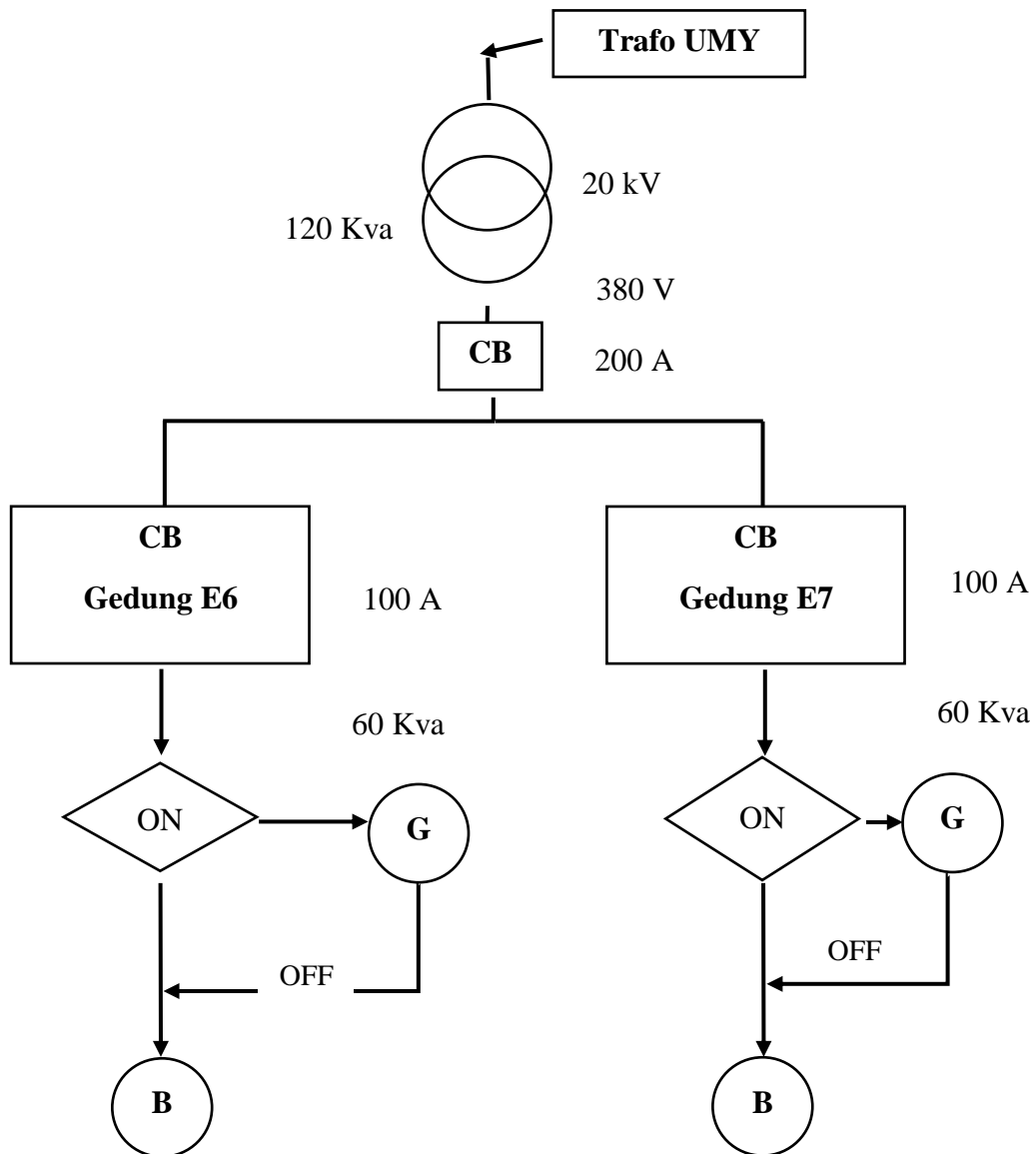


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Parameter Panel LVMDP.

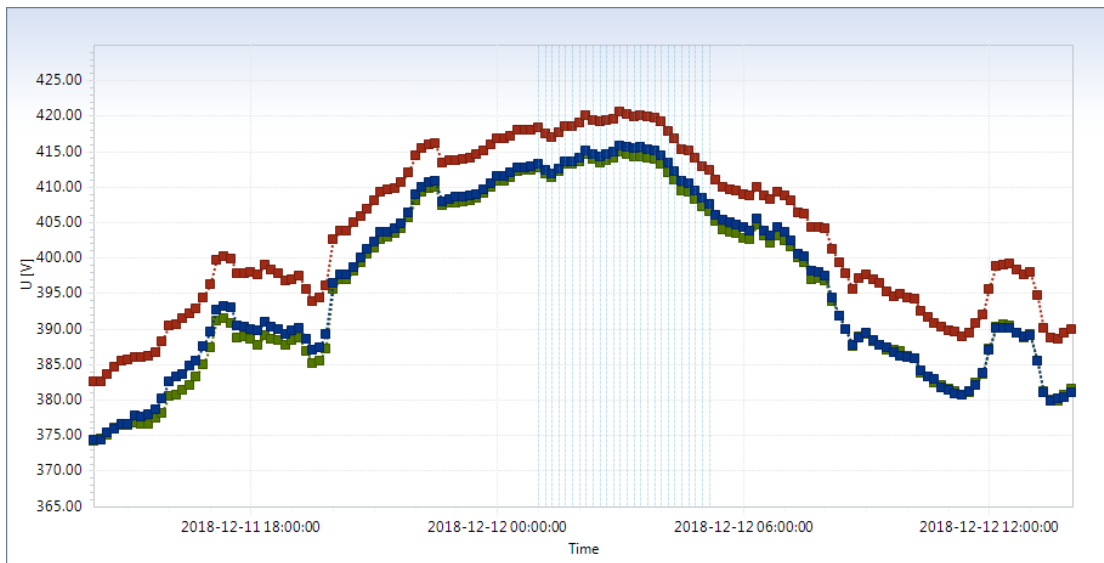
Berikut adalah diagram listrik gedung E6 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta:



Gambar 4.1 Diagram Listrik Gedung E6.

