

## **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Pola Beban Listrik RSPAU Dr. S Hardjolukito Yogyakarta**

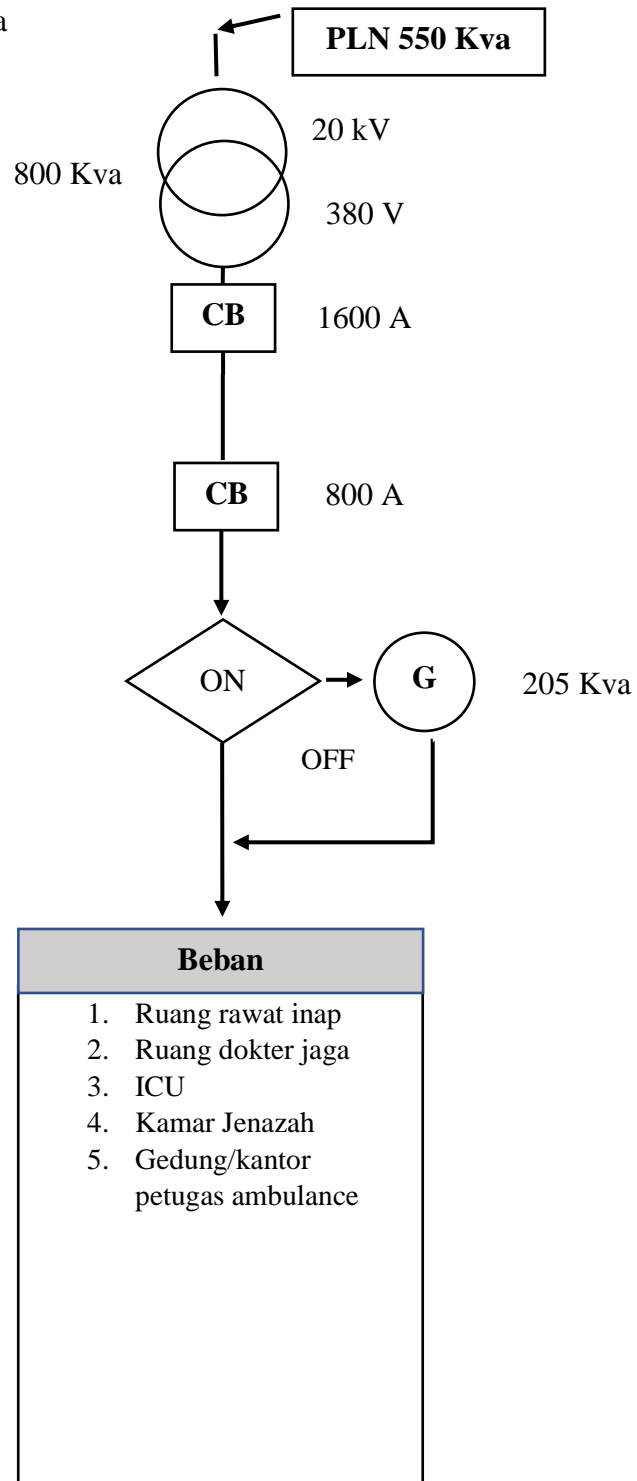
Pada gedung layanan kesehatan RSPAU Dr. S Hardjolukito Yogyakarta berlangganan dari PLN golongan listrik tarif sosial dengan daya terpasang yaitu 550 Kva Tegangan yang disalurkan dari PLN yaitu tegangan listrik menengah yaitu 20 kV kemudian diturunkan menggunakan trafo step down menjadi 400 V (L-L) dan 230 V (L-N). Trafo yang digunakan memiliki kapasitas 550 kVA. Kemudian terpasang kapasitor bank dengan kapasitas kVAR.

Beban pada blok barat yaitu: Ruang rawat inap, ICU, Ruang dokter jaga, kamar jenazah, Gedung / Kantor petugas ambulance. Berikut gambar panel yang diukur.



Gambar 4.1 Panel LVMDP

Berikut skema pola beban pada gedung layanan kesehatan RSPAU Dr. S Hardjolukito Yogyakarta



Gambar 10.2 Skema pola beban pada RSPAU Dr. S Hardjolukito Yogyakarta

## 4.2 Profil Hasil Pengukuran Pada Panel LVMDP

Hasil pengukuran pada panel LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*) RSPAU Dr. S Hardjolukito Yogyakarta. Dimulai pukul 17.30 WIB tanggal 10 Mei 2019 sampai dengan 11 Mei 2019 pukul 17.30 WIB.

### 4.2.1 Frekuensi [Hz]

Berikut hasil nilai pengukuran frekuensi panel LVMDP pada saat hari libur. Hasil pengukuran frekuensi disajikan pada tabel 4.1 dan gambar grafik 4.3.

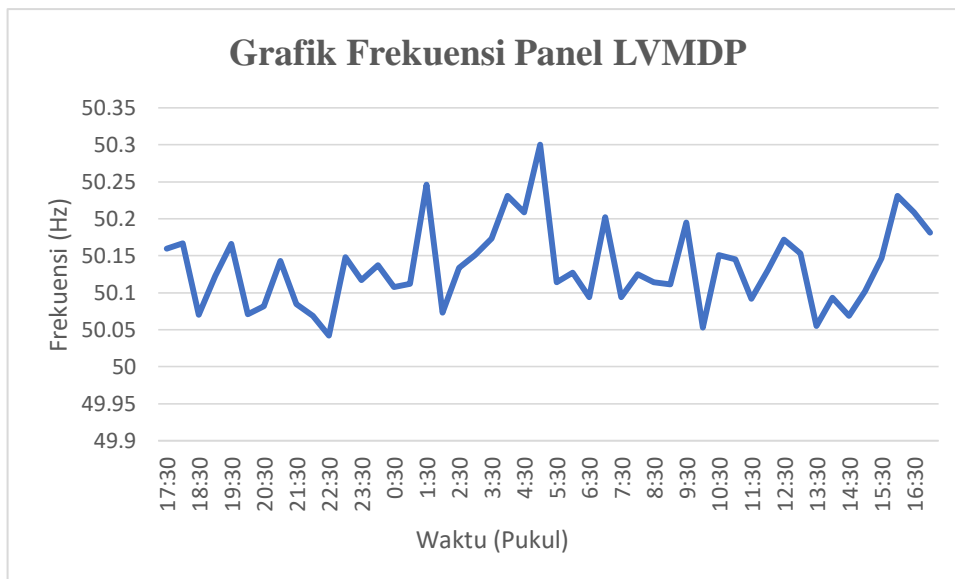
Tabel 4.1 Frekuensi panel LVMDP

Waktu	Frekuensi (Hz)
17:30	50,16
18:00	50,167
18:30	50,07
19:00	50,123
19:30	50,166
20:00	50,071
20:30	50,082
21:00	50,143
21:30	50,085
22:00	50,069
22:30	50,042
23:00	50,148
23:30	50,117
0:00	50,137
0:30	50,108
1:00	50,112
1:30	50,246
2:00	50,073
2:30	50,134
3:00	50,151
3:30	50,173
4:00	50,231
4:30	50,209
5:00	50,3
5:30	50,114
6:00	50,127
6:30	50,094
7:00	50,202
7:30	50,094
8:00	50,125
8:30	50,114

Tabel 4.1 Frekuensi panel LVMDP

Waktu	Frekuensi (Hz)
9:00	50,111
9:30	50,195
10:00	50,053
10:30	50,151
11:00	50,145
11:30	50,092
12:00	50,131
12:30	50,172
13:00	50,153
13:30	50,055
14:00	50,093
14:30	50,069
15:00	50,102
15:30	50,147
16:00	50,231
16:30	50,209
17:00	50,181

Berdasarkan tabel 4.1 maka diperoleh grafik seperti ditampilkan pada gambar 4.3 yaitu grafik frekuensi panel LVMDP.



Gambar 4.3 Grafik Frekuensi Panel LVMDP

Berdasarkan tabel 4.1 dan gambar 4.3 diketahui frekuensi panel LVMDP didapat nilai maksimum yang ditandai warna merah dan nilai

minumim ditandai warna biru. Frekuensi maksimum pada pukul 05.00 WIB yaitu 50,3 Hz sedangkan frekuensi minimum pada pukul 22.30 WIB yaitu 50,042 Hz. Hasil pengukuran frekuensi pada panel LVMDP ini masih masuk dalam batas toleransi karena menurut standar peraturan menteri energi dan sumber daya mineral (ESDM) No. 37 tahun 2008 nilai “frekuensi nominal 50 Hz, dan tidak lebih rendah dari 49,5 Hz atau lebih tinggi dari 50,5 Hz” (Permen ESDM No. 37 tahun 2008).

#### 4.2.2 Tegangan [Volt]

Berikut hasil pengukuran tegangan pada panel LVMDP. Hasil pengukuran tegangan *Line to Netral* disajikan pada tabel 4.2 dan gambar grafik 4.4

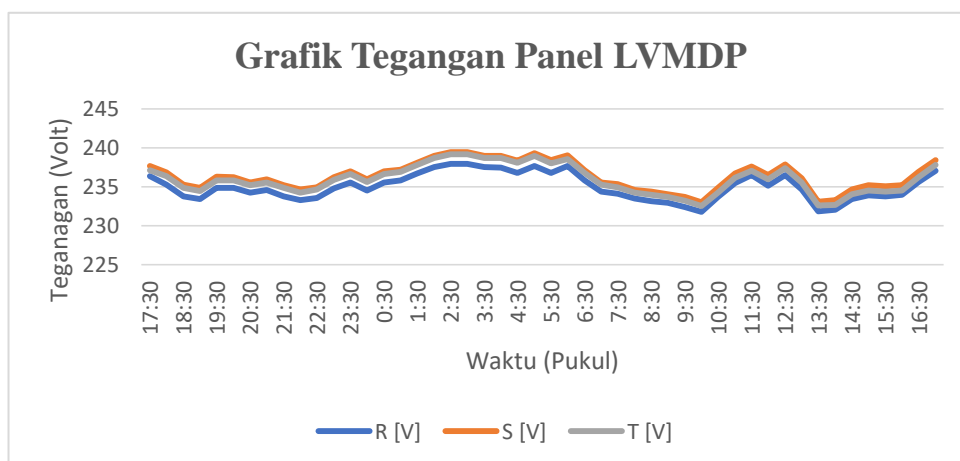
Tabel 3.2 Tegangan Line to Netral panel LVMDP

