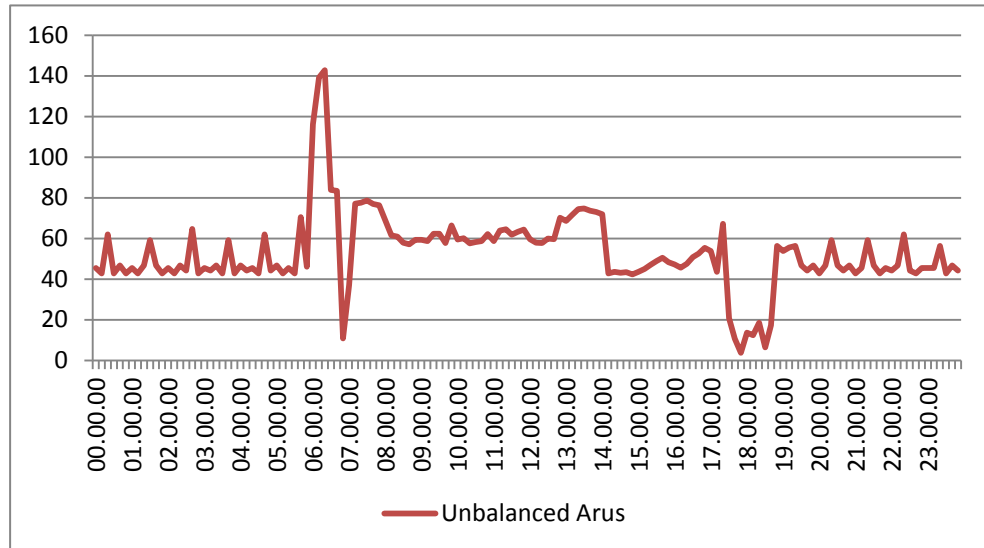
Gambar 4.10 Nilai Unbalanced Tegangan Panel SDP Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam persen (%) yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.11 Nilai Unbalanced Tegangan Panel SDP Blok A

Unbalanced Tegangan	%
Nilai Tertinggi	0,2
Nilai Terendah	0,6
Rata-rata	0,32

## K. Profil Unbalanced Arus IEEE



Gambar 4.11 Nilai Unbalanced Arus Panel SDP Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam persen (%) yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.12 Nilai Unbalanced Arus Panel SDP Blok A

Unbalanced Arus	%
Nilai Tertinggi	3,8
Nilai Terendah	142,7
Rata-rata	52,90

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan di panel SDP blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta, maka dengan menggunakan nilai rata-rata parameter-parameter di atas dapat ditabulasikan sebagai berikut :

Tabel 4.13 Nilai Rata-rata Hasil Pengukuran Panel SDP Blok A

No	Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Netral
1	Frekuensi (Hz)	49,99			
2	Tegangan (V)	221,92	223,21	222,66	
3	THD Tegangan (%)	1,81	1,42	1,75	
4	Arus (A)	5,86	2,26	4,24	4,92
5	THD Arus (%)	45,65	42,82	27,75	
6	Daya Aktif (W)	1002,43	411,63	673,93	
7	Daya Reaktif (Var)	476,41	131,82	544,26	
8	Daya Semu (VA)	1302,17	505,94	948,99	
9	Faktor Daya	0,66	0,77	0,74	
10	V Unbalanced, IEEE (%)	0,32			
11	I Unbalanced, IEEE (%)	52,90			

#### 4.2.2.1 Analisa Kualitas Daya Listrik Panel SDP Blok A Gedung Keuangan

##### Negara Yogyakarta

Berdasarkan data hasil pengukuran panel SDP pada Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta terjadi ketidakseimbangan arus. Hal ini ditandai dengan adanya perbedaan nilai arus dan daya pada setiap fasa. Beban terbesar terjadi pada fasa R dimana arus pada fasa R sebesar 5.86 Ampere. Akibat dari ketidakseimbangan beban menyebabkan terjadinya arus pada netral yang besarnya menyamai arus pada salah satu fasa yaitu fasa T.

Tegangan yang diijinkan turun sebesar 10% dan naik sebesar 5% dari tegangan standar 220V dengan demikian tegangan masih dalam batas tegangan yang diperbolehkan yaitu berkisar antara 198-231 V. Dimana hasil pengukuran berada pada tegangan 223,21V pada fasa S dan 221,92V pada fasa R.

Adanya spektrum harmonisa arus dan tegangan orde frekuensi kesatu, kedua dan seterusnya yang muncul pada frekuensi asli (frekuensi fundamentalnya) mengakibatkan kondisi sistem kelistrikan di Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta mengalami gangguan harmonisa. Gangguan tersebut ditandai dengan bentuk gelombang tegangan tidak sinusoidal. Selain itu arus netral yang terukur juga sangat besar, bahkan besarnya menyamai arus fasa.

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa %THD<sub>v</sub> di panel SDP Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta berada pada kisaran 1,42% (fasa S) – 1,81% (fasa R). Berdasarkan standar IEEE untuk nilai %THD<sub>v</sub> terbesar yaitu 5%, maka %THD<sub>v</sub> di panel SDP Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta saat ini masih memenuhi standar. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa %THD<sub>i</sub> di panel SDP Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta berada pada kisaran 27,75 % (fasa T) – 45,65% (fasa R). Berdasarkan standar IEEE untuk nilai %THD<sub>i</sub> terbesar 15%, maka %THD<sub>i</sub> di panel SDP Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta saat ini pada kondisi yang tidak baik karena melebihi standar yang diizinkan.

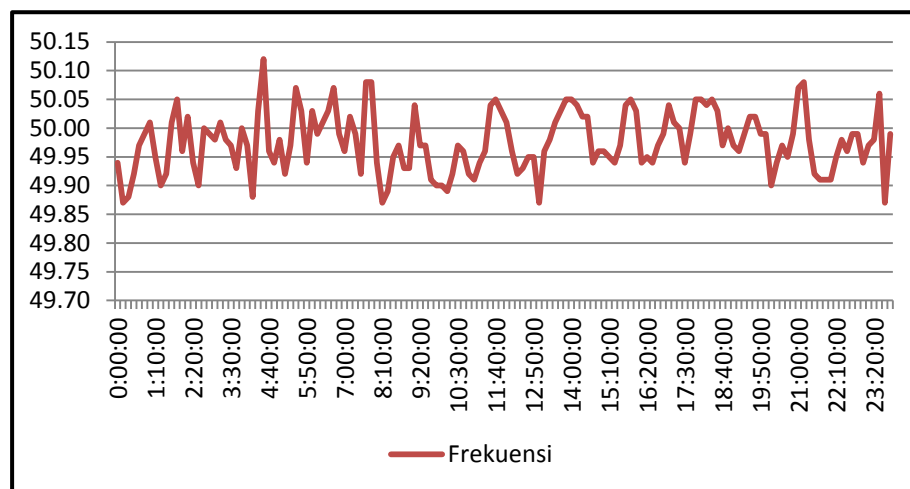
Sedangkan untuk faktor daya terukur pada fasa R,S,T bernilai 0,66. 0,77 . 0,74 berada dibawah standar PLN sebesar 0,85. *Voltage Unbalance* (ketidakseimbangan beban) kurang baik, karena faktor daya yang kecil

mengakibatkan semakin sedikit daya yang bisa dimanfaatkan dari sejumlah daya tampak yang sama. Hal ini juga menyebabkan biaya kelebihan daya reaktif (KVAR).