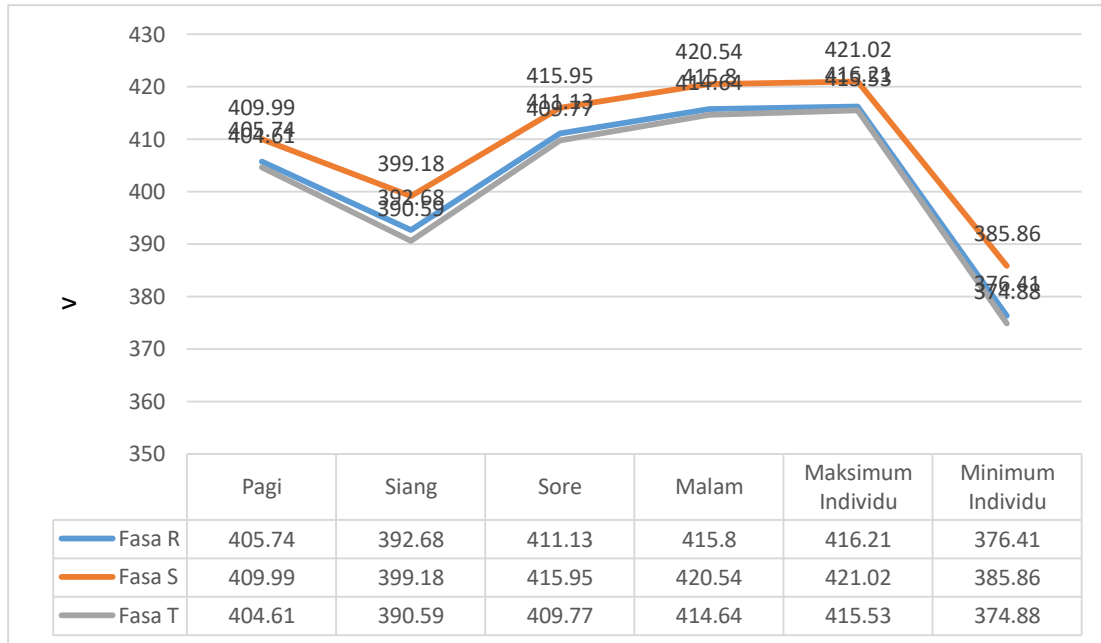
Dari diagram diatas data trafo diambil dari jaringan rendah 400 V yang akan dilakukan hasil pengukuran dan perhitungan yang dibutuhkan dalam tugas akhir ini. Data – data tersebut dilakukan penelitian selama 2 bulan dengan hasil pengukuran yang dilakukan selama 4 hari yang dilakukan pada jam pagi, siang , sore dan malam hari dengan durasi interval 10 menit sesuai dengan standart SPLN D5.004-1:2012. Adapun data dari hasil pengukuran tersebut sebagai berikut ini :

4.1.1 Data Tegangan, Arus dan Frekuensi.



Gambar. 4.2 Diagram Tegangan Fasa RST Pada Alat Metrel 2892.

Gambar diatas merupakan diagram hasil pengukuran Tegangan fasa RST pada panel LVMDP Gedung E6 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengukuran dilakukan selama 24 jam di hari kerja menggunakan alat Metrel 2892.

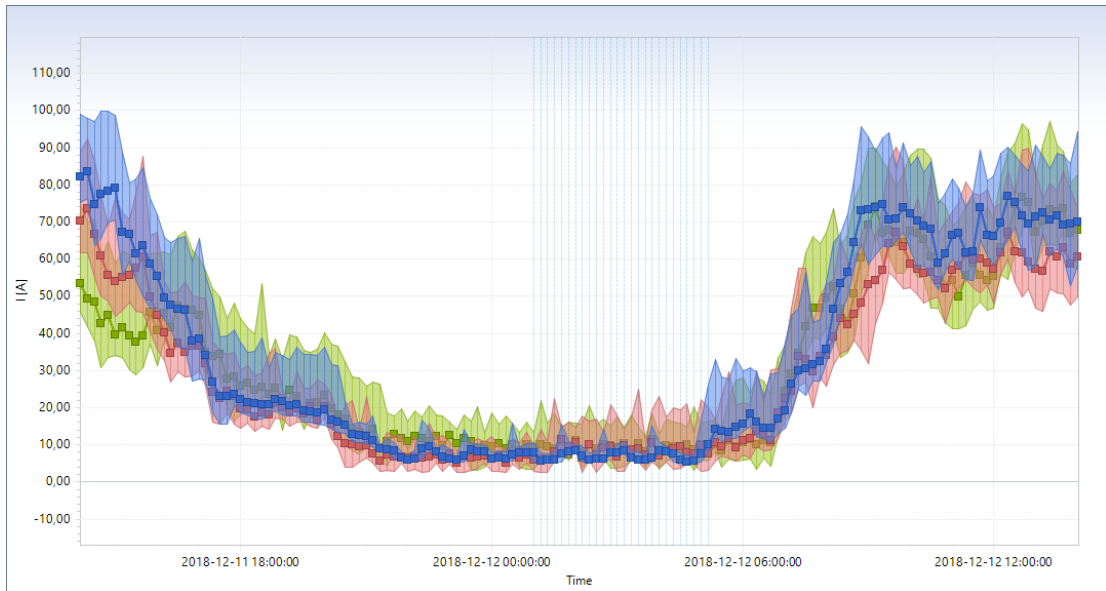


Gambar 4.3 Grafik Tegangan Maksimum.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan.

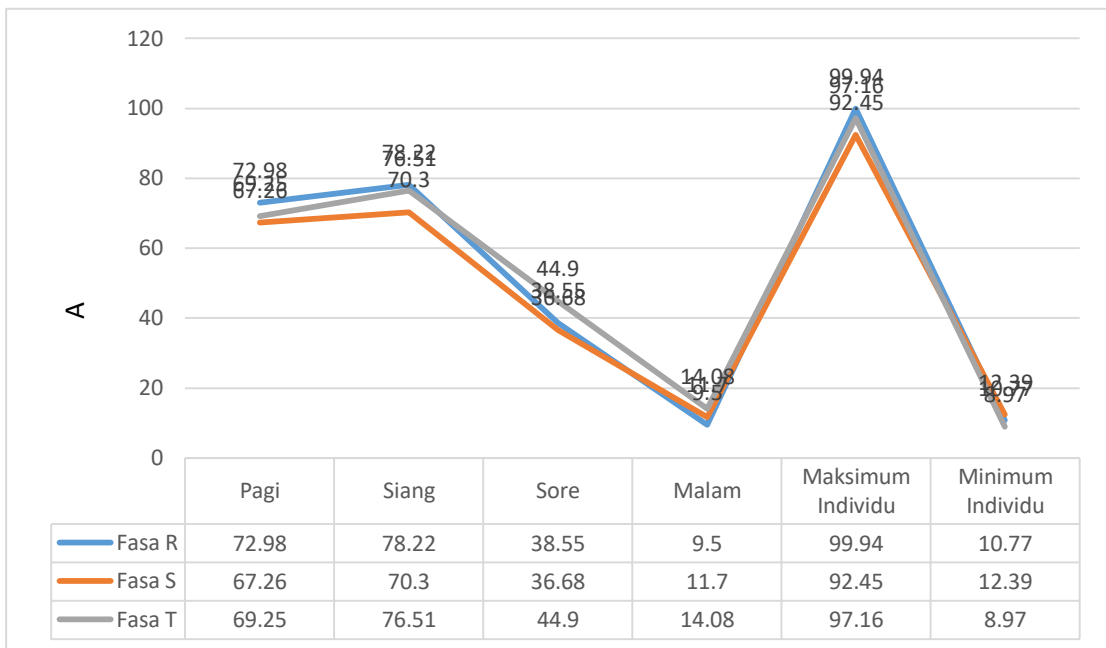
Waktu	Tegangan (V)		
	R	S	T
Pagi 06.00 – 12.00	405,74	409,99	404,61
Siang 12.00 - 17.00	392,68	399,18	390,59
Sore 17.00 – 00.00	411,13	415,95	409,77
Malam 12.00 -06.00	415,80	420,54	414,64
Maksimum Individu	416,21	421,02	415,53
Minimum Individu	376,41	385,86	374,88

Tegangan maksimum dan minimum jika acuan yang digunakan adalah SPLN D5.004-1:2012 dengan *standart batasan* $-10 \% < V_n < +5$ ($360 - 420$), maka standart batasan Gedung Tegangan E6 Kampus UMY dalam ambang batasan yang berlaku.