Waktu	Fasa R	Fasa s	Fase T
17:30	236,335	237,645	237,099
18:00	235,266	236,804	236,372
18:30	233,782	235,242	234,848
19:00	233,429	234,828	234,429
19:30	234,856	236,321	235,834
20:00	234,869	236,23	235,796
20:30	234,233	235,513	235,176
21:00	234,589	235,92	235,543
21:30	233,741	235,183	234,821
22:00	233,247	234,616	234,261
22:30	233,529	234,911	234,625
23:00	234,777	236,189	235,874
23:30	235,564	237	236,655
0:00	234,526	235,958	235,595
0:30	235,537	236,953	236,633
1:00	235,815	237,204	236,908
1:30	236,708	238,071	237,798
2:00	237,489	238,951	238,675
2:30	237,963	239,462	239,173
3:00	237,96	239,464	239,182
3:30	237,519	238,96	238,684
4:00	237,459	238,961	238,695
4:30	236,753	238,338	238,076
5:00	237,64	239,288	238,936
5:30	236,759	238,391	238,034
6:00	237,66	239,046	238,547

Tabel 3.2 Tegangan Line to Neutral panel LVMDP

Waktu	Fasa R	Fasa s	Fase T
6:30	235,795	237,126	236,742
7:00	234,384	235,557	235,273
7:30	234,099	235,307	234,914
8:00	233,446	234,558	234,227
8:30	233,127	234,34	233,975
9:00	232,918	234,025	233,669
9:30	232,394	233,652	233,204
10:00	231,781	232,961	232,502
10:30	233,695	234,814	234,249
11:00	235,446	236,704	236,133
11:30	236,507	237,622	237,035
12:00	235,131	236,48	235,949
12:30	236,461	237,87	237,399
13:00	234,632	236,05	235,567
13:30	231,795	233,038	232,555
14:00	232,048	233,249	232,635
14:30	233,402	234,665	233,991
15:00	233,905	235,213	234,497
15:30	233,783	235,085	234,354
16:00	233,973	235,19	234,523
16:30	235,621	236,89	236,196
17:00	237,059	238,443	237,767

Berdasarkan tabel 4.2 maka diperoleh grafik seperti ditampilkan



pada gambar 4.4 yaitu grafik Tegangan *line to* netral panel LVMDP.

Gambar 4.4 Grafik Tegangan line to netral pada LVMDP

Berdasarkan tabel 4.2 dan gambar 4.4 diketahui tegangan *line to neutral* panel LVMDP didapat nilai maksimum ditandai warna merah dan nilai minimum ditandai warna biru. Tegangan maksimum pada fasa R pukul 02.30 WIB yaitu 237,9633 Volt, sedangkan pada fasa S dan T terjadi pada jam 3.00 WIB yaitu fasa S sebesar 239,464 Volt, dan fasa T sebesar 239,182 Volt. Sedangkan Tegangan minimum pada pukul 10.00 WIB yaitu fasa R sebesar 231,781 Volt, fasa S sebesar 232,961 Volt, dan fasa T sebesar 232,502 Volt. Berdasarkan standar “permen ESDM No.4 Tahun 2009 tentang Aturan Distribusi Tenaga Listrik. Batasan titik sambung untuk konsumen tegangan antar fasa yaitu 400 Volt sedangkan tegangan fasa dengan netral yaitu 230 Volt merupakan nominal 400 Volt antar fasa dan 230 Volt fasa dengan netral. Dengan batas +5% maksimal antar fasa yaitu 420 Volt sedangkan fasa ke netral yaitu 241,5 Volt, tegangan minimal -10% antar fasa yaitu 360 Volt sedangkan fasa dengan netral yaitu 207 Volt.” Jadi hasil pengukuran pada tabel 4.2 dan gambar grafik 4.4 tegangan *line to neutral* dapat dikatakan baik karena hasil pengukurannya masih dalam batas toleransi.

#### 4.2.3 Total Harmonik Distortion (THD) Tegangan [%]

Berikut adalah hasil pengukuran THD tegangan panel LVMDP. Hasil pengukuran THD tegangan disajikan pada tabel 4.3 dan gambar grafik 4.5

Tabel 4.3 THD Tegangan Panel LVMDP

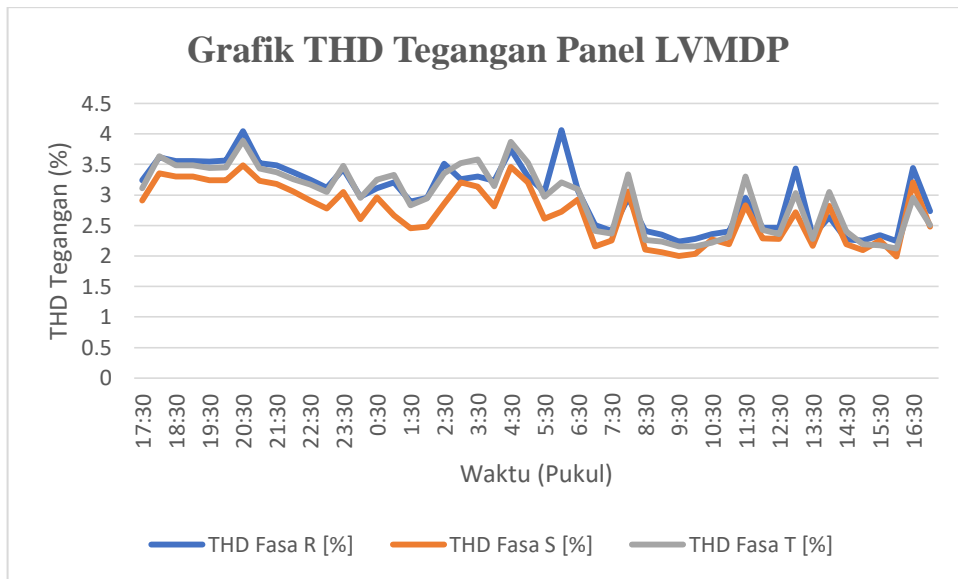
Waktu	THD Fasa R [%]	THD Fasa S [%]	THD Fasa T [%]
17:30	3,244	2,912	3,106
18:00	3,615	3,353	3,635
18:30	3,556	3,299	3,487
19:00	3,556	3,301	3,49
19:30	3,547	3,243	3,442
20:00	3,564	3,244	3,452
20:30	4,045	3,49	3,889
21:00	3,519	3,229	3,437
21:30	3,484	3,183	3,375

Tabel 4.3 THD Tegangan Panel LVMDP

Waktu	THD Fasa R [%]	THD Fasa S [%]	THD Fasa T [%]
22:00	3,369	3,057	3,262
22:30	3,247	2,913	3,174
23:00	3,117	2,777	3,049
23:30	3,428	3,052	3,481
0:00	2,97	2,603	2,957
0:30	3,107	2,964	3,249
1:00	3,209	2,662	3,333
1:30	2,889	2,452	2,833
2:00	2,955	2,478	2,944
2:30	3,508	2,855	3,351
3:00	3,255	3,202	3,518
3:30	3,302	3,132	3,579
4:00	3,23	2,811	3,149
4:30	3,747	3,456	3,871
5:00	3,301	3,203	3,534
5:30	3,047	2,614	2,971
6:00	4,067	2,726	3,207
6:30	3,069	2,928	3,089
7:00	2,508	2,161	2,407
7:30	2,414	2,252	2,367
8:00	2,955	3,054	3,337
8:30	2,414	2,102	2,264
9:00	2,346	2,065	2,237
9:30	2,237	1,996	2,153
10:00	2,284	2,034	2,158
10:30	2,36	2,272	2,218
11:00	2,401	2,188	2,311
11:30	2,955	2,828	3,306
12:00	2,467	2,289	2,426
12:30	2,464	2,281	2,361
13:00	3,435	2,716	3,032
13:30	2,335	2,169	2,28
14:00	2,638	2,824	3,046
14:30	2,269	2,193	2,398
15:00	2,254	2,095	2,188
15:30	2,344	2,252	2,172
16:00	2,243	1,993	2,121
16:30	3,443	3,207	2,95
17:00	2,737	2,483	2,508



Berdasarkan tabel 4.3 maka diperoleh grafik seperti ditampilkan pada gambar 4.5 yaitu grafik THD tegangan panel LVMDP.



Gambar 4.5 Grafik THD Tegangan pada LVMDP

Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.5 diketahui THD tegangan pada panel LVMDP. Pada tabel 4.3 nilai maksimum ditandai warna merah dan nilai minimum ditandai warna biru. THD tegangan maksimum fasa R terjadi pada pukul 06.00 WIB yaitu sebesar 4,067 % , untuk fasa S dan T terjadi pada pukul 20.30 WIB yaitu fasa S sebesar 3,49 % , dan fasa T sebesar 3,889 % . Sedangkan untuk THD tegangan minimum fasa R terjadi pada pukul 9.30 WIB sebesar 2,237 % , untuk fasa S dan T terjadi pada pukul 14.30 WIB, fasa S sebesar 1,993 % , dan fasa T sebesar 2,121 % . Sesuai standar IEEE 519-1992 dijelaskan batas *Total Harmonic Distortion* (THD) tegangan. Suplai tegangan  $\leq 69$  kV nilai THD dikategorikan baik apabila hasil pengukuran  $\leq 5$  % . Hasil pengukuran *Total Harmonic Distortion* (THD) pada panel LVMDP dalam kondisi baik karena pengukur THD maksimalnya masih  $\leq 5$  % .