#### 4.2.2 Hasil Pengukuran di Panel SDP AC A

Berikut ditampilkan hasil pengukuran Panel SDP blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta dari tanggal 23 Januari 2017 sampai dengan 24 Januari 2017.

##### A. Profil Nilai Frekuensi



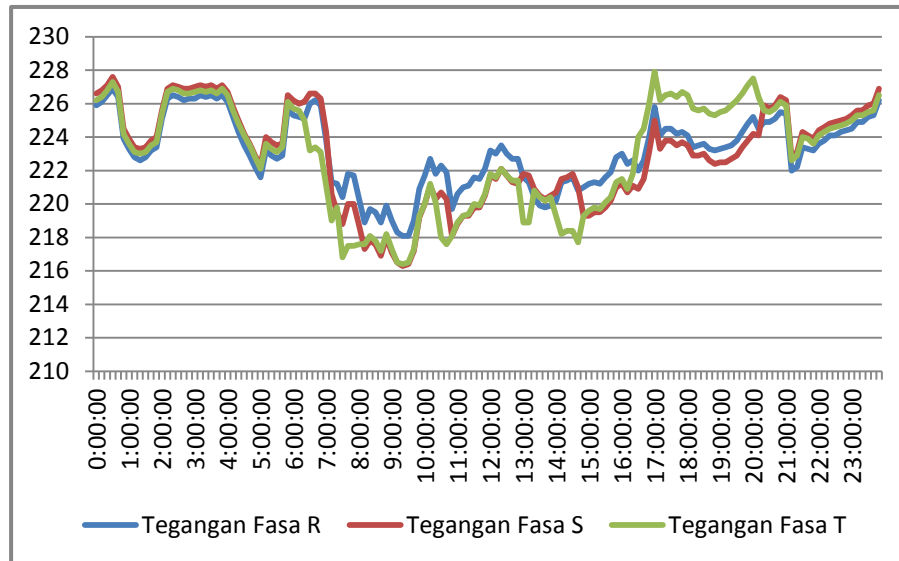
Gambar 4.12 Nilai Frekuensi Panel SDP AC Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam Hz yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.14 Nilai Frekuensi Panel SDP AC Blok A

Frekuensi	Hz
Nilai Tertinggi	49,87
Nilai Terendah	50,12
Rata-rata	49,98

## B. Profil Nilai Tegangan



Gambar 4.13 Nilai Tegangan Panel SDP AC Blok A

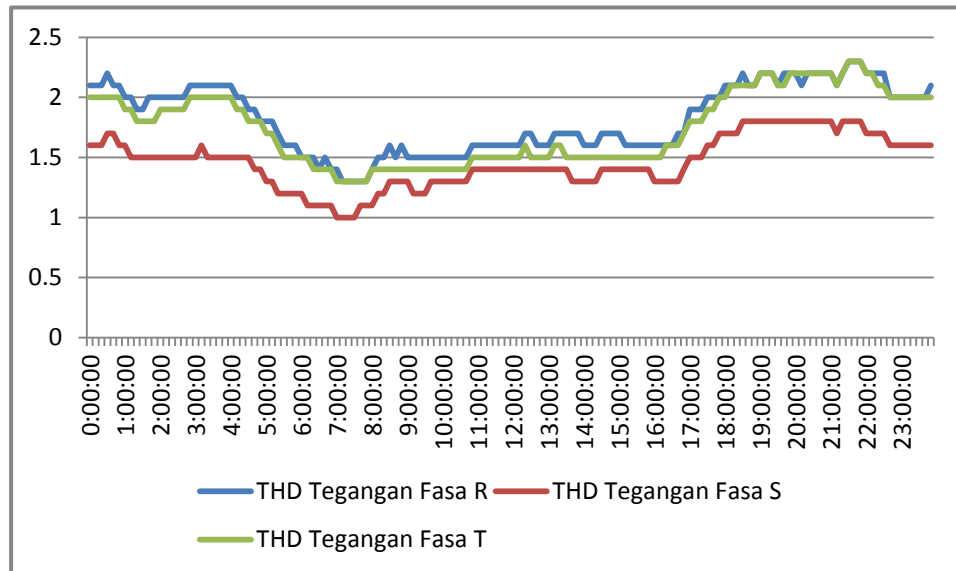
Berdasarkan grafik, tabulasi nilai maksimum, nilai minimum dan nilai rata-rata dalam Volt (V) yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.15 Nilai Tegangan Panel SDP AC Blok A

Tegangan	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Minimum	218,1	216,3	216,4
Maksimum	226,9	227,6	227,9
Rata-rata	223,16	222,86	222,91



### C. Profil Nilai Harmonisa Tegangan



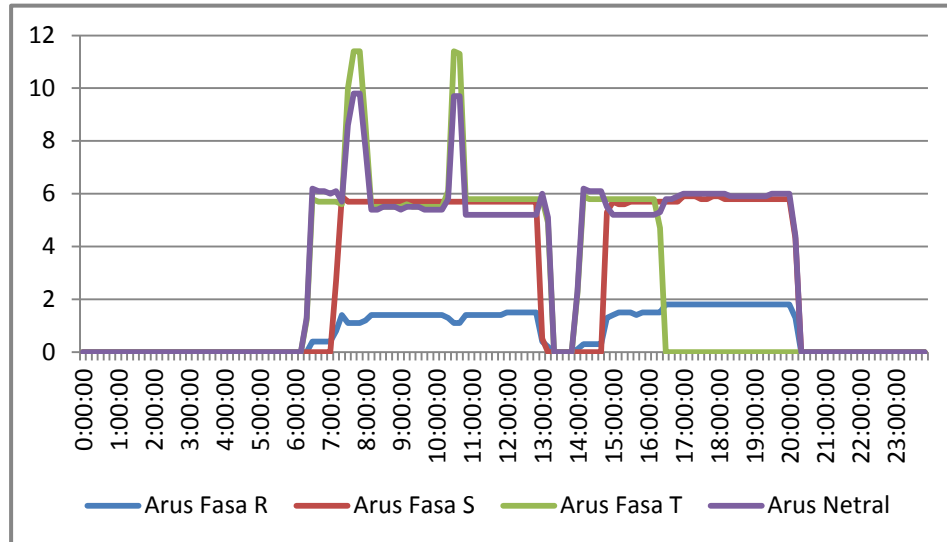
Gambar 4.14 Nilai Harmonisa Tegangan Panel SDP AC Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam persen (%) yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.16 Nilai Harmonisa Tegangan Panel SDP AC Blok A

THD	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Tertinggi	1,3	1	1,3
Nilai Terendah	2,3	1,8	2,3
Rata-rata	1,82	1,46	1,75