Gambar 4.4 Arus RST Pada Alat Metrel 2892.

Gambar diatas merupakan diagram hasil pengukuran Arus fasa RST pada panel LVMDP Gedung E6 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengukuran dilakukan selama 24 jam di hari kerja menggunakan alat Metrel 2892.

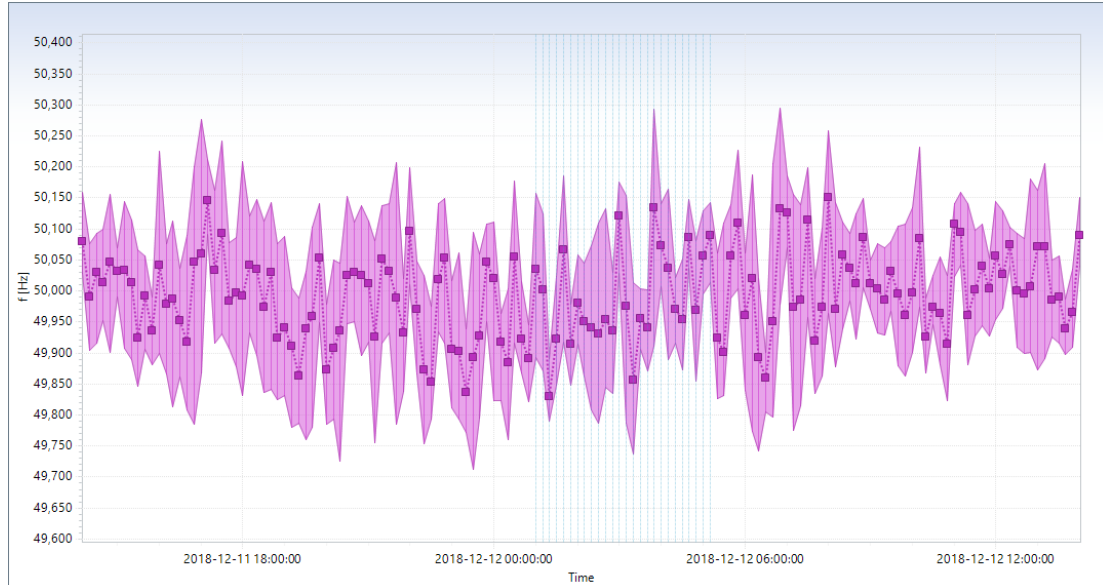


Gambar 4.5 Grafik Arus Maksimum dan Minimum

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Arus.

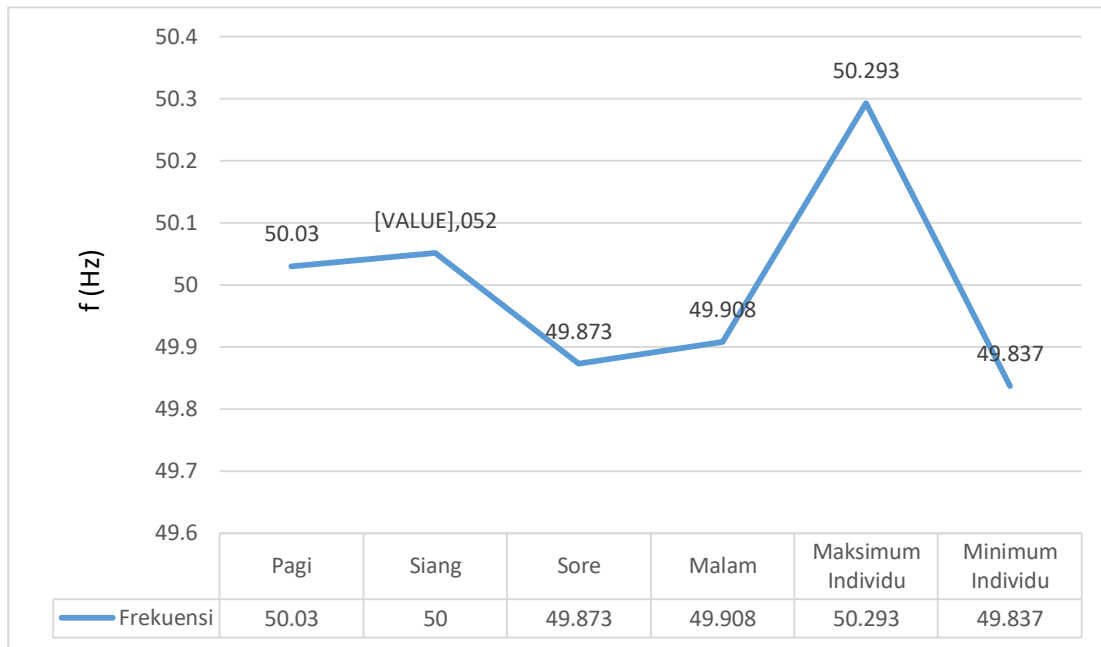
Waktu	Arus (A)		
	R	S	T
Pagi 06.00 – 12.00	72,98	67,26	69,25
Siang 12.00 - 17.00	78,22	70,30	76,51
Sore 17.00 – 00.00	38,55	36,68	44,90
Malam 12.00 -06.00	9,50	11,70	14,08
Maksimum Individu	99,94	92,45	97,16
Minimum Individu	10,77	12,39	8,97

Arus maksimum dan minimum jika acuan yang digunakan adalah SPLN D5.004-1:2012 dengan *standart batasan perbandingan arus antar fasa 12% (50 -100 A)*, maka standart batasan Arus Gedung E6 Kampus UMY dalam ambang batasan yang berlaku.



Gambar 4.6 Frekuensi Panel LVMDP Gedung E6 UMY Pada Alat Metrel 2892

Gambar diatas merupakan diagram hasil pengukuran Frekuensi pada panel LVMDP Gedung E6 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengukuran dilakukan selama 24 jam di hari kerja menggunakan alat Metrel 2892.



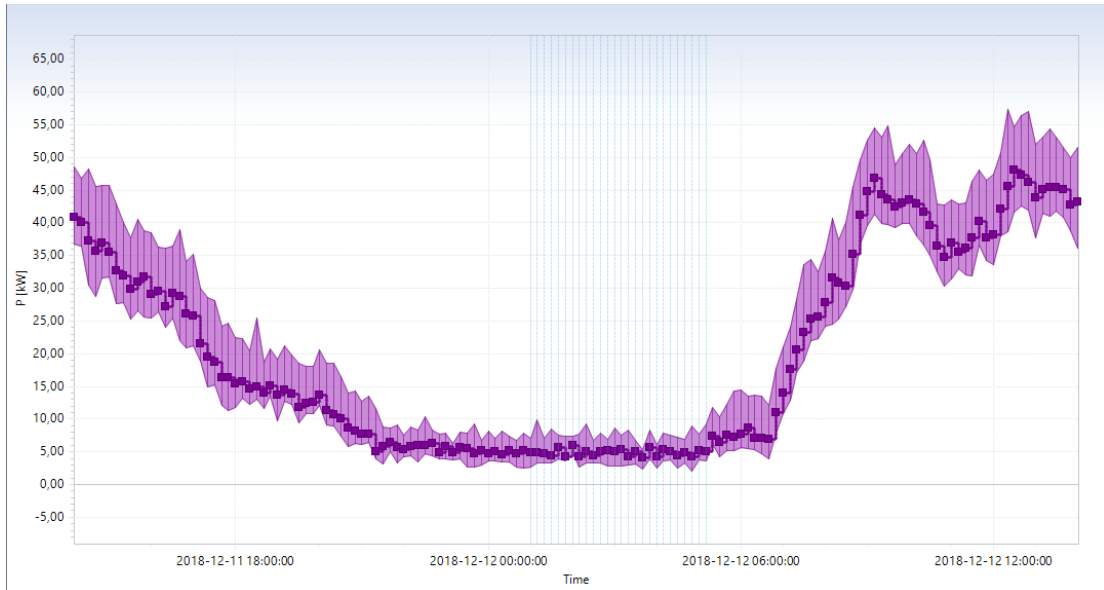
Gambar 4.7 Grafik Frekuensi Maksimum dan Minimum.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Frekuensi.