#### 4.2.4 Arus [Ampere]

Berikut hasil pengukuran arus pada panel LVMDP. Hasil pengukuran arus disajikan pada tabel 4.4 dan gambar grafik 4.6

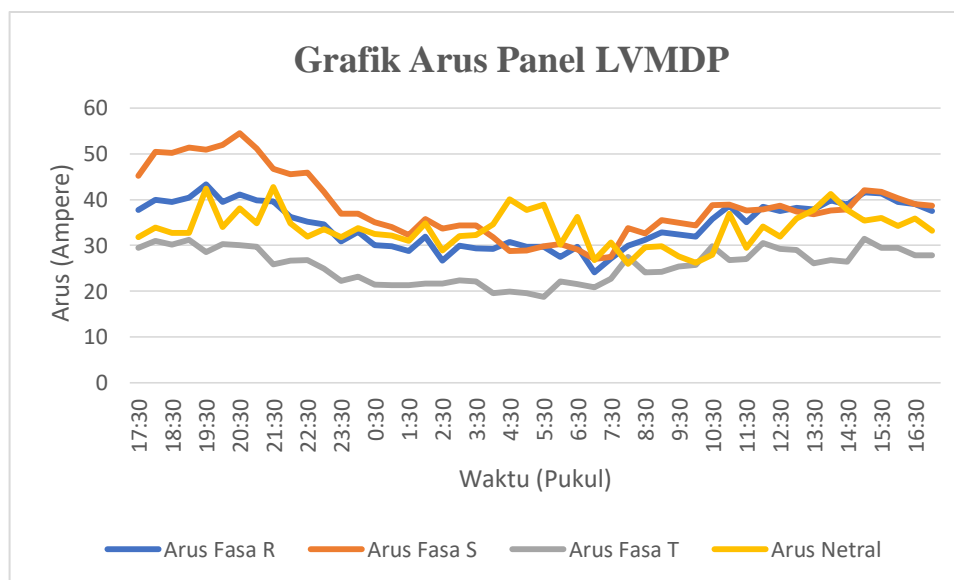
Tabel 4.4 Arus Panel LVMDP

Waktu	Arus Fasa R	Arus Fasa S	Arus Fasa T	Arus Netral
17:30	37,68	45,15	29,48	31,84
18:00	39,98	50,41	31,01	33,87
18:30	39,45	50,24	30,14	32,76
19:00	40,42	51,39	31,25	32,73
19:30	43,32	50,87	28,54	42,44
20:00	39,45	51,97	30,24	34,02
20:30	41,15	54,57	29,99	38,14
21:00	39,87	51,11	29,65	34,81
21:30	39,57	46,72	25,9	42,75
22:00	36,19	45,58	26,69	34,79
22:30	35,12	45,87	26,8	31,88
23:00	34,57	41,68	24,91	33,6
23:30	30,87	36,97	22,28	31,77
0:00	32,99	36,87	23,22	33,79
0:30	30,06	35,03	21,44	32,45
1:00	29,79	33,96	21,35	32,13
1:30	28,82	32,23	21,35	30,98
2:00	31,93	35,81	21,68	34,84
2:30	26,64	33,67	21,6	28,91
3:00	29,92	34,41	22,4	31,98
3:30	29,31	34,33	22,16	32,22
4:00	29,19	31,81	19,54	34,55
4:30	30,72	28,77	19,91	40,03
5:00	29,72	28,89	19,57	37,7
5:30	29,69	29,77	18,78	38,87
6:00	27,46	30,28	22,17	30,2
6:30	29,7	29,09	21,51	36,21
7:00	24,14	26,97	20,82	26,76
7:30	27,17	27,51	22,7	30,68
8:00	29,97	33,82	27,51	25,97
8:30	31,19	32,57	24,06	29,63
9:00	32,86	35,54	24,17	29,79
9:30	32,37	34,92	25,43	27,61
10:00	31,94	34,37	25,68	26,2
10:30	35,76	38,74	29,78	27,96
11:00	38,66	38,93	26,83	36,91
11:30	35,02	37,67	27,01	29,46

Tabel 4.4 Arus Panel LVMDP

Waktu	Arus Fasa R	Arus Fasa S	Arus Fasa T	Arus Netral
12:00	38,41	37,8	30,51	34,18
12:30	37,5	38,62	29,23	31,87
13:00	38,23	37,44	28,98	35,83
13:30	37,84	36,77	26,08	37,72
14:00	39,79	37,67	26,82	41,28
14:30	38,95	37,81	26,38	37,77
15:00	41,59	42,03	31,5	35,36
15:30	41,32	41,74	29,44	35,99
16:00	39,48	40,29	29,42	34,27
16:30	39,02	39,01	27,81	35,87
17:00	37,46	38,66	27,87	33,16

Berdasarkan tabel 4.4 maka diperoleh grafik seperti ditampilkan pada gambar 4.6 yaitu grafik arus panel LVMDP.



Gambar 4.6 Grafik Arus Panel LVMDP

Berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.6 diketahui besar arus pada panel LVMDP. Pada tabel 4.4 nilai maksimum ditandai warna merah dan nilai minimum ditandai warna biru. Arus maksimum fasa R pukul 19.30 WIB yaitu 284.87 Ampere , fasa S pada pukul 20.30 WIB yaitu 54,57 Ampere, fasa T pada pukul 15.00 WIB yaitu 31,5 Ampere, dan arus maksimum Netral pada pukul 21.30 WIB yaitu 42,75 Ampere. Sedangkan

arus minimum Fasa R dan S pada pukul 08.00 WIB yaitu fasa R sebesar 24,14 Ampere, dan fasa S sebesar 26,97 Ampere, arus minimum fasa T pada pukul 05.30 WIB yaitu 18,78 Ampere, dan arus minimum Netral pada pukul 10.00 WIB yaitu 26,2 Ampere. “Apabila jumlah phasor dari ketiga tegangan (R,S,T) adalah sama dengan nol, maka dengan jumlah phasor dari arus pada ketiga fase juga sama dengan nol. Jika impedansi beban dari ketiga fase tidak sama, maka jumlah phasor dan arus netralnya (In) tidak sama dengan nol dan beban dikatakan tidak seimbang”. Hasil pengukuran di tabel 4.4 dan grafik 4.6 terdapat ketidak seimbangan beban antar fasa R, S, dan T pada saat kondisi arus maksimum dan arus minimum. Ketika arus maksimum terindikasi arus netral sebesar 42,75 Ampere dan ketika arus minimum terindikasi arus netral sebesar 26,2 Ampere.

#### 4.2.5 Total Harmonik Distortion (THD) Arus

Berikut hasil pengukuran harmonik arus panel LVMDP. Hasil pengukuran harmonik arus disajikan pada tabel 4.5 dan gambar grafik 4.7

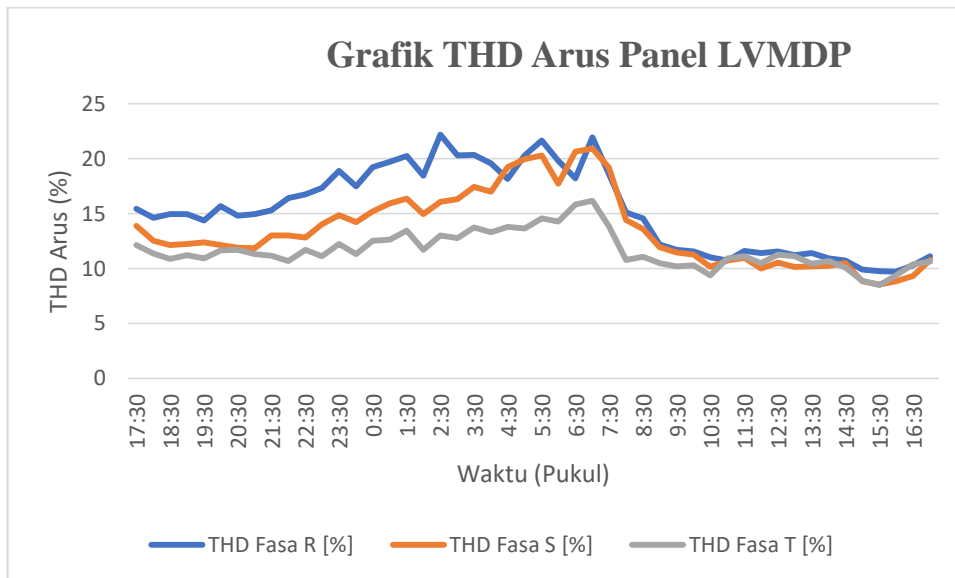
Tabel 4.5 THD Arus Panel LVMDP

Waktu	THD fasa R[%]	THD Fasa S [%]	THD Fasa T [%]
17:30	15,41	13,86	12,13
18:00	14,61	12,53	11,365
18:30	14,95	12,15	10,885
19:00	14,94	12,22	11,231
19:30	14,35	12,35	10,921
20:00	15,68	12,15	11,658
20:30	14,79	11,87	11,689
21:00	14,94	11,84	11,288
21:30	15,28	13	11,142
22:00	16,42	13,02	10,655
22:30	16,73	12,83	11,676
23:00	17,35	14,01	11,129
23:30	18,86	14,86	12,245
0:00	17,45	14,22	11,327
0:30	19,21	15,17	12,503
1:00	19,72	15,92	12,633
1:30	20,23	16,34	13,443
2:00	18,43	14,95	11,711
2:30	22,16	16,04	13,007
3:00	20,3	16,32	12,761

Tabel 4.5 THD Arus Panel LVMDP

Waktu	THD fasa R[%]	THD Fasa S [%]	THD Fasa T [%]
3:30	20,35	17,43	13,729
4:00	19,57	16,98	13,288
4:30	18,15	19,22	13,773
5:00	20,27	19,94	13,633
5:30	21,64	20,27	14,547
6:00	19,81	17,7	14,271
6:30	18,19	20,63	15,83
7:00	21,95	20,92	16,141
7:30	18,58	19,17	13,829
8:00	15,09	14,42	10,773
8:30	14,55	13,6	11,078
9:00	12,18	11,93	10,471
9:30	11,7	11,47	10,17
10:00	11,56	11,27	10,301
10:30	11,01	10,15	9,37
11:00	10,7	10,71	10,925
11:30	11,58	10,98	11,103
12:00	11,38	9,97	10,475
12:30	11,55	10,54	11,242
13:00	11,23	10,14	11,089
13:30	11,39	10,19	10,43
14:00	10,94	10,26	10,653
14:30	10,71	10,48	10,092
15:00	9,9	8,83	8,889
15:30	9,76	8,55	8,509
16:00	9,72	8,84	9,356
16:30	10,3	9,31	10,38
17:00	11,13	10,78	10,623

Berdasarkan tabel 4.5 maka diperoleh grafik seperti ditampilkan pada gambar 4.7 yaitu grafik THD arus panel LVMDP.



Gambar 4.7 Grafik THD Arus pada LVMDP

Berdasarkan tabel 4.5 dan gambar 4.7 diketahui THD arus pada panel LVMDP. Pada tabel 4.5 nilai maksimum ditandai warna merah dan nilai minimum ditandai warna biru. THD arus maksimum fasa R pada pukul 08.00 WIB yaitu 22,16 % , fasa S dan fasa T pada pukul 07.00 WIB yaitu fasa S sebesar 20,92 % , dan fasa T sebesar 16,141 %,. THD arus minimum fasa R pada pukul 16.00 WIB yaitu 9,72 % , fasa S dan fasa T pada pukul 15.30 WIB yaitu fasa S sebesar 8,55 % , dan fasa T sebesar 8,509 % . Sesuai standar IEEE 519-1992 batas *Total Harmonic Distortion* (THD) arus. Arus pada range 50 s/d 100 Ampere, nilai THD dikategorikan baik apabila hasil pengukuran  $\leq 12$  % . Hasil pengukuran THD arus ada panel LVMDP pada kondisi maksimal dikategorikan kurang baik karena THD arus lebih dari 12 % . Namun THD arus pada kondisi minimum dikategorikan baik karena masih dalam batas toleransi yaitu  $\leq 12$  % .