#### D. Profil Nilai Konsumsi Arus



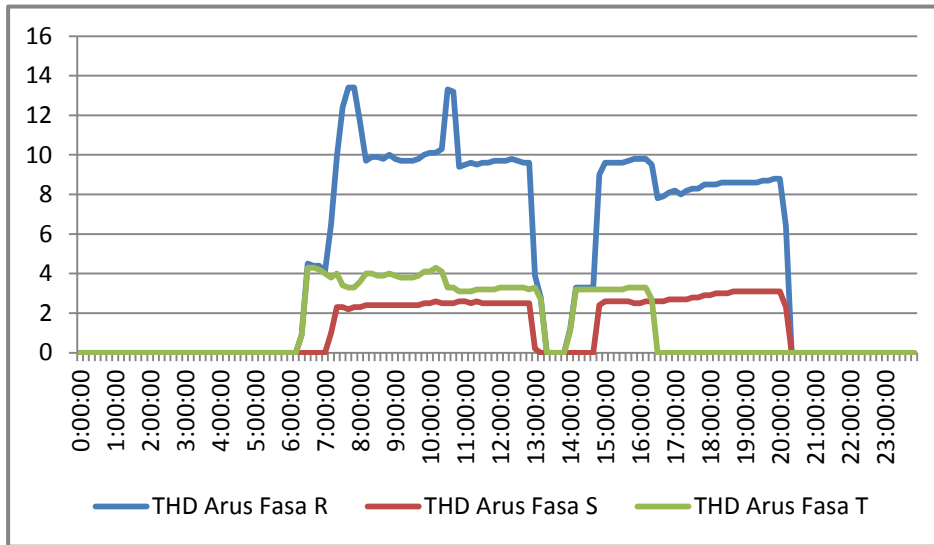
Gambar 4.153 Nilai Arus Panel SDP AC Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam Ampere (A) yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.17 Nilai Harmonisa Tegangan Panel SDP AC Blok A

Arus	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Netral
Nilai Tertinggi	0	0	0	0
Nilai Terendah	1,8	5,9	11,4	9,8
Rata-rata	0,74	2,68	2,40	3,21

### E. Profil Nilai Harmonisa Arus



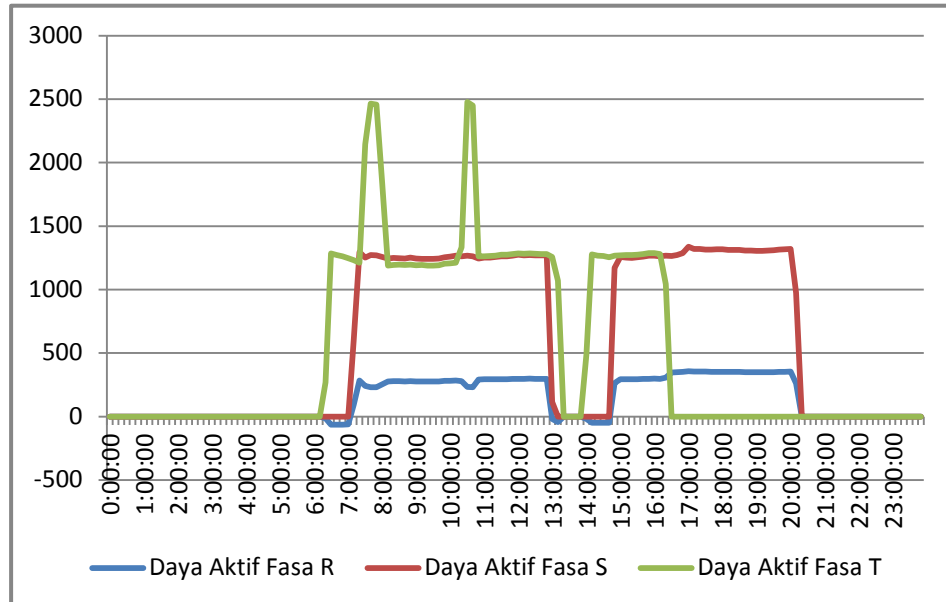
Gambar 4.16 Nilai Harmonisa Arus Panel SDP AC Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam persen (%) yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.18 Nilai Harmonisa Arus Panel SDP AC Blok A

THD	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Tertinggi	0	0	0
Nilai Terendah	13,4	3,1	4,3
Rata-rata	4,75	1,23	1,35

## F. Profil Nilai Daya Aktif



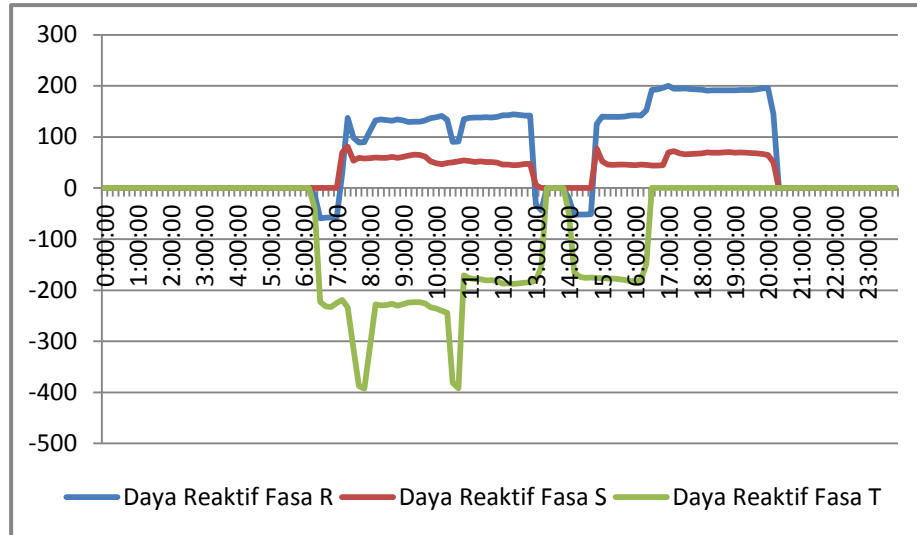
Gambar 4.17 Nilai Daya Aktif Panel SDP AC Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam Watt (W) yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.19 Nilai daya Aktif Panel SDP AC Blok A

Daya Aktif	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Tertinggi	-63,54	0	0
Nilai Terendah	357,14	1338,02	2476,78
Rata-rata	138,37	595,70	524,16

### G. Profil Nilai Daya Reaktif



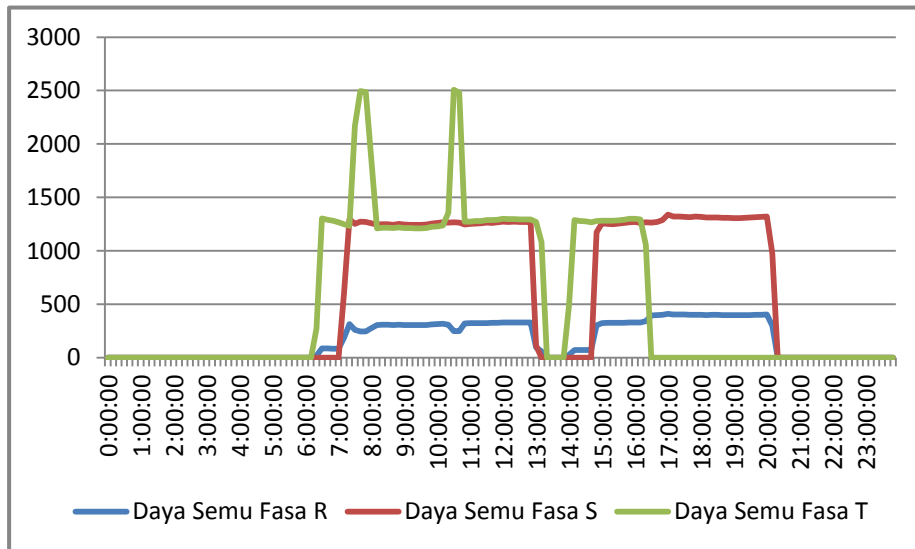
Gambar 4.18 Nilai Daya Reaktif Panel SDP AC Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam Var yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.20 Nilai Daya Reaktif Panel SDP AC Blok A