Waktu	Frekuensi (Hz)
Pagi 06.00 – 12.00	50,030
Siang 12.00 - 17.00	50.052
Sore 17.00 – 00.00	49,873
Malam 12.00 -06.00	49,908
Maksimum Individu	50,293
Minimum Individu	49,837

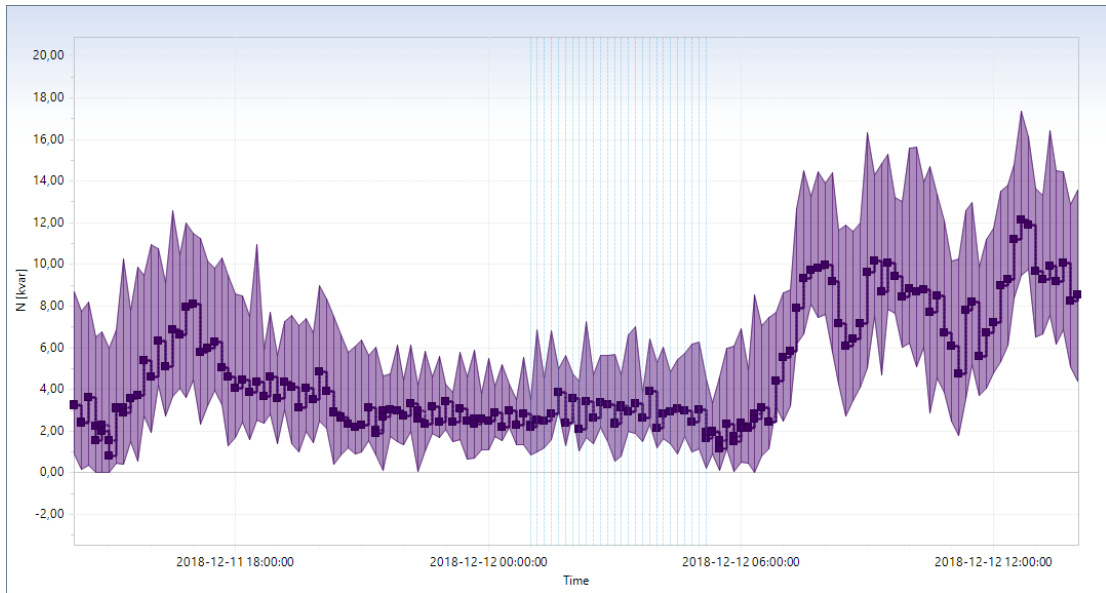
Frekuensi maksimum dan minimum jika acuan yang digunakan adalah SPLN D5.004-1:2012 dengan *standart 1 Hz perubahan Frekuensi* maka standart batasan Frekuensi Gedung E6 Kampus UMY dalam ambang batasan yang berlaku.

4.1.2 Data Faktor Daya, Daya Aktif, Daya Reaktif dan Daya Semu.



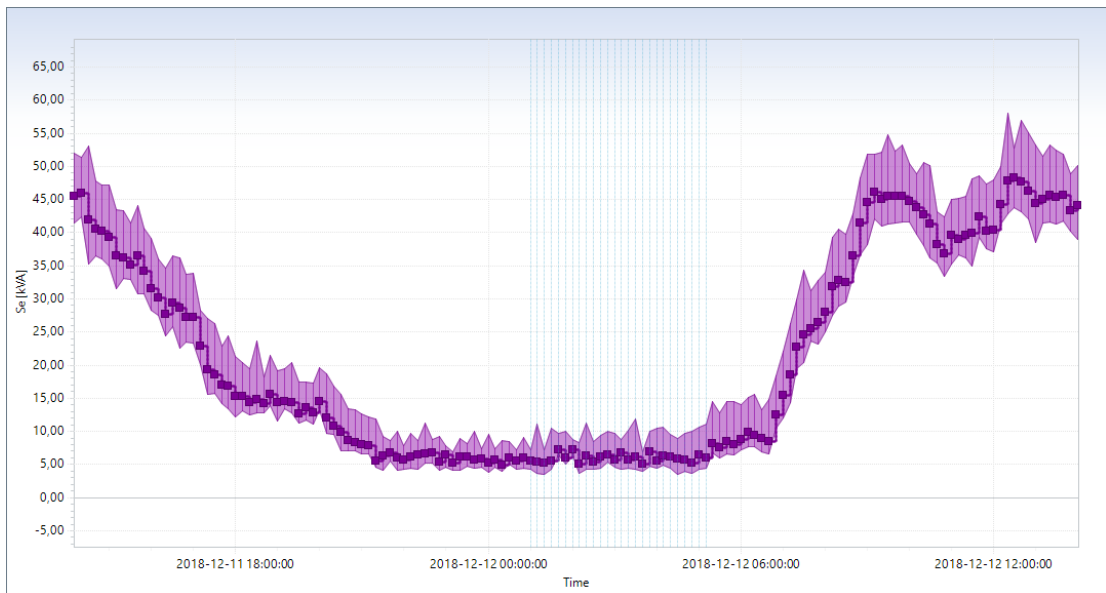
Gambar 4.8 Daya Aktif.

Gambar diatas merupakan diagram hasil pengukuran Daya Aktif pada panel LVMDP Gedung E6 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengukuran dilakukan selama 24 jam di hari kerja menggunakan alat Metrel 2892.