#### 4.2.6 Daya Aktif [kW]

Berikut hasil pengukuran daya aktif panel LVMDP pada hari libur. Hasil pengukuran faktor daya disajikan pada tabel 4.6 dan gambar grafik 4.8

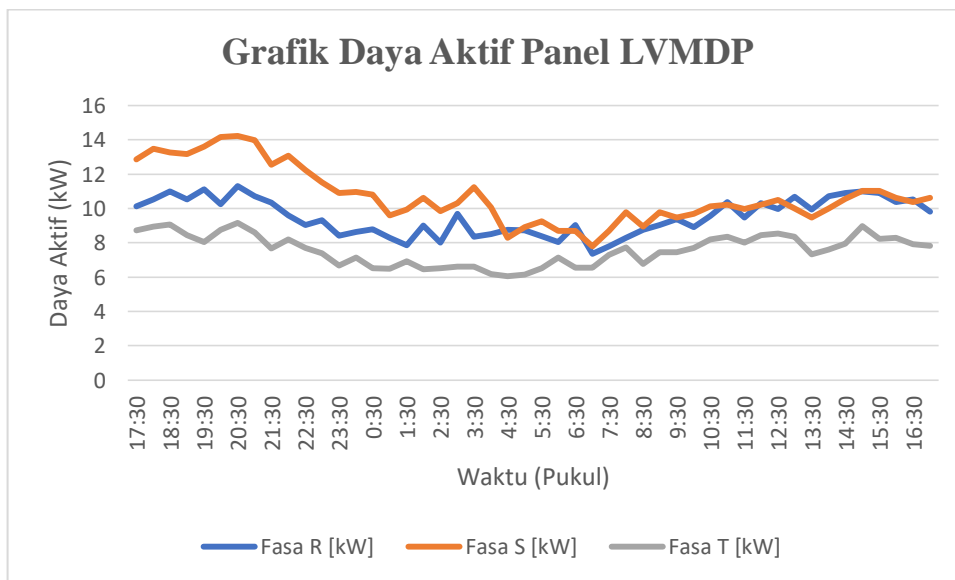
Tabel 4.6 Daya Aktif Panel LVMDP

Waktu	Fasa R [kW]	Fasa S [kW]	Fasa T [kW]
17:30	10,113	12,848	8,716
18:00	10,533	13,486	8,956
18:30	10,984	13,276	9,06
19:00	10,532	13,18	8,455
19:30	11,106	13,618	8,046
20:00	10,237	14,179	8,764
20:30	11,305	14,217	9,161
21:00	10,728	13,993	8,609
21:30	10,333	12,537	7,662
22:00	9,603	13,068	8,184
22:30	9,047	12,247	7,701
23:00	9,31	11,512	7,385
23:30	8,418	10,901	6,685
0:00	8,645	10,954	7,128
0:30	8,803	10,816	6,514
1:00	8,286	9,586	6,484
1:30	7,842	9,954	6,927
2:00	9,008	10,619	6,45
2:30	8,02	9,836	6,514
3:00	9,682	10,298	6,612
3:30	8,367	11,249	6,629
4:00	8,495	10,077	6,193
4:30	8,767	8,293	6,045
5:00	8,736	8,904	6,142
5:30	8,385	9,242	6,509
6:00	8,047	8,691	7,154
6:30	9,044	8,688	6,556
7:00	7,359	7,796	6,566
7:30	7,793	8,697	7,29
8:00	8,285	9,787	7,732
8:30	8,752	8,957	6,774
9:00	9,024	9,79	7,45
9:30	9,394	9,475	7,438
10:00	8,911	9,677	7,709
10:30	9,552	10,124	8,193
11:00	10,361	10,232	8,365
11:30	9,463	9,985	8,024
12:00	10,298	10,231	8,458
12:30	9,96	10,49	8,547
13:00	10,689	9,999	8,353
13:30	9,935	9,461	7,332
14:00	10,725	9,995	7,609
14:30	10,908	10,55	7,951

Tabel 4.6 Daya Aktif Panel LVMDP

Waktu	Fasa R [kW]	Fasa S [kW]	Fasa T [kW]
15:00	10,981	11,034	8,963
15:30	10,914	11,029	8,226
16:00	10,361	10,635	8,29
16:30	10,542	10,384	7,913
17:00	9,805	10,636	7,84

Berdasarkan tabel 4.6 maka diperoleh grafik seperti ditampilkan pada gambar 4.8 yaitu grafik daya aktif panel LVMDP.



Gambar 4.8 Grafik Daya Aktif pada LVMDP

Berdasarkan tabel 4.6 dan gambar 4.8 diketahui daya pada panel LVMDP. Pada tabel 4.6 nilai maksimum ditandai warna merah dan nilai minimum ditandai warna biru. Daya aktif maksimum tiap fasa pada pukul 20.30 WIB adalah fasa R yaitu 11,3005 kW, fasa S yaitu 14,217 kW, dan fasa T yaitu 9,161 kW. Sedangkan daya aktif minimum pada pukul 07.00 WIB adalah fasa R dan S, fasa R sebesar 7,359 kW dan fasa S sebesar 7,796 kW. Untuk daya aktif minimum fasa T terjadi pada pukul 04.30 WIB, fasa T yaitu 6,045 kW.



#### 4.2.7 Daya Reaktif [kVAR]

Berikut hasil pengukuran daya reaktif panel LVMDP pada hari libur. Hasil pengukuran faktor daya disajikan pada tabel 4.7 dan gambar grafik 4.9

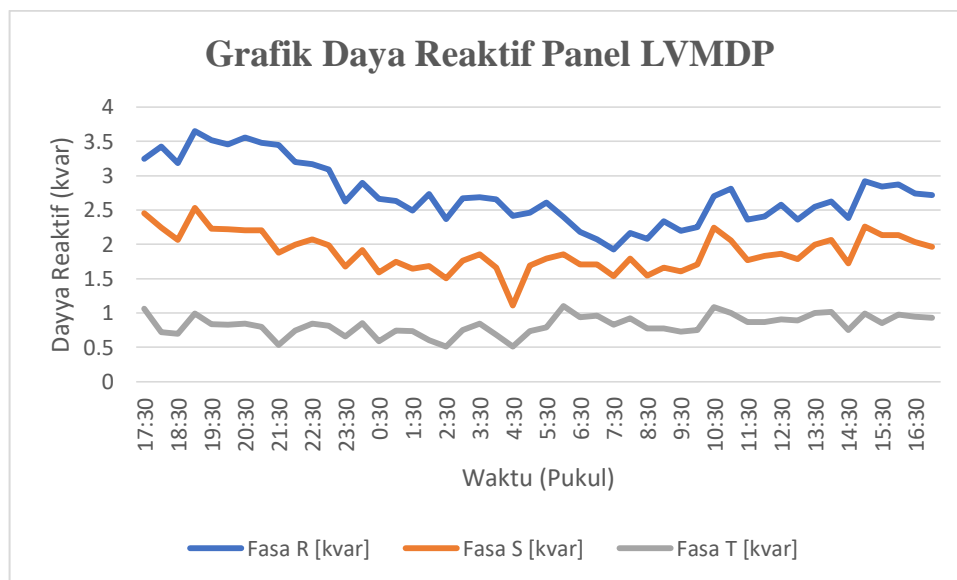
Tabel 4.7 Daya Reaktif Panel LVMDP

Waktu	Fasa R [kvar]	Fasa S [kvar]	Fasa T [kvar]
17:30	3,243	2,457	1,063
18:00	3,425	2,241	0,719
18:30	3,187	2,067	0,699
19:00	3,647	2,528	0,992
19:30	3,522	2,23	0,835
20:00	3,457	2,218	0,83
20:30	3,556	2,207	0,842
21:00	3,482	2,206	0,799
21:30	3,45	1,875	0,532
22:00	3,198	1,999	0,748
22:30	3,169	2,076	0,848
23:00	3,088	1,984	0,814
23:30	2,628	1,678	0,658
0:00	2,895	1,917	0,851
0:30	2,662	1,591	0,586
1:00	2,63	1,75	0,746
1:30	2,494	1,645	0,739
2:00	2,73	1,682	0,603
2:30	2,372	1,506	0,513
3:00	2,671	1,761	0,755
3:30	2,684	1,852	0,849
4:00	2,652	1,66	0,685
4:30	2,417	1,11	0,508
5:00	2,458	1,69	0,739
5:30	2,608	1,796	0,787
6:00	2,401	1,856	1,105
6:30	2,184	1,71	0,938
7:00	2,072	1,706	0,958
7:30	1,922	1,533	0,831
8:00	2,169	1,793	0,925
8:30	2,079	1,541	0,773
9:00	2,335	1,664	0,777
9:30	2,197	1,605	0,731
10:00	2,254	1,704	0,754
10:30	2,7	2,243	1,089
11:00	2,811	2,058	0,998

Tabel 4.7 Daya Reaktif Panel LVMDP

Waktu	Fasa R [kvar]	Fasa S [kvar]	Fasa T [kvar]
11:30	2,36	1,769	0,867
12:00	2,405	1,834	0,865
12:30	2,575	1,865	0,908
13:00	2,357	1,784	0,891
13:30	2,549	1,996	0,997
14:00	2,627	2,067	1,018
14:30	2,384	1,726	0,753
15:00	2,917	2,261	0,991
15:30	2,84	2,136	0,852
16:00	2,877	2,138	0,978
16:30	2,745	2,033	0,946
17:00	2,715	1,964	0,93

Berdasarkan tabel 4.7 maka diperoleh grafik seperti ditampilkan pada gambar 4.9 yaitu grafik daya reaktif panel LVMDP.



Gambar 4.9 Grafik Daya Reaktif pada LVMDP

Berdasarkan tabel 4.7 dan gambar 4.9 diketahui daya reaktif pada panel LVMDP. Pada tabel 4.7 nilai maksimum ditandai warna merah dan nilai minimum ditandai warna biru. Daya reaktif maksimum fasa R sebesar 3,647 kVAR pada pukul 19.00 WIB, fasa T sebesar 22,457 kVAR pada pukul 17.30 WIB, dan fasa S sebesar 1,105 kVAR pada pukul 06.00 WIB. Daya reaktif minimum fasa R sebesar 1,922 kVAR, fasa T dan fasa

S terjadi pada pukul 04.30 WIB, fasa T sebesar 1,11 kVAR dan fasa S sebesar 0,508 kVAR.