Daya Reaktif	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Tertinggi	-59,04	0	-392,55
Nilai Terendah	200,17	81,14	0
Rata-rata	67,20	27,17	-83,38

## H. Profil Nilai Daya Semu



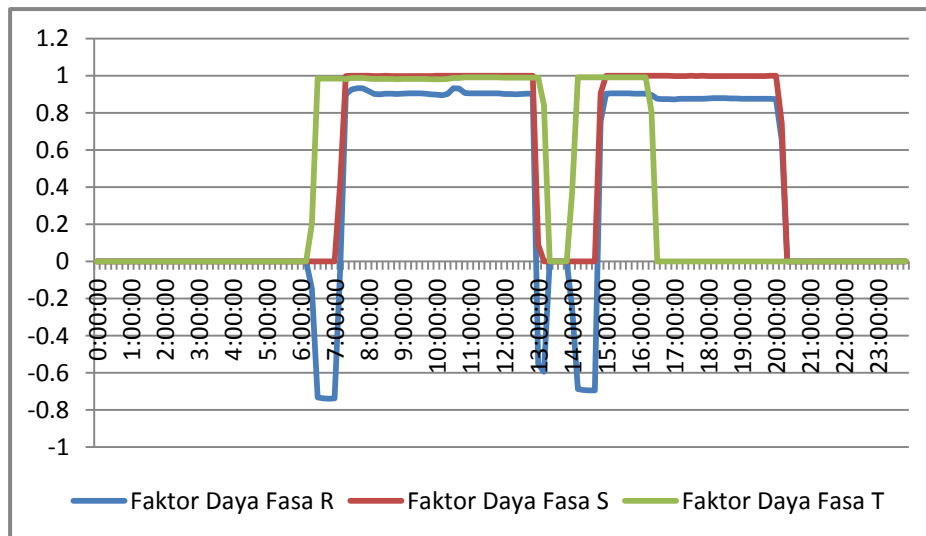
Gambar 4.19 Nilai Daya Semu Panel SDP AC Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam VA yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.21 Nilai Daya Semu Panel SDP AC Blok A

Daya Semu	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Tertinggi	0	0	0
Nilai Terendah	409,41	1339,85	2506,04
Rata-rata	165,49	596,37	530,91

## I. Profil Nilai Faktor Daya



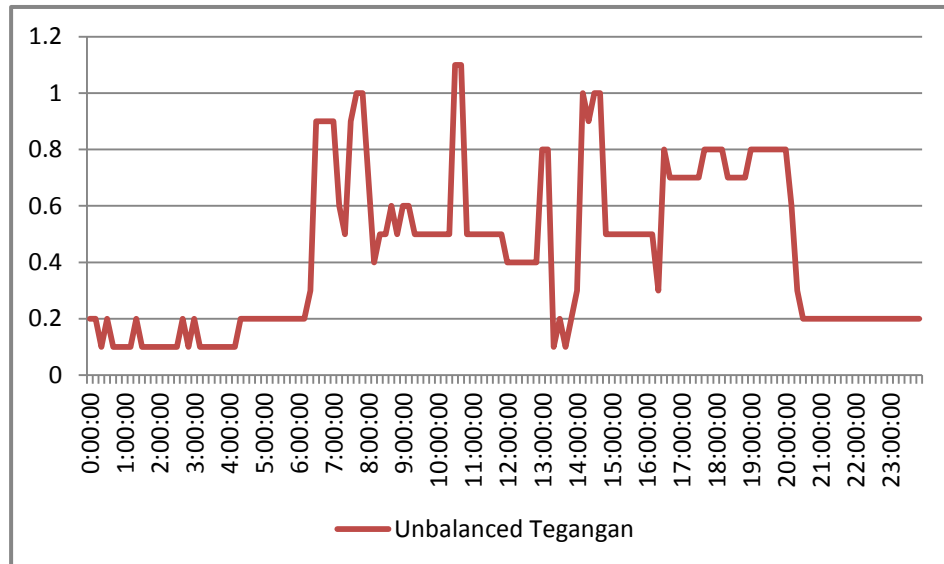
Gambar 4.20 Nilai Faktor Daya Panel SDP AC Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata yang yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.22 Nilai Faktor Daya Panel SDP AC Blok A

Faktor Daya	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Nilai Tertinggi	- 0,739	0	0
Nilai Terendah	0,932	0,999	0,991
Rata-rata	0,51	0,75	0,74

## J. Unbalanced Tegangan



Gambar 4.21 Nilai Unbalanced Tegangan Panel SDP AC Blok A

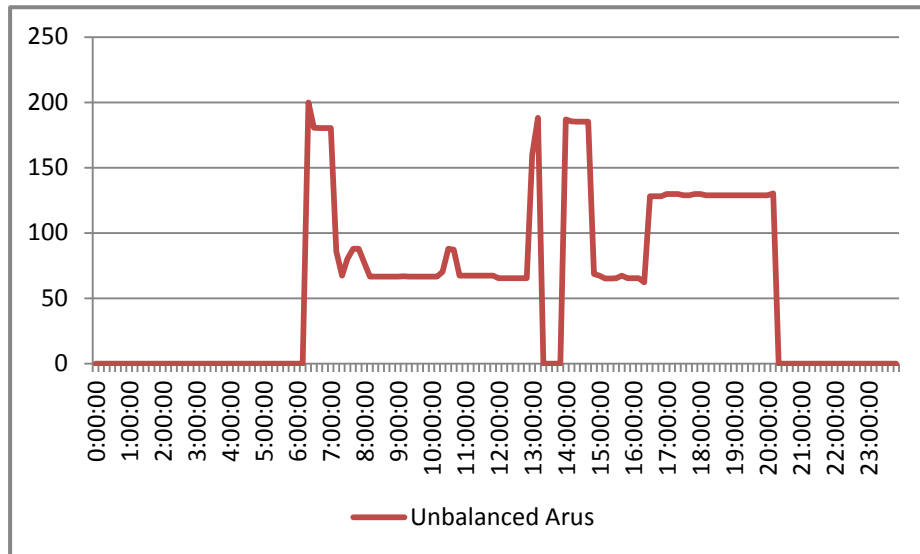
Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam % yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.23 Nilai Unbalanced Tegangan Panel SDP AC Blok A

Unbalanced Tegangan	%
Nilai Tertinggi	0,1
Nilai Terendah	1,1
Rata-rata	0,43



## K. Unbalanced Arus



Gambar 4.22 Nilai Unbalanced Arus Panel SDP AC Blok A

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai tertinggi, terendah dan nilai rata-rata dalam % yang dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.24 Nilai Unbalanced Arus Panel SDP AC Blok A