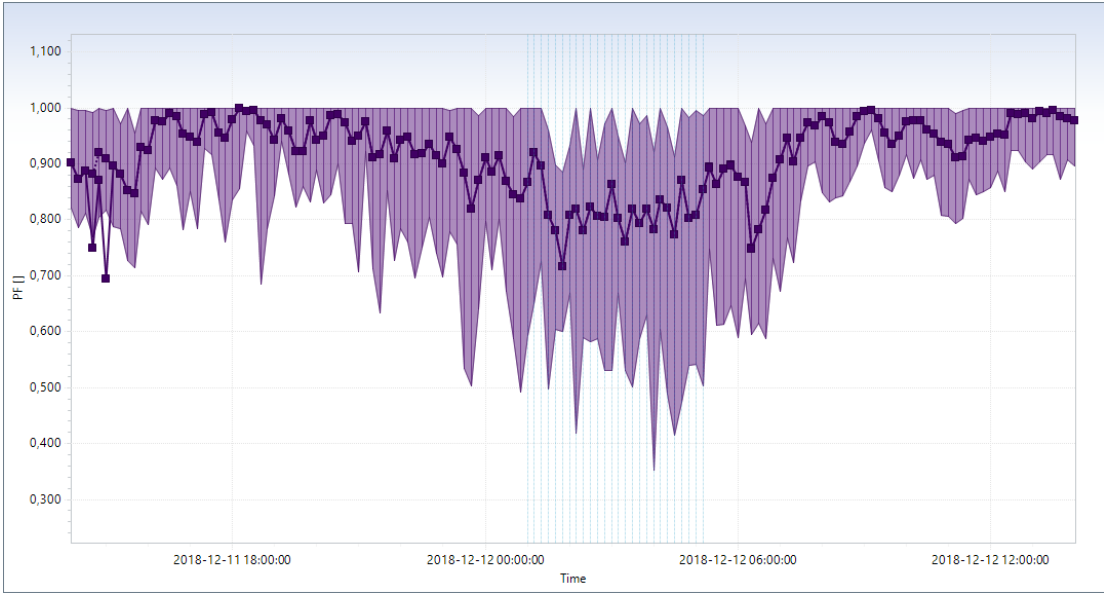
Gambar 4.9 Daya Reaktif.

Gambar diatas merupakan diagram hasil pengukuran Daya Reaktif pada panel LVMDP Gedung E6 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengukuran dilakukan selama 24 jam di hari kerja menggunakan alat Metrel 2892.



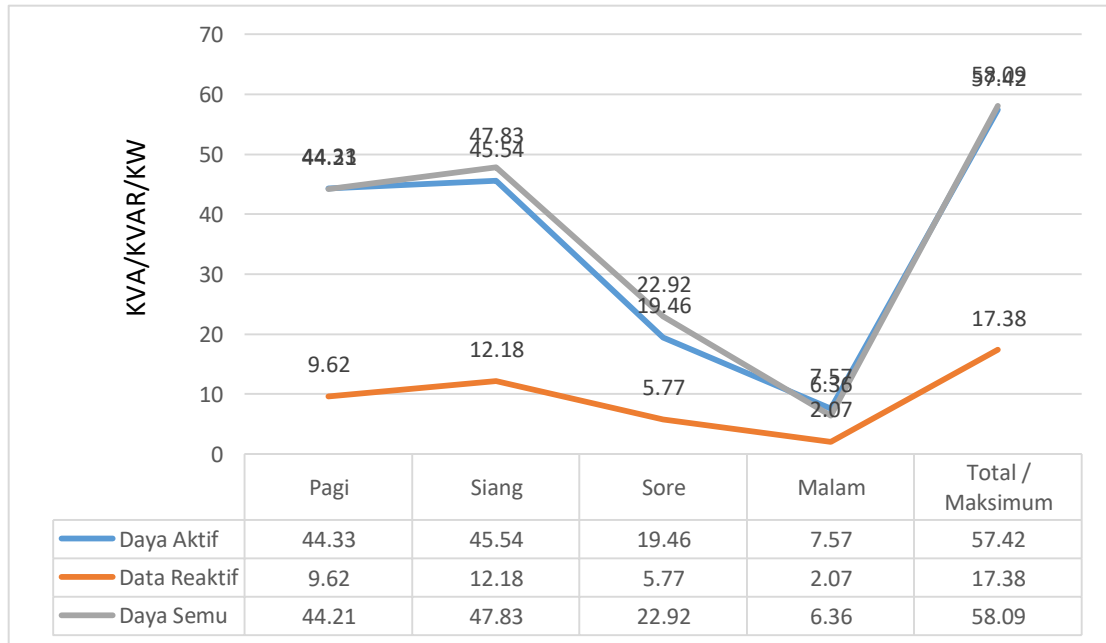
Gambar 4.10 Daya Semu.

Gambar diatas merupakan diagram hasil pengukuran Daya Semu pada panel LVMDP Gedung E6 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengukuran dilakukan selama 24 jam di hari kerja menggunakan alat Metrel 2892.



Gambar 4.11 Faktor Daya.

Gambar diatas merupakan diagram hasil pengukuran Faktor Daya pada panel LVMDP Gedung E6 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengukuran dilakukan selama 24 jam di hari kerja menggunakan alat Metrel 2892.



Gambar 4.12 Grafik Daya aktif, Reaktif , Semu dan Faktor daya.

Dari hasil analisis Gambar 4.12 mendapatkan nilai total maksimum Daya Aktif sebesar 57,42 kW, sedangkan untuk nilai maksimal Daya Reaktif diperoleh pada jam 12.40 dengan nilai sebesar 17,38 kvar dan untuk nilai Daya Semu diperoleh pada jam 12.20 dengan nilai 58,09 kVA.

Tabel 4.4 Daya Aktif, Reaktif dan Semu.

Waktu	Daya Aktif (kWatt)	Daya Reaktif (kVar)	Daya Semu (kVa)	Faktor Daya
Pagi 06.00 – 12.00	44,33	9,62	44,21	0,911
Siang 12.00 - 17.00	45,54	12,18	47,83	0,951
Sore 17.00 – 00.00	19,46	5,77	22,92	0,884
Malam 12.00 -06.00	7,57	2,07	6,36	0,953
Total Maks	57,42	17,38	58,09	1

4.2 Perhitungan Besaran Kualitas Daya Listrik Menurut SPLN D5.004-1:2012.

4.2.1 Perhitungan Harmonisa Tegangan Dan Batasannya.

Perhitungan ini berdasarkan standart SPLN D5.004:2012 yang mempunyai batasan sesuai Tabel 4.5 dibawah ini :

Tabel 4.5 Standart SPLN D5.004:2012 Harmonisa Tegangan.

Tegangan Pada Titik Sambung	Distorsi Harmonisa Tegangan Individu (%)	Distorsi Harmonisa Tegangan Total - THD _{vn} (%)
V _n < 66 kV	3.0	5.0
66 kV < V _n < 150 kV	1.5	2.5
V _n > 150 kV	1.0	1.5

Berdasarkan Tabel 4.1 tentang hasil pengukuran tegangan maka diperoleh tegangan maksimal dan minimum :

Tabel 4.6 Nilai Tegangan Maksimum dan Minimum.

Parameter Tegangan	Nilai Tegangan Masing – masing Panel			Jam		
	R	S	T	R	S	T
Maksimum Individu	416,21	421,02	415,53	03.10	03.00	03.00
Minimum Individu	376,41	385,86	374,88	14.40	14.30	14.40

Maka diambil asumsi hasil perhitungan Distrosi Harmonisa Fasa RST terjadi peningkatan tegangan sekitar jam 03.00 s/d 03.30 :

$$\text{Total Harmonisa (03.00 – (03.30) THD}_{Vn} = \frac{\sqrt{\int_{h=2}^{63} V_h^2}}{V_1},$$

dengan tegangan jam 03.00 – 03.30 dijelaskan pada Tabel 4.7 sebagai berikut ini :

Tabel 4.7 Nilai Tegangan Jam 03.00 – 03.30.