#### 4.2.8 Daya Semu [kVA]

Berikut hasil pengukuran daya semu panel LVMDP pada hari libur. Hasil pengukuran daya semu disajikan pada tabel 4.8 dan gambar grafik 4.10

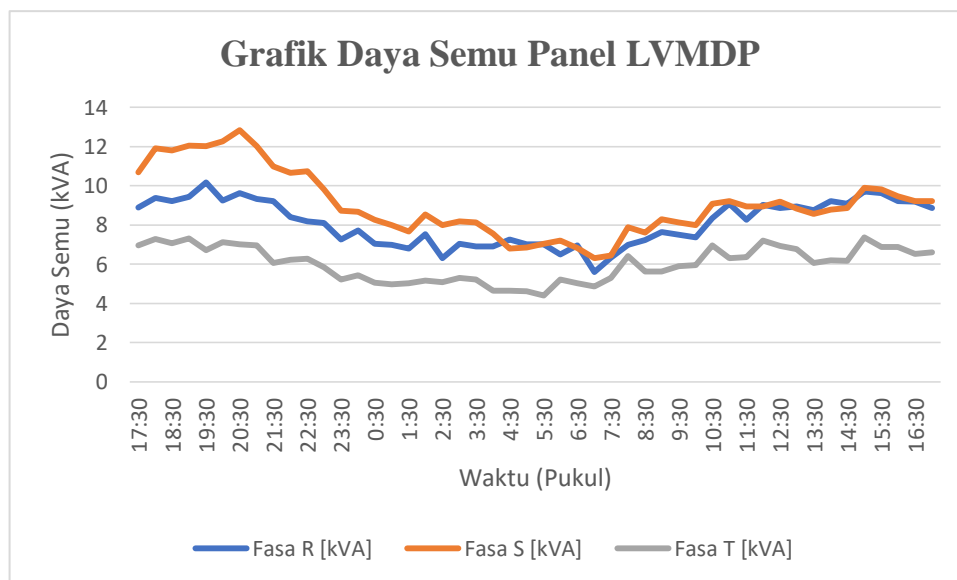
Tabel 4.8 Daya Semu Panel LVMDP

Waktu	Fasa R [kVA]	Fasa S [kVA]	Fasa T [kVA]
17:30	8,878	10,69	6,966
18:00	9,386	11,909	7,286
18:30	9,205	11,801	7,055
19:00	9,425	12,051	7,313
19:30	10,161	12,006	6,709
20:00	9,254	12,255	7,112
20:30	9,612	12,839	7,014
21:00	9,324	12,019	6,953
21:30	9,218	10,968	6,055
22:00	8,407	10,651	6,233
22:30	8,184	10,75	6,274
23:00	8,085	9,821	5,854
23:30	7,244	8,711	5,219
0:00	7,715	8,669	5,439
0:30	7,043	8,262	5,05
1:00	6,995	8	4,984
1:30	6,794	7,652	5,036
2:00	7,538	8,524	5,156
2:30	6,295	8	5,085
3:00	7,025	8,174	5,306
3:30	6,914	8,129	5,22
4:00	6,91	7,563	4,636
4:30	7,251	6,79	4,64
5:00	7,005	6,86	4,618
5:30	6,998	7,05	4,41
6:00	6,5	7,196	5,213
6:30	6,966	6,823	5,024
7:00	5,601	6,314	4,861
7:30	6,329	6,433	5,285
8:00	6,972	7,894	6,405
8:30	7,236	7,617	5,616
9:00	7,639	8,299	5,626
9:30	7,492	8,13	5,901

Tabel 4.8 Daya Semu Panel LVMDP

Waktu	Fasa R [kVA]	Fasa S [kVA]	Fasa T [kVA]
10:00	7,373	7,981	5,953
10:30	8,338	9,084	6,962
11:00	9,078	9,209	6,308
11:30	8,262	8,933	6,365
12:00	9,011	8,936	7,19
12:30	8,849	9,174	6,92
13:00	8,946	8,821	6,776
13:30	8,758	8,564	6,051
14:00	9,202	8,767	6,195
14:30	9,067	8,854	6,161
15:00	9,714	9,881	7,367
15:30	9,63	9,806	6,878
16:00	9,223	9,468	6,879
16:30	9,179	9,226	6,53
17:00	8,872	9,211	6,611

Berdasarkan tabel 4.8 maka diperoleh grafik seperti ditampilkan pada gambar 4.10 yaitu grafik daya semu panel LVMDP pada hari libur



Gambar 4.10 Grafik Daya Semu pada LVMDP

Berdasarkan tabel 4.8 dan gambar 4.10 diketahui daya semu pada panel LVMDP. Pada tabel 4.8 nilai maksimum ditandai warna merah dan nilai minimum ditandai warna biru. Daya semu maksimum fasa R sebesar 10,161 kVA pada pukul 19.30 WIB, fasa S sebesar 12,839 kVA pada

pukul 20.30 WIB, dan fasa T sebesar 7,367 kVA pada pukul 15.00 WIB. Sedangkan untuk daya semu minimum fasa R dan S terjadi pada pukul 07.00 WIB fasa R sebesar 5,601 kVA dan fasa S sebesar 6,314 kVA, sedangkan fasa T sebesar 4,41 kVA pada pukul 05.30 WIB.

#### 4.2.9 Faktor Daya

Berikut hasil pengukuran faktor daya panel LVMDP pada hari libur. Hasil pengukuran faktor daya disajikan pada tabel 4.9 dan gambar grafik 4.11

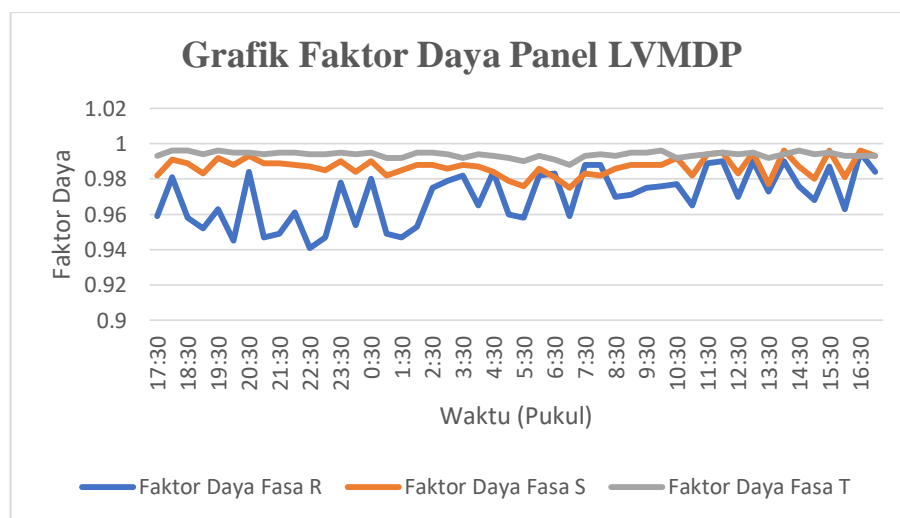
Tabel 4.9 Faktor Daya Panel LVMDP

Waktu	Faktor Daya Fasa R	Faktor Daya Fasa S	Faktor Daya Fasa T
17:30	0,959	0,982	0,993
18:00	0,981	0,991	0,996
18:30	0,958	0,989	0,996
19:00	0,952	0,983	0,994
19:30	0,963	0,992	0,996
20:00	0,945	0,988	0,995
20:30	0,984	0,993	0,995
21:00	0,947	0,989	0,994
21:30	0,949	0,989	0,995
22:00	0,961	0,988	0,995
22:30	0,941	0,987	0,994
23:00	0,947	0,985	0,994
23:30	0,978	0,99	0,995
0:00	0,954	0,984	0,994
0:30	0,98	0,99	0,995
1:00	0,949	0,982	0,992
1:30	0,947	0,985	0,992
2:00	0,953	0,988	0,995
2:30	0,975	0,988	0,995
3:00	0,979	0,986	0,994
3:30	0,982	0,988	0,992
4:00	0,965	0,987	0,994
4:30	0,984	0,984	0,993
5:00	0,96	0,979	0,992
5:30	0,958	0,976	0,99
6:00	0,982	0,986	0,993
6:30	0,983	0,981	0,991
7:00	0,959	0,975	0,988
7:30	0,988	0,983	0,993

Tabel 4.9 Faktor Daya Panel LVMDP

Waktu	Faktor Daya Fasa R	Faktor Daya Fasa S	Faktor Daya Fasa T
8:00	0,988	0,982	0,994
8:30	0,97	0,986	0,993
9:00	0,971	0,988	0,995
9:30	0,975	0,988	0,995
10:00	0,976	0,988	0,996
10:30	0,977	0,992	0,992
11:00	0,965	0,982	0,993
11:30	0,989	0,994	0,994
12:00	0,99	0,995	0,995
12:30	0,97	0,983	0,994
13:00	0,99	0,995	0,995
13:30	0,973	0,977	0,992
14:00	0,99	0,996	0,994
14:30	0,976	0,987	0,996
15:00	0,968	0,98	0,994
15:30	0,987	0,996	0,995
16:00	0,963	0,981	0,993
16:30	0,995	0,996	0,993

Berdasarkan tabel 4.9 maka diperoleh grafik seperti ditampilkan pada gambar 4.11 yaitu grafik arus panel LVMDP



Gambar 4.11 Grafik Faktor Daya pada LVMDP

Berdasarkan tabel 4.9 dan gambar 4.11 diketahui Faktor daya pada panel LVMDP. Pada tabel 4.9 nilai maksimum ditandai warna merah dan

nilai minimum ditandai warna biru. Faktor daya maksimum pada fasa R sebesar 0,995 yang mencapai nilai maksimum pukul 16.30 WIB, pada fasa S sebesar 0,996 pada pukul 14.00, 15.30, dan 16.30 WIB sedangkan fasa T sebesar 0,996 pada pukul 18.00, 18.30, 19.30, 10.00, dan 14.30 WIB. Faktor daya minimum pada fasa R sebesar 0,941 pukul 22.30 WIB, fasa S sebesar 0,975, dan fasa T sebesar 0,988 pada pukul 07.00 WIB. Sesuai kebijakan dari PT. PLN (Persero) selaku penyedia daya listrik memberikan batasan terhadap nilai faktor daya, untuk bangunan gedung diberi batas sebesar 0,85. Apabila nilai faktor daya rata-rata berada di bawah batas angka tersebut maka dikenakan denda penalti dari PT. PLN (Persero). Maka dengan hasil pengukuran faktor daya pada panel LVMDP saat kondisi maksimum atau minimum dalam kategori baik karena nilai faktor daya masih di atas standar yang ditetapkan PT. PLN (persero) yaitu 0,85.