Unbalanced Arus	%
Nilai Tertinggi	62,2
Nilai Terendah	200
Rata-rata	103,58

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan di panel SDP AC blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta, maka dengan menggunakan nilai rata-rata parameter-parameter di atas dapat ditabulasikan sebagai berikut :

Tabel 4.25 Nilai Rata-rata Hasil Pengukuran Panel SDP AC Blok A

No	Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Netral
1	Frekuensi (Hz)	49,98			
2	Tegangan (V)	223,16	222,86	222,91	
3	Harmonisa Tegangan (%)	1,82	1,46	1,75	
4	Arus (A)	0,74	2,68	2,40	3,21
5	Harmonisa Arus (%)	4,75	1,23	1,35	
6	Daya Aktif (W)	138,37	595,70	524,16	
7	Daya Reaktif (Var)	67,20	27,17	-83,38	
8	Daya Semu (VA)	165,49	596,37	530,91	
9	Faktor Daya	0,51	0,75	0,74	
10	V Unbalanced, IEEE (%)	0,43			
11	I Unbalanced, IEEE (%)	103,58			

#### 4.2.2.1 Analisa Kualitas Daya Listrik Panel SDP AC Blok A Gedung

##### Keuangan Negara Yogyakarta

Berdasarkan data hasil pengukuran panel SDP AC pada Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta terjadi ketidakseimbangan arus. Hal ini ditandai dengan adanya perbedaan nilai arus dan daya pada setiap fasa. Beban terbesar terjadi pada netral dimana arus pada fasa S sebesar 2,68 Ampere. Akibat dari ketidakseimbangan beban menyebabkan terjadinya arus pada netral yang besarnya melebihi arus ketiga fasa tersebut.

Tegangan yang diijinkan turun sebesar 10% dan naik sebesar 5% dari tegangan standar 220V dengan demikian tegangan masih dalam batas tegangan yang diperbolehkan yaitu berkisar antara 198-231 V. Dimana hasil pengukuran berada pada tegangan 222,86 V pada fasa S dan 223,16 V pada fasa R.

Adanya spektrum harmonisa arus dan tegangan orde frekuensi kesatu, kedua dan seterusnya yang muncul pada frekuensi asli (frekuensi fundamentalnya) tidak mengakibatkan kondisi sistem kelistrikan di SDP AC Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta mengalami gangguan harmonisa. Gangguan tersebut ditandai dengan bentuk gelombang tegangan tidak sinusoidal. Selain itu arus netral yang terukur besarnya melebihi nilai arus pada ketiga fasa.

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa % THD<sub>v</sub> di panel SDP AC Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta berada pada kisaran 1,46% (fasa S) - 1,82% (fasa R). Berdasarkan standar IEEE untuk nilai %THD<sub>v</sub> terbesar yaitu 5%, adalah 5%, maka % THD<sub>v</sub> di panel SDP AC Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta saat ini masih memenuhi standar. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa % THD<sub>i</sub> di panel SDP AC Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta berada pada kisaran 1,23% (fasa S) – 4,75% (fasa R). Berdasarkan standar IEEE untuk nilai %THD<sub>i</sub> terbesar 15%, maka %THD<sub>i</sub> di panel SDP AC Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta saat ini pada kondisi normal karena sesuai standar yang diizinkan.

Sedangkan untuk faktor daya terukur pada fasa R,S,T bernilai 0,51. 0,75 . 0,74 berada dibawah standar PLN sebesar 0.85. *Voltage Unbalance* (ketidakseimbangan beban) kurang baik, karena faktor daya yang kecil mengakibatkan semakin sedikit daya yang bisa dimanfaatkan dari sejumlah daya tampak yang sama. Hal ini juga menyebabkan biaya kelebihan daya reaktif (KVAR).

### 4.3 Perhitungan Rugi-Rugi Daya Akibat Unbalanced dan Harmonisa

#### 4.3.1 Besar Hambatan Penghantar

Besar hambatan penghantar kabel fasa dan netral sama yaitu sebesar  $0,524\Omega$  per-kilometer. Besar hambatan penghantar ini sesuai dengan spesifikasi kabel yang digunakan dalam instalasi yaitu kabel NYY supreme dengan luasan kabel perfasa sebesar  $35\text{mm}^2$ . Diasumsikan bahwa jarak tiap masing-masing gedung ke trafo sama yaitu sejauh 1km. Dengan demikian besar hambatan penghantar pada tiap gedung sama yaitu sebesar  $0,524\Omega$ .

Tabel 4.26 Spesifikasi kabel NYY Supreme  $35\text{ m}^2$

Cable size	Conductor type	Nominal thickness of PVC insulation (mm)	Nominal thickness of PVC sheath (mm)	Approx. cable overall diameter (mm)	Max. D.C resistance @ $20^{\circ}\text{C}$ ( $\Omega/\text{km}$ )
4x1.5mm <sup>2</sup>	RE or RM	0.8	1.8	11.0	12.1
4x2.5mm <sup>2</sup>	RE or RM	0.8	1.8	11.9	7.41
4x4mm <sup>2</sup>	RE or RM	1.0	1.8	14.0	4.61
4x6mm <sup>2</sup>	RE or RM	1.0	1.8	15.3	3.08
4x10mm <sup>2</sup>	RM	1.0	1.8	18.4	1.83
4x16mm <sup>2</sup>	RM	1.0	1.8	20.9	1.15
4x25mm <sup>2</sup>	SM	1.2	1.8	21.9	0.727
4x35mm <sup>2</sup>	SM	1.2	1.8	24.1	0.524
4x50mm <sup>2</sup>	SM	1.4	1.9	27.6	0.387
4x70mm <sup>2</sup>	SM	1.4	2.1	31.4	0.268
4x95mm <sup>2</sup>	SM	1.6	2.2	36.1	0.193
4x120mm <sup>2</sup>	SM	1.6	2.3	39.3	0.153
4x150mm <sup>2</sup>	SM	1.8	2.5	43.5	0.124
4x185mm <sup>2</sup>	SM	2.0	2.7	48.4	0.0991
4x240mm <sup>2</sup>	SM	2.2	2.9	54.6	0.0754
4x300mm <sup>2</sup>	SM	2.4	3.1	60.4	0.0601