Waktu	Tegangan (V)		
	R	S	T
03.00	416,21	421,02	415,23
03.10	416,13	420,72	415,06
03.20	416,06	420,37	414,85
03.30	415,92	420,47	414,75

$$\begin{aligned}
 \text{Total Harmonisa Tegangan (03.00 – (03.30) THD}_{Vn} &= \frac{\sqrt{\int_{h=2}^{63} V_h^2}}{V^1}, \\
 &= \frac{\sqrt{416,21^2 + 416,13^2 + 416,06^2 + 415,92^2}}{400^1} \% \\
 &= 2,08 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.8 THD_V Maksimum.

Waktu	THD _V Tegangan (%)		
	R	S	T
03.00 – 03.30	2,08	2,72	2,65

Berdasarkan standart SPLN D5.004:2012 Harmonisa Tegangan yang mempunyai batasan sesuai Tabel 4.5 maka nilai THD_V maksimum Gedung E6 UMY didalam ambang standart yang telah ditentukan oleh PT.PLN (persero).

4.2.2 Perhitungan Harmonisa Arus Dan Batasannya.

Perhitungan ini berdasarkan standart SPLN D5.004:2012 yang mempunyai batasan sesuai Tabel 4.9 dibawah ini :

Tabel 4.9 Standart SPLN D5.004:2012 Harmonisa Arus.

$I_{sc} < I_L$	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 28$	$28 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
$v \leq 66 \text{ kV}$						
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
$66 \text{ kV} < v \leq 150 \text{ Kv}$						
<20*	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20<50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
500<100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100<1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
>1000	7.5	3.5	3.0	1.25	0.7	10.0
$v > 150 \text{ kV}$						
<50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
≥ 50	3.5	1.75	1.25	0.45	0.22	3.75

Berdasarkan Tabel 4.2 tentang hasil pengukuran arus maka diperoleh arus maksimal dan minimum :

Tabel 4.10 Nilai Arus Maksimum dan Minimum.

Parameter Arus	Nilai Arus Masing – masing Panel			Jam		
	R	S	T	R	S	T
Maksimum Individu	99,94	92,45	97,16	14:50	14:20	13:20
Minimum Individu	10,77	12,39	8,97	02:20	21:20	00:50

Maka diambil asumsi hasil perhitungan Distorsi Harmonisa Fasa RST terjadi peningkatan Arus sekitar jam 03.00 s/d 03.30 :

$$\text{Total Harmonisa (03.00 – (03.30) THD}_I = \frac{\sqrt{\int_{h=2}^{63} V_h^2}}{V^1},$$

dengan arus jam 03.00 – 03.30 dijelaskan pada Tabel 4.11 sebagai berikut ini :

Tabel 4.11 Nilai Arus Jam 03.00 – 03.30.

Waktu	Arus (A)		
	R	S	T
03.00	7,73	6,73	9.31
03.10	8,27	9,66	10.25
03.20	6,51	8,54	8.43
03.30	6,02	9.03	10.21

$$\begin{aligned} \text{Total Harmonisa (03.00 – (03.30) Fasa R THD}_I &= \frac{\sqrt{\int_{h=2}^{63} I_h^2}}{I^1}, \\ &= \frac{\sqrt{7.73^2 + 8.27^2 + 6.51^2 + 6.02^2}}{99,94^1} \% \\ &= 12.31 \% \end{aligned}$$

Tabel 4.12 THD_I Maksimum.

Waktu	THD _I Tegangan (%)		
	R	S	T
03.00 – 03.30	12.31	12.40	13.33

Berdasarkan standart SPLN D5.004:2012 Harmonisa Arus yang mempunyai batasan sesuai tabel 4.9 maka nilai THD_I maksimum Gedung E6 UMY didalam ambang standart yang telah ditentukan oleh PT.PLN (persero) TDD 15%.

4.2.3 Menghitung Tegangan Drop.

Untuk mengetahui kompensasi Daya Reaktif dan Tegangan Drop maka diperlukan jumlah total Daya aktif, besaran Frekuensi fundamental, tegangan fundamental dan arus fundamental. Berikut ini Tabel 4.13 menjelaskan besaran nilai yang diperlukan untuk menghitung nilai kompensasi daya reaktif dan tegangan dropnya.

Tabel 4.13 Nilai Total dan Rata-rata besaran Listrik Fundamental.

Besaran Listrik	Nilai Total atau Maksimal			
	R	S	T	Rata - rata
Frekuensi	50,293 Hz			50,293 Hz
Arus Fundamental	99,94 A	92,45 A	97,16 A	96,51
Tegangan Fundamental	416,21 V	421,02 V	415,53 V	417,5
Daya Reaktif	17,38 kVar			
Daya Semu	58,09 kVa			
Daya Aktif	57,42 kWatt			

$$\text{Menghitung nilai } \cos \Omega = \frac{\text{Daya Nyata}}{\text{Daya Semu}} = \frac{57,42}{58,09} = 0,988$$

$$\text{Menghitung Drop Tegangan (Vr)} = \frac{\sqrt{3} \cdot P \cdot L \cdot I \cdot \cos \Omega}{\text{Luas Penampang}}$$

dengan asumsi panjang kabel (L) sekitar 300 meter dan Tahanan kabel Tembaga $1,72^{-9}$ ($4 \times 35 \text{ mm}^2/\text{km}$)

$$\begin{aligned} \text{Jadi P (Tahanan Kabel)} &= \frac{\sqrt{3} \cdot 1,72^{-9} \cdot 300 \cdot 96,51 \cdot 0,988}{4 \times 35 \text{ m}^2 : 1000.000} \\ &= 6,087 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Jadi tegangan drop di Gedung E6 UMY sebesar 6,087 masih didalam ambang SPLN D5.004-1:2012 dengan tegangan drop sekitar -25%.

4.2.4 Menghitung Derating Kapasitas Trafo Sesuai SPLN D5.004-1:2012.

Dengan persamaan Transformer harmonik derating faktor yaitu $\text{THDF} = \frac{1,414}{\text{CF}}$ x 100% , dengan persamaan Crest Faktornya $\frac{I_{\text{Puncak}}}{I_{\text{rms}}}$, diketahui I_{rms} (arus rms rata-rata) sebesar 96,51 A dan I_{Puncak} terjadi pada fasa R dengan nilai sebesar 99,94, maka perhitungan derating kapasitas trafo sebesar :

$$\text{THDF} = \frac{1,414}{\text{CF}} \times 100\% = \frac{1,414}{0,965} \times 100\% = 1,465\%$$

4.2.5 Menghitung Ketidakseimbangan Beban Sesuai SPLN D5.004-1:2012.

Dengan persamaan $\text{KT} = \frac{V^-}{V^+} \times 100\%$, adapun pengambilan data asumsi tegangan negative dan tegangan positif dari besarnya tegangan fundamental pada jam tertentu dijelaskan pada tabel 4.14 berikut ini :

Dengan asumsi tegangan pada jam, 16.20 mendapatkan tegangan negatif terbesar maka:

$$\text{KT} = \frac{6,129^-}{385,04^+} \times 100\% = 1,592\%$$

Tabel 4.14 Ketidakseimbangan Tegangan.