#### 4.2.10 Unbalance Voltage

Berikut hasil pengukuran *Unbalance Voltage* panel LVMDP pada hari libur. Hasil pengukuran *Unbalance Voltage* dengan satuan [%] disajikan pada tabel 4.10 dan gambar grafik 4.12.

Tabel 4.10 Unbalance Voltage panel LVMDP

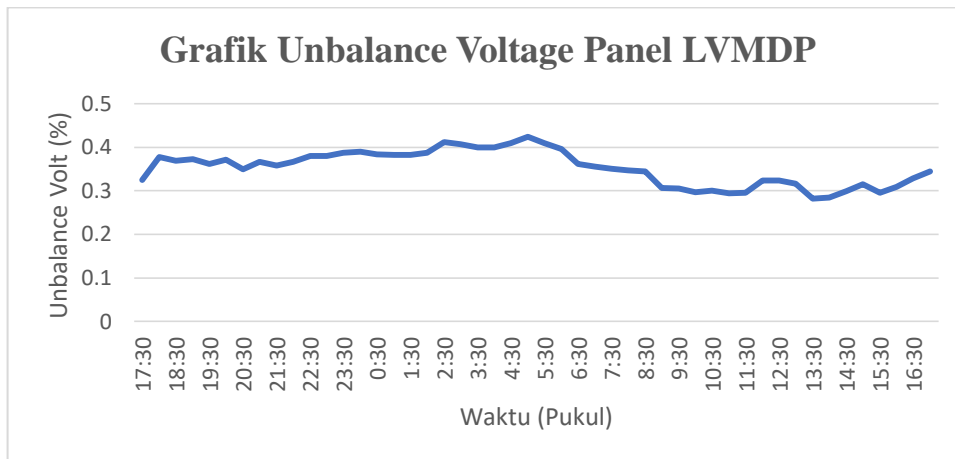
<b>Waktu</b>	<b><i>Unbalance Voltage</i> [%]</b>
17:30	0,325
18:00	0,377
18:30	0,369
19:00	0,373
19:30	0,361
20:00	0,371
20:30	0,349
21:00	0,367
21:30	0,358
22:00	0,366
22:30	0,38
23:00	0,38
23:30	0,387
0:00	0,39
0:30	0,384
1:00	0,383
1:30	0,382

Tabel 4.10 Unbalance Voltage panel LVMDP

<b>Waktu</b>	<b><i>Unbalance Voltage</i> [%]</b>
2:00	0,387
2:30	0,412
3:00	0,407
3:30	0,399
4:00	0,399
4:30	0,409
5:00	0,424
5:30	0,409
6:00	0,396
6:30	0,362
7:00	0,355
7:30	0,35
8:00	0,347
8:30	0,344
9:00	0,306
9:30	0,305
10:00	0,297
10:30	0,3
11:00	0,294
11:30	0,295
12:00	0,324
12:30	0,323
13:00	0,316
13:30	0,282
14:00	0,285
14:30	0,299
15:00	0,315
15:30	0,295
16:00	0,309
16:30	0,328
17:00	0,345

Berdasarkan tabel 4.10 maka diperoleh grafik seperti ditampilkan pada gambar 4.12 yaitu grafik *Unbalance Voltage* panel LVMDP.





Gambar 4.12 Grafik *Unbalance Voltage* pada LVMDP

Berdasarkan tabel 4.10 dan gambar 4.12 diketahui *Unbalance Voltage* pada panel LVMDP. Pada tabel 4.10 nilai maksimum ditandai warna merah dan nilai minimum ditandai warna biro. *Unbalance Voltage* maksimum sebesar 0,421 % yang mencapai nilai tersebut pada pukul 05.00 WIB. *Unbalance Volatage* minimum sebesar 0,282 % pada pukul 13.30 WIB. Sesuai standar ANSI C84.1-1995 ketidak seimbangan tegangan sistem tidak boleh melebihi 3 % pada saat tidak dibebani dan maksimum 6 % pada saat kondisi dibebani (ANSI C84-1995). Hasil pengukuran *Unbalance Volatage* pada panel LVMDP dikondisi berbeban maupun tidak berbeban masih dalam kondisi baik, karena nilai *Unbalance Volatage* masih di bawah standar yang ditetapkan ANSI C84.1-1995.

#### 4.2.11 Unbalance Arus

Berikut hasil pengukuran *Unbalance Arus* panel LVMDP pada hari libur. Hasil pengukuran *Unbalance Arus* dengan satuan [%] disajikan pada tabel 4.11 dan gambar grafik 4.13.

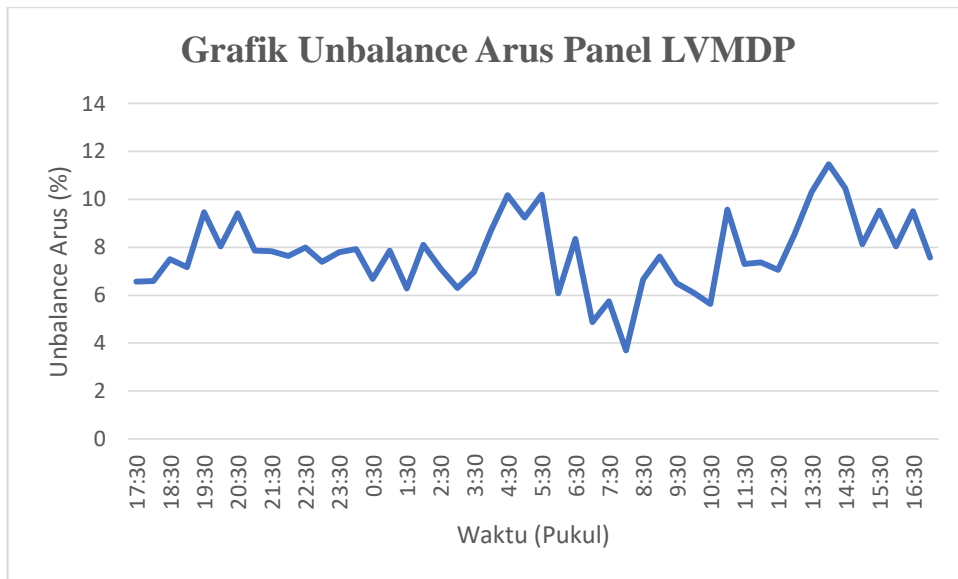
Tabel 4.11 *Unbalance Arus* Panel LVMDP

Waktu	<i>Unbalance Arus</i> [%]
17:30	6,561
18:00	6,599
18:30	7,495
19:00	7,161
19:30	9,467
20:00	8,026

Tabel 4.11 *Unbalance* Arus Panel LVMDP

<b>Waktu</b>	<b><i>Unbalance</i> Arus [%]</b>
20:30	9,418
21:00	7,851
21:30	7,836
22:00	7,637
22:30	7,996
23:00	7,389
23:30	7,801
0:00	7,918
0:30	6,684
1:00	7,85
1:30	6,272
2:00	8,107
2:30	7,135
3:00	6,3
3:30	6,961
4:00	8,708
4:30	10,173
5:00	9,239
5:30	10,201
6:00	6,073
6:30	8,339
7:00	4,885
7:30	5,747
8:00	3,708
8:30	6,663
9:00	7,619
9:30	6,503
10:00	6,108
10:30	5,643
11:00	9,571
11:30	7,297
12:00	7,367
12:30	7,048
13:00	8,544
13:30	10,297
14:00	11,464
14:30	10,453
15:00	8,131
15:30	9,526
16:00	8,035
16:30	9,498

Berdasarkan tabel 4.11 maka diperoleh grafik seperti ditampilkan pada gambar 4.13 yaitu grafik *Unbalance Arus* panel LVMDP.



Gambar 4.13 Grafik Unbalance Arus pada LVMDP

Berdasarkan tabel 4.11 dan gambar 4.13 diketahui *Unbalance Arus* pada panel LVMDP. Pada tabel 4.11 nilai maksimum ditandai warna merah dan nilai minimum ditandai warna biru. *Unbalance Arus* maksimum sebesar 11,464 % pada pukul 14.00 WIB sedangkan nilai minimumnya sebesar 3,708 % pada pukul 08.00 WIB. Sesuai standar ANSI C84.1-1995 ketidak seimbangan arus dikatakan baik apabila nilai *Unbalance arus*  $\leq 20$  %. Hasil pengukuran *Unbalance arus* pada panel LVMDP dengan nilai maksimum atau minimum masih dalam kondisi baik, karena masih berada di bawah batas yang ditetapkan ANSI yaitu  $\leq 20$  %.

Dari hasil pengukuran LVMDP pada hari libur, maka dengan menggunakan nilai maksimum dan minimum parameter-parameter di atas dapat disajikan nilai maksimum pada tabel 4.12 dan nilai minimum pada tabel 4.13 sebagai berikut :

Tabel 4.12 Nilai Maksimum Hasil Pengukuran LVMDP

No.	Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Netral	Standar	Keterangan
1	Frekuensi [Hz]	50,3				50,5	Baik
2	Tegangan L- N [Volt]	237,963	239,464	239,182	--	241,5	Baik
3	THD Tegangan [%]	4,067	3,48	3,889	--	$\leq 5\%$	Baik
4	Arus [Ampere]	43,32	54,57	31,5	42,75	seimbang	Kurang Baik
5	THD Arus [%]	22,16	20,92	16,141	--	$\leq 12\%$	Kurang Baik
6	Daya Aktif [kW]	11,305	14,217	9,161	--	--	Baik
7	Daya Reaktif [kVAR]	3,647	2,457	1,105	--	--	Baik
8	Daya Semu [kVA]	10,161	12,839	7,367	--	--	Baik
9	Faktor Daya	0,995	0,996	0,996	--	0,85	Baik
10	<i>Unbalance Voltage</i> [%]	0,424				$\leq 6\%$	Baik
11	<i>Unbalance Arus</i> [%]	11,464				$\leq 20\%$	Baik

Berdasarkan hasil pada tabel 4.12 nilai maksimal berdasarkan pengukuran pada panel LVMDP pada hari kerja dapat disimpulkan bahwa kualitas daya yang terukur yang dapat dikategorikan baik adalah Frekuensi, Tegangan, THD Tegangan, Daya Aktif, Daya Reaktif, Daya Semu, Faktor Daya, *Unbalance Voltage*, *Unbalance Arus*. Dari parameter-parameter tersebut dapat dikategorikan

baik karena tidak melebihi standar yang telah ditetapkan. Sedangkan kualitas daya yang terukur yang dapat dikatakan kurang baik adalah Arus dan THD Arus parameter-parameter tersebut dikategorikan kurang baik karena pada parameter arus terjadi ketidak seimbangan dan pada THD Arus melebihi standar yang telah ditetapkan.