### 4.3.2 Nilai Harmonik Arus Tiap Panel

Tabel 4.27 Nilai Harmonik Arus Tiap Panel

Orde	PANEL						Satuan
	SDP			SDP AC			
	R	S	T	R	S	T	
<b>1</b>	5,53	2,09	4,19	0,73	2,68	2,4	Ampere
<b>3</b>	1,12	0,54	0,67	0,06	0,08	0,02	Ampere
<b>5</b>	1,02	0,39	0,20	0,03	0,03	0,01	Ampere
<b>7</b>	0,54	0,16	0,11	0,01	0,01	0	Ampere
<b>9</b>	0,40	0,16	0,16	0,01	0,01	0	Ampere
<b>11</b>	0,20	0,12	0,08	0	0	0	Ampere
<b>13</b>	0,14	0,12	0,06	0	0	0	Ampere
<b>15</b>	0,15	0,05	0,07	0	0	0	Ampere
<b>17</b>	0,11	0,08	0,05	0	0	0	Ampere
<b>19</b>	0,08	0,04	0,06	0	0	0	Ampere
<b>21</b>	0,09	0,03	0,04	0	0	0	Ampere
<b>23</b>	0,05	0,05	0,03	0	0	0	Ampere
<b>25</b>	0,06	0,02	0,04	0	0	0	Ampere
<b>27</b>	0,05	0,03	0,03	0	0	0	Ampere
<b>29</b>	0,02	0,02	0,02	0	0	0	Ampere
<b>31</b>	0,03	0,02	0,03	0	0	0	Ampere
<b>33</b>	0,01	0,01	0,02	0	0	0	Ampere
<b>35</b>	0,02	0,01	0,01	0	0	0	Ampere
<b>37</b>	0,01	0,02	0,01	0	0	0	Ampere
<b>39</b>	0,01	0,02	0,01	0	0	0	Ampere
<b>41</b>	0,01	0,02	0,02	0	0	0	Ampere
<b>43</b>	0,02	0,01	0,02	0	0	0	Ampere
<b>45</b>	0,01	0,01	0,01	0	0	0	Ampere
<b>47</b>	0,02	0,01	0,01	0	0	0	Ampere
<b>49</b>	0,01	0,02	0,01	0	0	0	Ampere

### 4.3.3 Menghitung Power Losses Tiap Fasa R, S, dan T

Untuk menghitung power losses pada fasa R,S dan T pada tiap gedung digunakan persamaan:

$$\Delta P_R = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times I k_R^2 (W) \quad - \text{Power Losses Fasa R}$$

$$\Delta P_S = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times I k_S^2 (W) \quad - \text{Power Losses Fasa S}$$

$$\Delta P_T = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times I k_T^2 (W) \quad - \text{Power Losses Fasa T}$$

Berikut ini diberikan contoh perhitungan untuk mencari power losses pada fasa R di panel SDP:

$$\Delta P_R = \sum_{k=1}^{25} 0,524 \times I k_R^2$$

$$\begin{aligned} \Delta P_R = & (0,524 \times 5,53) + (0,524 \times 1,12) + (0,524 \times 1,02) + (0,524 \times 0,54) + \\ & (0,524 \times 0,40) + (0,524 \times 0,20) + (0,524 \times 0,14) + (0,524 \times 0,15) + (0,524 \times \\ & 0,11) + (0,524 \times 0,08) + (0,524 \times 0,09) + (0,524 \times 0,05) + (0,524 \times 0,06) \\ & + (0,524 \times 0,05) + (0,524 \times 0,02) + (0,524 \times 0,03) + (0,524 \times 0,01) + (0,524 \times \\ & 0,02) + (0,524 \times 0,01) + (0,524 \times 0,01) + (0,524 \times 0,01) + (0,524 \times 0,02) + \\ & (0,524 \times 0,01) + (0,524 \times 0,02) + (0,524 \times 0,01) \end{aligned}$$

$$\Delta P_R = 5,1437 \text{ W}$$

Berikut ini hasil dari perhitungan Power Losses pada fasa R, S, dan T tiap panel.

Tabel 4.28 Besar Power Losses Fasa R,S, dan T

Panel	Fasa R	Fasa S	Fasa T
SDP	5,1437	2,1341	3,1450
SDP AC	20,7085	70,0483	63,5612

#### 4.3.4 Menghitung Power Losses Pada Penghantar Netral

##### 4.3.4.1 Menghitung Arus Netral Harmonik

Sebelum menghitung Power Losses pada penghantar netral, terlebih dahulu perlu diketahui nilai arus netral pada tiap orde harmonik. Hal ini disebabkan karena pada alat ukur yaitu *power quality analyzer 3945* tidak menyediakan hasil nilai pengukuran arus netral pada tiap orde harmonik.

Berikut ini diberikan contoh perhitungan untuk mencari arus netral orde 1 harmonik panel SDP:

Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$I_{N1} = \sqrt{I_{R1}^2 + I_{S1}^2 + I_{T1}^2 - (I_{R1} \times I_{S1}) - (I_{S1} \times I_{T1}) - (I_{T1} \times I_{R1})}$$

Dimana :  $I_{N1}$  = Besar arus harmonik netral orde 1

$I_{R1}, I_{S1}, I_{T1}$  = Besar arus harmonik fasa orde 1

Diberikan contoh perhitungan sebagai berikut:

$$I_{N1} = \sqrt{5,53^2 + 2,09^2 + 4,19^2 - (5,53^2 \times 2,11^2) - (2,09^2 \times 4,19^2) - (5,53^2 \times 4,19^2)}$$

$$I_{N1} = 3,003 \text{ A}$$

#### 4.3.4.2 Nilai Arus Netral Harmonik Tiap Panel

Tabel 4.29 Nilai Arus Harmonik Netral Tiap Panel

ORDE	PANEL		SATUAN
	SDP	SDP AC	
Orde 1	3,003	1,32	Ampere
Orde 3	0,527	0,03	Ampere
Orde 5	0,744	0,02	Ampere
Orde 7	0,408	0	Ampere
Orde 9	0,240	0	Ampere
Orde 11	0,099	0	Ampere
Orde 13	0,069	0	Ampere
Orde 15	0,092	0	Ampere
Orde 17	0,059	0	Ampere
Orde 19	0,032	0	Ampere
Orde 21	0,062	0	Ampere
Orde 23	0,016	0	Ampere
Orde 25	0,038	0	Ampere
Orde 27	0,020	0	Ampere
Orde 29	0,006	0	Ampere
Orde 31	0,016	0	Ampere
Orde 33	0,011	0	Ampere
Orde 35	0,011	0	Ampere
Orde 37	0,004	0	Ampere
Orde 39	0,090	0	Ampere
Orde 41	0,010	0	Ampere
Orde 43	0,005	0	Ampere
Orde 45	0,002	0	Ampere
Orde 47	0,010	0	Ampere
Orde 49	0,004	0	Ampere



#### 4.3.4.3 Menghitung Power Losses Netral

Untuk mendapatkan nilai power losses netral, langkah selanjutnya setelah mendapatkan nilai arus netral harmonik tiap orde yaitu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta P_N = \sum_{k=1}^{25} 0,524 \times I k_N^2$$

Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta P_N = & (0,524 \times 3,003) + (0,524 \times 0,527) + (0,524 \times 0,744) + (0,524 \times 0,408) + \\ & (0,524 \times 0,240) + (0,524 \times 0,099) + (0,524 \times 0,069) + (0,524 \times 0,092) + (0,524 \times \\ & 0,059) + (0,524 \times 0,032) + (0,524 \times 0,062) + (0,524 \times 0,016) + (0,524 \times 0,038) + \\ & (0,524 \times 0,020) + (0,524 \times 0,006) + (0,524 \times 0,016) + (0,524 \times 0,011) + (0,524 \times \\ & 0,011) + (0,524 \times 0,004) + (0,524 \times 0,090) + (0,524 \times 0,010) + (0,524 \times 0,005) + \\ & (0,524 \times 0,002) + (0,524 \times 0,010) + (0,524 \times 0,004) \end{aligned}$$

$$\Delta P_N = 2,9233 \text{ W}$$

Berikut ini besar power losses akibat arus netral harmonik pada masing-masing panel:

Tabel 4.30 Besar power losses pada kawat netral

Panel	Netral	Satuan
SDP	2,9233	Watt
SDP AC	0,7179	Watt

### 4.3.5 Total Power Losses Akibat Unbalanced dan Harmonisa

Berikut nilai power losses masing-masing panel pada fasa R, fasa S, fasa T dan netral serta nilai totalnya.