Waktu	Ketidakseimbangan Tegangan [%]	U+(AvgOn) [V]	U-(AvgOn) [V]
16:20	1,592	385,04	6,129
16:30	1,543	385,84	5,955
16:40	1,507	386,66	5,827
16:50	1,436	388,45	5,579
17:00	1,382	390,60	5,397
17:10	1,348	393,96	5,310
17:20	1,364	394,38	5,379

Ketidakseimbangan Tegangan pada Gedung E6 UMY masih didalam batas ambang menurut standart SPLN D5.004-1:2012 dengan batasan 2% maksimum. Sedangkan untuk ketidakseimbangan arus di Gedung E6 UMY mempunyai persamaan $KI = \frac{I^-}{I^+} \times 100 \%$, dijelaskan pada Tabel 4.15 sebagai berikut ini :

dengan asumsi pada jam 14:50 nilai terbesar arus negatif dan positif,

$$KI = \frac{10,02^-}{59,20^+} \times 100 \% = 16,93$$

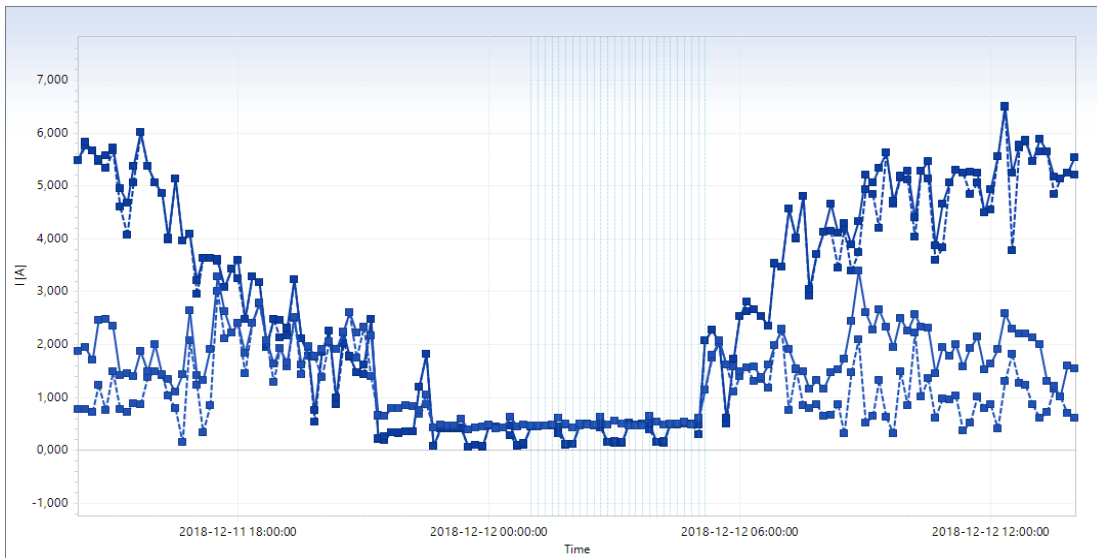
Tabel 4.15 Ketidakseimbangan Arus.

Waktu	Ketidakseimbangan Arus [%]	I+(AvgOn) [A]	I-(AvgOn) [A]
14:50	16,93	59,20	10,02
15:00	20,25	57,32	11,63
15:10	13,50	54,30	7,36
15:20	14,87	53,56	7,83
15:30	14,26	51,85	7,40
15:40	14,45	54,03	7,81

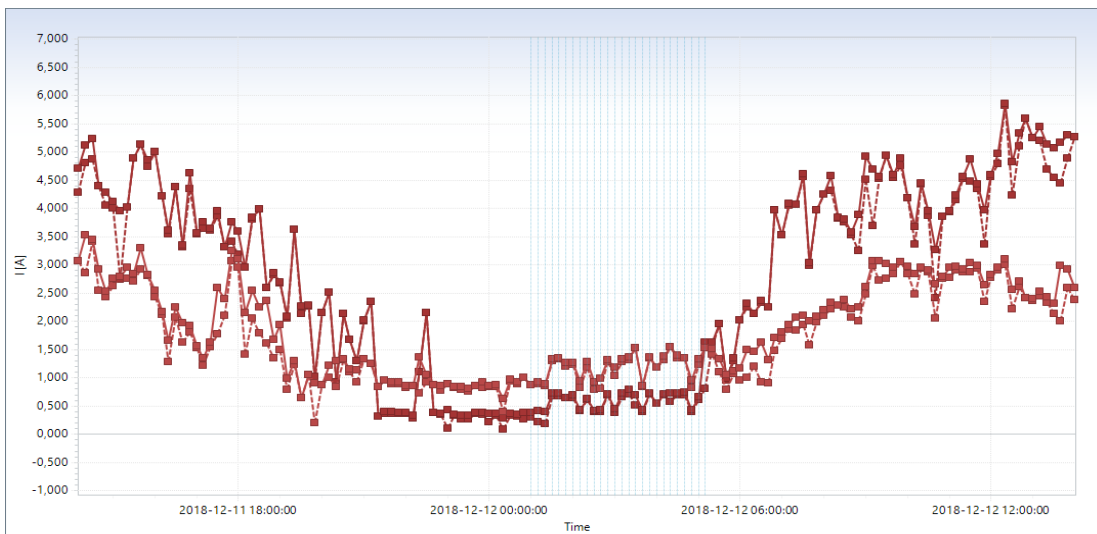
Dari hasil Tabel 4.15 menurut standart SPLN D5.004-1:2012 maka ketidakseimbangan arus pada Gedung E6 masih dalam ambang batas sebesar 20% untuk ketidakseimbangan arus.

4.2.6 Menghitung Power Loses.

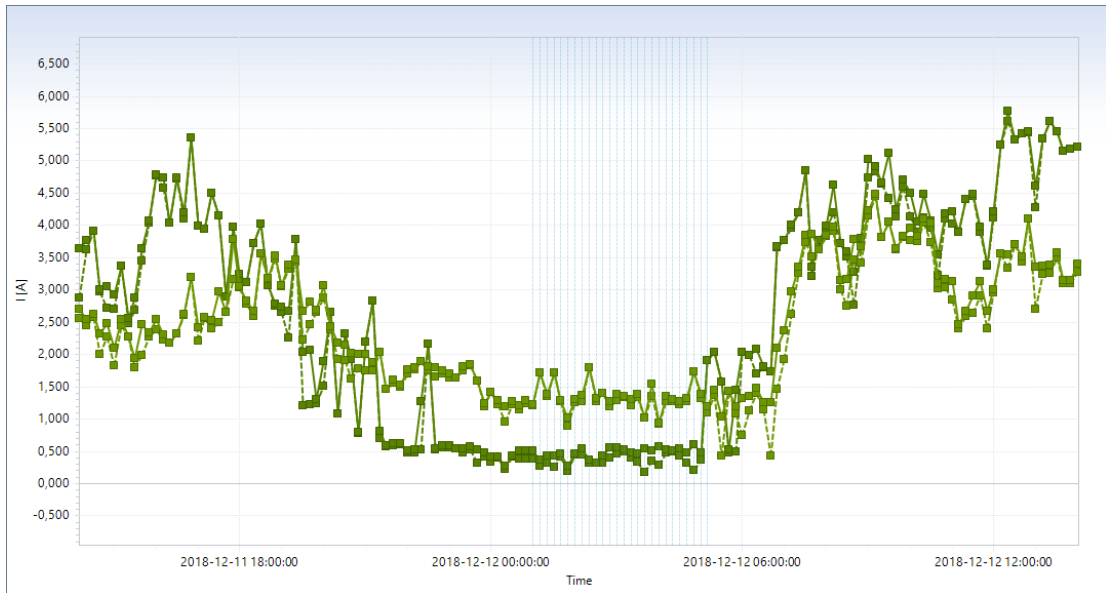
Perhitungan power loses pada suatu bangunan tergantung pada besar atau kecilnya harmonisa arus orde ke-3 dan ke-5, dari Tabel 4.12 bisa dilihat besarnya harmonisa orde Fasa R, Fasa S dan Fasa T pada Gedung E6 UMY :