Tabel 4.13 Nilai Minimum Hasil Pengukuran LVMDP





No.	Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Netral	Standar	Keterangan
1	Frekuensi [Hz]	50,042				49,5	Baik
2	Tegangan L- N [Volt]	231,781	232,961	232,502	--	207	Baik
3	THD Tegangan [%]	2,237	1,993	2,121	--	$\leq 5\%$	Baik
4	Arus [Ampere]	24,14	26,97	18,78	26,2	seimbang	Kurang Baik
5	THD Arus [%]	9,72	8,55	8,509	--	$\leq 12\%$	Baik
6	Daya Aktif [kW]	7,359	7,796	6,045	--	--	Baik
7	Daya Reaktif [kVAR]	1,922	1,11	0,508	--	--	Baik
8	Daya Semu [kVA]	5,601	6,314	4,41	--	--	Baik
9	Faktor Daya	0,941	0,975	0,988	--	0,85	Baik
10	<i>Unbalance Voltage</i> [%]	0,282				$\leq 6\%$	Baik
11	<i>Unbalance Arus</i> [%]	3,708				$\leq 20\%$	Baik

Berdasarkan hasil pada tabel 4.13 nilai berdasarkan pengukuran pada panel LVMDP pada hari kerja dapat disimpulkan bahwa kualitas daya yang terukur yang dapat dikategorikan baik adalah Frekuensi, Tegangan, THD Tegangan, THD Arus, Daya Aktif, daya Reaktif, Daya Semu, Faktor Daya, Unbalance Voltage, Unbalance Arus. Dari parameter-parameter tersebut dapat dikategorikan baik karena tidak melebihi standar yang sudah ditetapkan. Sedangkan kualitas daya terukur yang kurang baik adalah Arus, parameter ini dikategorikan kurang baik karena pada Arus terdapat ketidak seimbangan.

### **4.3 Mencari *Power Losses* Akibat Harmonisa dan Ketidakseimbangan Beban.**

#### **4.3.1 Besar Ukuran Hambatan pada Penghantar**

Besar hambatan kabel sangat menentukan dalam mencari *Power Losses*. Sesuai dengan penghantar yang digunakan pada RSPAU Dr. S Hardjolukito Yogyakarta dari Transformator ke *Main Distribution Panel* (MDP) menggunakan ukuran penghantar setiap fasa dan netral menggunakan kabel dengan luas penampang 120 mm<sup>2</sup>. Jenis kabel NYY dengan luas penampang 120 mm<sup>2</sup> dengan panjang kabel 1 Kilometer (km) memiliki hambatan 0,153 Ohm ( $\Omega$ ) . Jarak dari transformator ke *Main Distribution Panel* (MDP) menggunakan kabel dengan dengan panjang 15 meter. Jadi hambatan kabel NYY dengan luas penampang 120 mm<sup>2</sup> dan panjang 15 meter memiliki hambatan 0,002295 Ohm ( $\Omega$ ).

CHARACTERISTICS							
No of. Core	Size	Resistance at 20°C		Current Carrying Capacity at 30°C		Short Circuit Current at 1 sec.	AC Voltage Test
		Conductor	Insulation	In Ground	In Air		
				 / 	 / 		
-	mm <sup>2</sup>	Ohm / km	M. Ohm.km	Amper	Amper	KA	KV / 5 min
1	1,5	12,1	50	33	26	0,17	3,5
1	2,5	7,41	50	45	35	0,29	3,5
1	4	4,61	50	58	46	0,46	3,5
1	6	3,08	40	74	58	0,70	3,5
1	10	1,83	30	98	80	1,16	3,5
1	16	1,15	30	129 / 132	105 / 107	1,86	3,5
1	25	0,727	30	169 / 172	140 / 143	2,91	3,5
1	35	0,524	20	210 / 214	175 / 179	4,07	3,5
1	50	0,387	20	250 / 255	215 / 219	5,81	3,5
1	70	0,268	20	310 / 316	270 / 275	8,14	3,5
1	95	0,193	20	375 / 383	335 / 342	11,05	3,5
1	120	0,153	20	425 / 434	390 / 398	13,95	3,5
1	150	0,124	20	480 / 490	445 / 454	17,44	3,5
1	185	0,0991	20	550 / 561	510 / 520	21,51	3,5
1	240	0,0754	20	640 / 653	620 / 632	27,91	3,5
1	300	0,0601	20	730 / 745	710 / 724	34,88	3,5
1	400	0,0470	20	855 / 872	850 / 867	46,51	3,5
1	500	0,0366	20	990 / 1010	1000 / 1020	58,14	3,5

Gambar 4.14 Karakteristik Kelistrikan Kabel NYY

### 4.3.2 Nilai Ordo Harmonisa pada Panel LVMDP

Tabel 4.14 Nilai Ordo Harmonisa

No.	Orde	Fasa R [Ampere]	Fasa S [Ampere]	Fasa T [Ampere]	Netral [Ampere]
1	1	52,36	65,84	41,70	63,83
2	3	6,174	6,358	4,283	24,53
3	5	4,935	6,985	5,264	8,129
4	7	3,418	4,656	3,055	4,295
5	9	4,729	2,790	1,646	11,570
6	11	4,041	3,749	2,492	3,144
7	13	5,732	4,265	3,677	3,077
8	15	3,216	2,624	1,614	4,511

Tabel 4.14 Nilai Ordo Harmonisa

No.	Orde	Fasa R [Ampere]	Fasa S [Ampere]	Fasa T [Ampere]	Netral [Ampere]
9	17	2,649	2,111	1,754	2,607
10	19	2,356	2,954	2,878	2,467
11	21	2.060	1,475	1.400	3,193
12	23	1,808	1,046	0,785	1,669
13	25	1,374	1,047	0.850	1,425
14	27	1,199	0,829	1,058	1,805
15	29	1,098	0,636	0,581	1,344
16	31	0,842	0,679	0,565	1,075
17	33	0,765	0.680	0,612	0,954
18	35	0,686	0,731	0,686	0,785
19	37	0,579	0,645	0,624	0,801
20	39	0,502	0,496	0.490	0,673
21	41	0.440	0,566	0,387	0,686
22	43	0,431	0.630	0,339	0,528
23	45	0,436	0,596	0,383	0,539
24	47	0,413	0,589	0,375	0,481
25	49	0,399	0,495	0.380	0,405

### 4.3.3 Mencari *Power Losses* pada tiap fasa (R,S,T) dan Netral

Untuk mencari *Power Losses* pada tiap fasa dan netral menggunakan rumus:

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

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



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

$$\Delta P_N = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times I_{k_N}^2 (W) - \text{Power Losses Netral}$$

Perhitungan mencari *Power Losses* fasa R

$$\Delta P_R = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times I_{k_R}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta P_R = & (0,002295 \times 52,36^2) + (0,002295 \times 6,174^2) + (0,002295 \times 4,935^2) \\ & + (0,002295 \times 3,418^2) + (0,002295 \times 4,729^2) \\ & + (0,002295 \times 4,041^2) + (0,002295 \times 5,732^2) \\ & + (0,002295 \times 3,126^2) + (0,002295 \times 2,649^2) \\ & + (0,002295 \times 2,356^2) + (0,002295 \times 2,060^2) \\ & + (0,002295 \times 1,808^2) + (0,002295 \times 1,374^2) \\ & + (0,002295 \times 1,199^2) + (0,002295 \times 1,098^2) \\ & + (0,002295 \times 0,842^2) + (0,002295 \times 0,765^2) \\ & + (0,002295 \times 0,686^2) + (0,002295 \times 0,579^2) \\ & + (0,002295 \times 0,502^2) + (0,002295 \times 0,440^2) \\ & + (0,002295 \times 0,431^2) + (0,002295 \times 0,436^2) \\ & + (0,002295 \times 0,413^2) + (0,002295 \times 0,399^2) \end{aligned}$$

$$= 6,71266 \text{ Watt}$$

Berdasarkan dari perhitungan di atas diperoleh nilai *Power Losses* atau beban rugi-rugi daya pada fasa R adalah sebesar 6,71266 Watt.

Perhitungan mencari *Power Losses* fasa S

$$\Delta P_S = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times I_{k_S}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta P_S &= (0,002295 \times 65,84^2) + (0,002295 \times 6,358^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 6,985^2) + (0,002295 \times 4,656^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 2,790^2) + (0,002295 \times 3,749^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 4,265^2) + (0,002295 \times 2,624^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 2,111^2) + (0,002295 \times 2,954^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 1,475^2) + (0,002295 \times 1,046^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 1,047^2) + (0,002295 \times 0,829^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 0,636^2) + (0,002295 \times 0,679^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 0,680^2) + (0,002295 \times 0,731^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 0,645^2) + (0,002295 \times 0,496^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 0,566^2) + (0,002295 \times 0,630^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 0,596^2) + (0,002295 \times 0,589^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 0,495^2) \end{aligned}$$

$$= 10,36224 \text{ Watt}$$

Berdasarkan dari perhitungan di atas diperoleh nilai *Power Losses* atau beban rugi-rugi daya pada fasa S adalah sebesar 10,36224 Watt

Perhitungan mencari *Power Losses* fasa T

$$\Delta P_T = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times I_{kT}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta P_T = & (0,002295 \times 41,70^2) + (0,002295 \times 4,283) + (0,002295 \times 5,264^2) \\ & + (0,002295 \times 3,055^2) + (0,002295 \times 1,646^2) \\ & + (0,002295 \times 2,492^2) + (0,002295 \times 3,677^2) \\ & + (0,002295 \times 1,614^2) + (0,002295 \times 1,754^2) \\ & + (0,002295 \times 2,878^2) + (0,002295 \times 1,400^2) \\ & + (0,002295 \times 0,785^2) + (0,002295 \times 0,850^2) \\ & + (0,002295 \times 1,058^2) + (0,002295 \times 0,581^2) \\ & + (0,002295 \times 0,565^2) + (0,002295 \times 0,612^2) \\ & + (0,002295 \times 0,686^2) + (0,002295 \times 0,624^2) \\ & + (0,002295 \times 0,490^2) + (0,002295 \times 0,387^2) \\ & + (0,002295 \times 0,339^2) + (0,002295 \times 0,383^2) \\ & + (0,002295 \times 0,375^2) + (0,002295 \times 0,380^2) \end{aligned}$$

$$= 4,21804 \text{ Watt}$$

Berdasarkan dari perhitungan di atas diperoleh nilai *Power Losses* atau beban rugi-rugi daya pada fasa T adalah sebesar 4,21804 Watt.