Tabel 4.31 Nilai total power losses akibat unbalanced dan harmonisa

Panel	Fasa R	Fasa S	Fasa T	netral	total	satuan
SDP	5,1437	2,1341	3,1450	2,9233	13,3461	Watt
SDP AC	20,7085	70,0483	63,5612	0,7179	155,0359	Watt
total	<b>25,8522</b>	<b>72,1825</b>	<b>66,7062</b>	<b>3,6412</b>	<b>168,3820</b>	Watt

### 4.4 Menghitung Presentasi Power Losses Akibat Harmonik dan Unbalanced

Perhitungan presentase power losses dibanding dengan total daya aktif yang terpakai. Total daya aktif yang dijadikan acuan adalah total daya aktif rata-rata pada panel SDP.

Tabel 4.32 Daya Aktif Panel SDP A

Daya Aktif	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Total
Minimum	196,77	125,1	139,64	461,51
Maksimum	2407,07	1206,05	1698,34	5311,46
Rata-rata	1002,43	411,63	673,93	2087,99

Perhitungan presentasi Power Losses :

$$\begin{aligned}
 \text{Presentasi } \Delta P &= \frac{\Delta P}{P} \times 100\% \\
 &= \frac{168,3820}{2087,99} \times 100\% \\
 &= 8,06\%
 \end{aligned}$$

Jadi besar power losses akibat harmonik dan unbalance yaitu sebesar 8,06% dari total penggunaan daya nyata pada panel SDP.

#### **4.5 Perhitungan Besar Kerugian Akibat Harmonik dan Unbalanced**

##### **4.5.1 Menghitung Tarif Daya Listrik (TDL) Blok A Gedung Keuangan**

###### **Negara Yogyakarta**

Gedung Keuangan Negara Yogyakarta termasuk kedalam golongan P-2 yaitu Tarif Dasar Listrik untuk Kantor Pemerintahan dan Penerangan Jalan Umum yang bersifat komersial dengan batas daya diatas 200 kVA. Biaya per-kWh untuk golongan ini dibagi menjadi dua, yaitu biaya WBP (Waktu Beban Puncak) dan biaya LWBP (Luar Waktu Beban Puncak).

a. Biaya Waktu Beban Puncak

Waktu beban puncak dari pukul 18.00-22.00 setiap harinya (5 jam)

$$\text{Biaya WBP} = K \times 1.553,67$$

$$\text{Biaya WBP} = 1,4 \times 1.553,67$$

$$\text{Biaya WBP} = \text{Rp}2.175,138 \text{ per-kWh}$$

\*K = Faktor perbandingan antara WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ( $1.4 \leq K \leq 2$ ) ditetapkan oleh PLN.

b. Biaya Luar Waktu Beban Puncak

Luar waktu beban puncak dari pukul 23.00-17.00 setiap harinya (19 jam)

$$\text{Biaya LWBP} = 1.035,78$$

$$\text{Biaya LWBP} = \text{Rp}1.035,78 \text{ per-kWh}$$

c. Biaya Kelebihan Pemakaian Daya Reaktif (kVArh)

Apabila pada setiap bulan faktor daya rata-rata yang dihasilkan kurang dari 0,85, maka akan dikenai biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) yang besarnya sudah ditentukan oleh PLN. Dikarenakan Gedung Keuangan Negara Yogyakarta mempunyai nilai cos phi yang rendah, maka untuk setiap bulannya dikenai tarif sebesar:

$$\text{Biaya kVArh} = 1.114,74$$

$$\text{Biaya kVArh} = Rp1.114,74 \text{ per-kWh}$$

Maka untuk biaya rata-rata power losses pada bulan Februari-Maret 2017 yang diakibatkan oleh harmonik dan unbalanced yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Biaya rata-rata} &= \frac{(WBP \times 5) + (LWBP \times 19) + kVArh}{24} \\ &= \frac{(2.175,138 \times 5) + (1.035,78 \times 19) + 1.114,74}{24} \\ &= \frac{(10.875,69) + (19.679,82) + 1.114,74}{24} \\ &= Rp31.670,25 \text{ per-kWh} \end{aligned}$$

#### 4.5.2 Hasil Perhitungan Kerugian akibat Harmonik dan Unbalanced

Perhitungan biaya yang harus dikeluarkan tiap hari, bulan dan tahun akibat rugi-rugi daya yang disebabkan oleh distorsi harmonik dan unbalanced load (ketidakseimbangan beban) yaitu:

Keterangan: - biaya losses perhari = 24 jam

- biaya losses perbulan = 20 hari, dengan pertimbangan satu bulan = 4 minggu (28 hari) dan hari libur (sabtu-minggu) tidak dihitung

- biaya losses pertahun = 12 bulan

Tabel 4.33 Besar Biaya akibat Power Losses pertahun

Panel	Besar Power Losses (kW)	Besar Power Losses perhari	Biaya akibat Power Losses perhari	Biaya akibat power losses perbulan	Biaya akibat power losses pertahun
SDP	0.013	0.312	Rp9.881,118	Rp197.622,36	Rp2.371.468,32
SDP AC	0.155	3.72	Rp117.813,33	Rp2.356.266,6	Rp28.275.199,2
Total			<b>Rp127.694,448</b>	<b>Rp2.553.888,96</b>	<b>Rp30.646.667,52</b>

#### 4.6 Perhitungan Kebutuhan AC dan Tingkat Pencahayaan yang Terpasang di Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta

##### 4.6.1 Kebutuhan AC Blok A Gedung Keuangan Negara

Blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta memiliki luas  $375 \text{ m}^2$  per/lantai. Setiap lantai memiliki panjang : 60,88 m , lebar : 12,22 m dan tinggi : 3,75 m. Dari ukuran tersebut maka dapat dicari kebutuhan penggunaan untuk setiap lantai dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan AC per/lantai} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \times 200 \text{ Btu/h} \\
 &= 60,88 \times 12,22 \times 3,75 \times 200 \text{ Btu/h} \\
 &= 558.000 \text{ Btu/h}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa AC yang dibutuhkan untuk lantai 1 blok A yaitu sebesar 558.000 Btu/h atau 62PK. Sedangkan AC terpasang adalah sebesar 375.000 Btu/h atau 41,6PK yang menandakan bahwa kebutuhan AC di lantai 1 belum terpenuhi secara optimal.