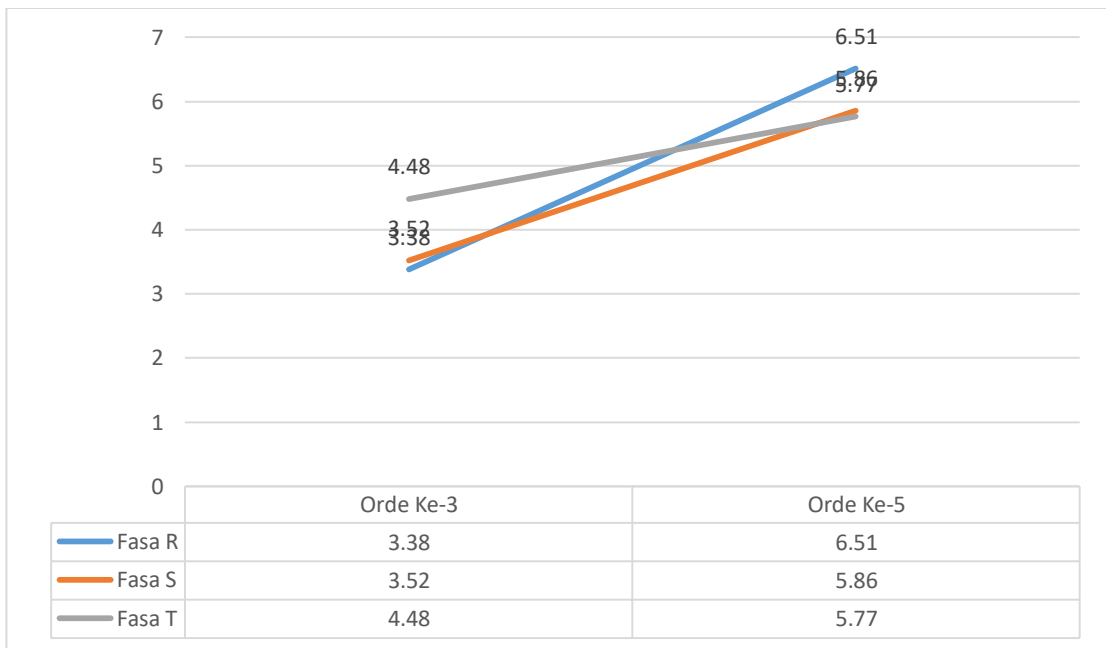
Gambar 4.13 Harmonisa Arus Orde Ke-3 dan Ke-5 Fasa R.



Gambar 4.14 Harmonisa Arus Orde Ke-3 dan Ke-5 Fasa S.



Gambar 4.15 Harmonisa Arus Orde Ke-3 dan Ke-5 Fasa T.



Gambar 4.16 Grafik Antara Harmonisa Arus Orde Ke-3 dan Ke-5.

Tabel 4.16 Besarnya Harmonisa Orde Ke-3 dan Ke-5.

Orde	Nilai Harmonisa Arus Orde (A)		
	R	S	T
Orde Ke-3	3,38	3,52	4,48
Orde Ke-5	6,51	5,86	5,77

Tabel 4.17 Besarnya Nominal Tahanan Pada Kabel.

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°C (Ω/km)
4x1.5mm ²	RE or RM	0.8	1.8	11.0	12.1
4x2.5mm ²	RE or RM	0.8	1.8	11.9	7.41
4x4mm ²	RE or RM	1.0	1.8	14.0	4.61
4x6mm ²	RE or RM	1.0	1.8	15.3	3.08
4x10mm ²	RM	1.0	1.8	18.4	1.83
4x16mm ²	RM	1.0	1.8	20.9	1.15
4x25mm ²	SM	1.2	1.8	21.9	0.727
4x35mm ²	SM	1.2	1.8	24.1	0.524
4x50mm ²	SM	1.4	1.9	27.6	0.387
4x70mm ²	SM	1.4	2.1	31.4	0.268
4x95mm ²	SM	1.6	2.2	36.1	0.193
4x120mm ²	SM	1.6	2.3	39.3	0.153
4x150mm ²	SM	1.8	2.5	43.5	0.124
4x185mm ²	SM	2.0	2.7	48.4	0.0991
4x240mm ²	SM	2.2	2.9	54.6	0.0754
4x300mm ²	SM	2.4	3.1	60.4	0.0601

Diketahui bahwa panjang kabel antara panel LVMDP ke Trafo Gedung E6 UMY adalah 300 m jadi tahananannya sebesar $\frac{0,524 \times 300}{1000} = 0,157$

$$\Delta P_R = \sum_{k=1}^{25} 0,157 \times I k_R^2$$

$$\Delta P_R = (0,157 \times 3,38^2) + (0,157 \times 6,51^2) = 8,44 \text{ Watt}$$

$$\Delta P_S = (0,157 \times 3,52^2) + (0,157 \times 5,86^2) = 7,26 \text{ Watt}$$

$$\Delta P_T = (0,157 \times 4,48^2) + (0,157 \times 5,77^2) = 8,37 \text{ Watt}$$

Sedangkan untuk menghitung arus pada Fasa Netral yang terpasang pada beban, dengan persamaan sebagai berikut ini :

$$\begin{aligned}
 I_{N1} &= \sqrt{\frac{IR1^2 + IS1^2 + IT1^2 - (IR1 \times IS1) - (IS1 \times IT1)}{-(IR1 \times IT1)}} \\
 &= \sqrt{\frac{3,38^2 + 3,52^2 + 4,48^2 - (3,38 \times 3,52) - (3,38 \times 4,48)}{-(4,48 \times 3,52)}} \\
 &= \sqrt{43,88 - 42,80} \\
 &= 1,03 \text{ A (Order ke-3)} \\
 &= \sqrt{\frac{6,51^2 + 5,86^2 + 5,77^2 - (6,51 \times 5,86) - (6,51 \times 5,77)}{-(5,77 \times 5,86)}} \\
 &= \sqrt{110,01 - 109,52} \\
 &= 0,7
 \end{aligned}$$

$$I_{N1} = 1,03 + 0,7 = 2$$

$$\Delta P_N = (0,157 \times 1,3^2) + (0,157 \times 0,7^2) = 0,34$$

Tabel 4.18 Total Power Loses.

Panel	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Netral	TOTAL	Satuan
SDP	8,44	7,26	8,37	0,34	24,41	Watt

Jadi total power losses per 60 menit di Gedung E5 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta adalah sekitar 24,41 Watt.