Tabel 4.34 Kondisi Kebutuhan AC Lantai 1- 4 Blok A Gedung Keuangan Negara

Lantai	Luas Gedung (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan FCU (Btu/h)	Kapasitas FCU (Btu/h)	Kondisi
1	2790	558.000	275.000	< kapasitas
2	2808,75	561.750	275.000	< kapasitas
3	2808,75	561.750	350.000	< kapasitas
4	2808,75	561.750	395.000	< kapasitas

#### 4.6.2 Perbandingan Pencahayaan Blok A Gedung Keuangan Negara

Berikut diberikan tabel tingkat pencahayaan untuk setiap ruangan pada blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta. Besarnya tingkat pencahayaan ini mengacu pada standar SNI. 6197 tahun 2011. Adapun tabelnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.35 Tingkat Pencahayaan Lantai 1- 4 Blok A Gedung Keuangan

Lantai	Nama Ruang	Lux	Standar SNI 6197.2011	Kondisi
1	R.Kerja GKN sisi selatan	256	350	< standar
	R.Rapat GKN sisi selatan	152,6	300	< standar
	Pantry	133,2	300	< standar
	Gudang Arsip	12,5	150	< standar
	R. Direktur	48,9	350	< standar
	R.Kerja GKN utara (LPSE)	153,1	350	< standar
	Koridor	61	150	< standar
2	Ruang Tugu	402	150	> standar
	Ruang Parangtritis	402	150	> standar
	Koridor	61	150	< standar
3	Ruang Prambanan	402	150	> standar
	Ruang Merapi	402	150	> standar
	Koridor	61	150	< standar
4	Ruang Kaliurang	402	150	> standar
	Gudang	402	150	> standar
	Koridor	61	150	< standar

## **4.7 Solusi Perbaikan Kualitas Daya**

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, kerugian akibat distorsi harmonik dan ketidakseimbangan beban yang terdapat pada blok A cukup besar, setiap tahunnya Gedung Keuangan Negara harus membayar sekitar Rp30.646.667,52 untuk rugi-rugi daya akibat harmonisa dan unbalance. Oleh karena itu dibutuhkan solusi untuk menekan biaya kerugian akibat power losses baik itu akibat harmonisa dan juga unbalance.

### **4.7.1 Perbaikan Faktor Daya**

Secara teoritis, ketika faktor daya rendah maka akan mengakibatkan arus yang dibutuhkan dari sumber (PLN) menjadi besar, oleh karena itu rugi-rugi daya (daya reaktif) dan jatuh tegangan menjadi besar pula. Hal ini menyebabkan adanya denda kelebihan pemakaian kVAR yang harus dibayarkan.

Salah satu cara agar harga  $\cos \theta$  yang rendah menjadi tinggi yaitu dengan memperkecil sudut  $\theta$  sehingga  $\cos \theta$  mendekati 1. Kemungkinan cara untuk memperkecil sudut  $\theta$  yaitu dengan memperkecil komponen daya reaktif (kVAR) dengan menambah kapasitor yang sifatnya reaktif pada suatu sistem yang bersifat induktif. Apabila nilai daya reaktif menjadi rendah sementara daya aktif tetap konstan, maka harga faktor daya menjadi besar akibatnya daya semu (kVA) menjadi kecil.

Dalam hal ini pada Gedung Keuangan Negara sudah terpasang kapasitor sebesar 550 kVAR dan dibagi sebesar 50 kVAR untuk setiap panel utama yang berada di tiap blok. Oleh karena itu, dibutuhkan pengecekan ulang dalam

pemasangan kapasitor. Pemasangan yang tidak tepat, juga akan menyebabkan kapasitor yang terpasang tidak dapat memberikan fungsi yang maksimal. Akan lebih baik apabila pemasangan instalasi kapasitor dengan metode *sectoral compensation* yaitu dengan memasang kapasitor langsung pada panel SDP di tiap lantai. Cara ini lebih cocok diaplikasikan pada bangunan dengan kapasitas beban terpasang yang terpasang hingga ribuan kVA.

#### **4.7.2 Perbaikan Ketidakseimbangan Beban**

Ketidakseimbangan beban terjadi karena besar beban pada tiap fasa berbeda sehingga merubah sudut antara ketiga fasa dan menghasilkan arus pada kawat netral sebagai rugi-rugi daya. Semakin besar ketidakseimbangan beban maka semakin besar pula rugi-rugi pada kawat netral.

Jadi fenomena arus netral ini harus dilihat secara seksama karena dapat mengakibatkan kerugian yang sangat besar. Solusi untuk mengatasi ketidakseimbangan beban adalah dengan merelokasi dan menyeimbangkan penggunaan beban pada tiap fasa. Semakin seimbang beban pada tiap fasa maka nilai arus netral akan semakin kecil dan rugi-rugi daya akan semakin berkurang. Atau dengan dengan membuat sama ukuran kawat netral dan fasa.

#### **4.7.3 Perbaikan THD (Total Harmonic Distortion)**

Distorsi harmonik disebabkan oleh penggunaan beban non-linier yang menghasilkan frekuensi kelipatan frekuensi fundamental, sehingga menghasilkan arus harmonik sebagai rugi-rugi daya. Selain itu, sistem pentanahan yang kurang baik juga menjadi salah satu faktor terjadinya distorsi harmonik. Hal ini



dikarenakan jaringan mengalami penurunan tegangan yang cukup besar sehingga kualitas tenaga listrik rendah dan merintang kerja normal peralatan konsumen.

Efek harmonisa tidak dapat dihilangkan secara sepenuhnya, tetapi dapat dikurangi. Untuk mengurangi THD (Total Harmonic Distortion) dapat dipasang filter pasif yang dipasang dapat ditempatkan atau dipasang pada bagian incoming trafo atau pada outgoing trafo yang berdekatan dengan beban terutama untuk beban non linear.

#### **4.8 Solusi Kebutuhan Pendingin Ruangan dan Tingkat Pencahayaan**

Berikut beberapa solusi yang diberikan, untuk mengatasi permasalahan sistem pendinginan dan pencahayaan pada blok A Gedung Keuangan Negara Yogyakarta.

##### **4.8.1 Solusi Kebutuhan Tingkat Pencahayaan**

Berdasarkan data tingkat pencahayaan diatas, dihasilkan bahwa tingkat pencahayaan di blok A Gedung Keuangan Negara belum memenuhi standar atau dengan kata lain pencahayaan di tiap ruangan masih kurang terang. Oleh karena itu solusi yang diberikan berupa penggantian jenis lampu ke lampu hemat energi yang daya lampunya disesuaikan dengan kebutuhan pencahayaan setiap ruang.

##### **4.8.2 Solusi Kebutuhan Pendingin Ruangan**

Dari hasil perhitungan diatas, menunjukkan bahwa kapasitas FCU yang diberikan belum memenuhi kebutuhan pendingin ruangan pada setiap lantai. Sistem tata udara di Gedung Keuangan Negara menggunakan jenis AC Sentral. Karena pada AC Sentral semua dikontrol di satu titik dan kemudian hawa

dinginnya didistribusikan dengan pipa ke ruangan-ruangan. Maka solusi yang dapat dilakukan yaitu dengan :

- a. Mengganti FCU dengan kapasitas yang lebih besar untuk ruangan yang sering terpakai dan mengganti FCU dengan kapasitas yang lebih kecil untuk ruangan yang jarang digunakan seperti di lantai 3 dan 4.
- b. Mengganti jenis pendingin (Freon) dengan *cooling index* yang lebih tinggi, seperti Freon jenis R32.
- c. Melakukan perawatan pada pembungkus pipa yang menuju ke FCU agar udara dingin dapat tahan lama (awet).
- d. Mengatur besar kecilnya lubang tempat hawa dingin AC masuk ke setiap ruangan.