Perhitungan mencari *Power Losses* Netral

$$\Delta P_N = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times I_{k_N}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta P_N &= (0,002295 \times 63,83^2) + (0,002295 \times 24,53^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 8,129^2) + (0,002295 \times 4,295^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 11,570^2) + (0,002295 \times 3,144^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 3,077^2) + (0,002295 \times 4,511^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 2,607^2) + (0,002295 \times 2,467^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 3,193^2) + (0,002295 \times 1,669^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 1,425^2) + (0,002295 \times 1,805^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 1,344^2) + (0,002295 \times 1,075^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 0,954^2) + (0,002295 \times 0,785^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 0,801^2) + (0,002295 \times 0,673^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 0,686^2) + (0,002295 \times 0,528^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 0,539^2) + (0,002295 \times 0,481^2) \\ &\quad + (0,002295 \times 0,405^2) \end{aligned}$$

$$= 11,41132 \text{ Watt}$$

Berdasarkan dari perhitungan di atas diperoleh nilai *Power Losses* atau beban rugi-rugi daya pada Netral adalah sebesar 11,41132 Watt.

Nilai total *Power Losses* akibat ketidakseimbangan beban dan harmonisa pada setiap fasa (R, S, T) dan Netral disajikan pada tabel 4.15 sebagai berikut :

Tabel 4.15 Nilai Total *Power Losses* akibat ketidakseimbangan Beban dan Harmonisa

Fasa R (Watt)	Fasa S (Watt)	Fasa T (Watt)	Netral (Watt)	Total (Watt)
6,71266	10,36224	3,21804	11,31132	31,60426

#### 4.3.4 Perhitungan Besar Kerugian Akibat Ketidakseimbangan Beban dan Harmonisa

##### A. Menghitung Tarif Dasar Listrik Gedung RSPAU Dr. S Hardjolukito Yogyakarta

RSPAU Dr. S Hardjolukito Yogyakarta dalam pembayaran tarif tenaga listriknya termasuk dalam golongan tarif S-3 yaitu tarif dasar listrik untuk pelayanan sosial yang bersifat komersial dengan batas daya diatas 200 KVA. Biaya yang ada pada golongan ini ada dua macam, yaitu biaya Waktu Beban Puncak (WBP) dan biaya Luar Waktu Beban Puncak (LWBP). Berikut adalah perhitungan WBP dan LWBP :

##### a. Biaya Waktu Beban Puncak (WBP)

Waktu beban puncak dari PLN setiap harinya pukul 18:00 – 22:00. Bila dihitung maka waktu beban puncak selama 5 jam.

$$\text{Biaya WBP} = K \times P \times 735$$

$$\text{Biaya WBP} = 1,4 \times 1,3 \times 735$$

$$\text{Biaya WBP} = \text{Rp. } 1.338 \text{ per } - \text{Kwh}$$

##### b. Luar Biaya Waktu Beban Puncak (LWBP)

Luar waktu beban puncak dari PLN setiap harinya pukul 23:00 – 17:00 Bila dihitung maka luar waktu beban puncak selama 19 jam.

$$\text{Biaya WBP} = P \times 735$$

$$\text{Biaya WBP} = 1,3 \times 735$$

$$\text{Biaya WBP} = \text{Rp. } 956 \text{ per } - \text{Kwh}$$

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

P = Faktor pengali untuk pembeda antara S-3 bersifat sosial murni dengan S-3 bersifat sosial komersial

- Untuk pelanggan S-3 yang bersifat sosial murni P = 1

- Untuk pelanggan S-3 yang bersifat sosial komersial P = 1,3

c. Perhitungan Biaya Rata-Rata

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Rata - rata} &= \frac{(WBP \times 5) + (LWBP \times 19)}{24} \\
 &= \frac{(1.338 \times 5) + (956 \times 19)}{24} \\
 &= \frac{9.690 + 18.164}{24} \\
 &= \text{Rp. 1036 per - kWh}
 \end{aligned}$$

**B. Perhitungan Kerugian Akibat Ketidakseimbangan Beban dan Harmonisa**

Untuk mengetahui kerugian yang diperoleh oleh konsumen yang disebabkan oleh ketidakseimbangan beban dan harmonisa, maka perlu dicari kerugian per-hari, per-bulan, dan per-tahun. Jika diasumsikan setiap bulan adalah 30 hari, maka kerugian yang diperoleh adalah :

Tabel 4.16 Nilai Kerugian Akibat Ketidakseimbangan Beban dan Harmonisa

Besar Power Losses ( $\Delta P$ ) [kW]	0,03160426
Besar Power Losses perhari ( $\Delta P \times 24$ ) [kW]	0,75850224
Biaya akibat Power Losses perhari ( $\Delta P$ perhari X Rp 1.036)	Rp 785,82
Biaya akibat Power Losses perbulan	Rp 23.574,25
Biaya akibat Power Losses pertahun	Rp 282.890,99

**4.3.5 Memperbaiki Harmonisa dengan Menggunakan Filter Pasif Single Tuned**

Filter Pasif *Single Tuned* berfungsi untuk meredam harmonisa dengan mengalihkan arus harmonisa yang tidak diinginkan pada sistem tenaga listrik. Untuk merancang filter ini maka sebelumnya harus diketahui dulu atau ditemukan dulu permasalahan yang ada pada sistem yang ingin diteliti. Untuk merancang Filter Pasif *Single Tuned*

terlebih dahulu harus diketahui nilai harmonisa tiap orde yang ada pada sistem yang diamati. Rangkaian Filter Pasif *Single Tuned* akan mereduksi nilai harmonisa tiap orde yang melebihi batas standart IEEE yaitu 12 % untuk orde harmonisa kurang dari sama dengan orde ke-11. Berikut data nilai harmonisa maksimum pada orde 3,5,7 dan 9.

Tabel 4.17 Nilai [%] Harmonisa Orde ke 3

Waktu	Fasa R [%]	Fasa S [%]	Fasa T [%]
17.30	13,99	10,19	8,1
18.00	13,64	11,05	---
18.30	13,64	9,75	7,7
19.00	13,34	9,76	7,4
19.30	12,67	9,16	6,9
20.00	14,7	9,29	8,2
20.30	14	13,78	58,8
21.00	15,02	10,36	8,2
21.30	14,75	10,25	8,8
22.00	15,91	10,39	8,4
22.30	16,1	10,36	8,7
23.00	16,32	12,41	8,1
23.30	17,96	67,59	66,1
0.00	16,77	11,89	10,1
0.30	19,19	17,51	10,9
1.00	22,13	16,07	41
1.30	21,11	14,8	11,5
2.00	22,01	13,68	10,2
2.30	24,81	29,32	30,7
3.00	23,85	17,23	33,9
3.30	21,88	20,47	---
4.00	19,09	17,68	12,5
4.30	17,43	33,79	96,2

Tabel 4.17 Nilai [%] Harmonisa Orde ke 3

<b>Waktu</b>	<b>Fasa R [%]</b>	<b>Fasa S [%]</b>	<b>Fasa T [%]</b>
5.00	19,79	28,36	13
5.30	23,07	22,09	17,3
6.00	19,94	15,87	---
6.30	17,88	24,9	145,3
7.00	24,56	19,79	15
7.30	20,16	17,36	11,6
8.00	13,69	29,53	70,5
8.30	12,55	10,57	7,6
9.00	9,94	9,16	7,9
9.30	9,83	8,78	7,9
10.00	9,59	9,05	7,4
10.30	8,9	7,64	6,7
11.00	7,95	6,73	6,6
11.30	9,13	21	18,4
12.00	8,63	6,08	6,6
12.30	8,7	7,17	7
13.00	16,63	11,57	24,5
13.30	7,94	6,49	6,1
14.00	8,08	10,13	19,3
14.30	7,91	7,02	5,9
15.00	7,78	6,02	5,9
15.30	7,76	5,55	5,4
16.00	7,73	5,8	6,2
16.30	10,53	9,87	---
17.00	9,22	8,37	7,8



Tabel 4.18 Nilai [%] Harmonisa Orde ke 5

<b>Waktu</b>	<b>Fasa R [%]</b>	<b>Fasa S [%]</b>	<b>Fasa T [%]</b>
17.30	11,718	13,32	14,7
18.00	11,729	13,46	---
18.30	10,369	12,34	14,7
19.00	10,24	12,62	14,7
19.30	10,53	12,18	15,1
20.00	11,159	12,43	15,4
20.30	10,516	12,41	17,4
21.00	10,273	12,52	15
21.30	11,242	13,31	15,2
22.00	11,066	13,22	14,7
22.30	10,247	12,76	15
23.00	11,343	13,13	15,7
23.30	12,412	29,82	20,1
0.00	11,387	13,97	15,5
0.30	11,34	15	17,5
1.00	13,137	15,72	19,2
1.30	8,885	8,09	9,3
2.00	8,697	7,14	7,6
2.30	10,336	11,04	19,6
3.00	11,241	13,89	16,3
3.30	12,979	22,82	---
4.00	11,801	14,17	18,1
4.30	10,197	11,54	98,4
5.00	13,018	15,27	18
5.30	13,305	14,27	17,8
6.00	14,412	16,61	---
6.30	13,768	18,3	36,9
7.00	16,386	18,72	19

Tabel 4.18 Nilai [%] Harmonisa Orde ke 5

<b>Waktu</b>	<b>Fasa R [%]</b>	<b>Fasa S [%]</b>	<b>Fasa T [%]</b>
7.30	14,634	17,49	17,9
8.00	13,574	15,58	42,2
8.30	12,412	14,88	16,2
9.00	11,006	14,14	15,4
9.30	11,808	13,15	15,1
10.00	11,831	14,07	15,6
10.30	10,961	12,59	13,5
11.00	10,614	12,42	14,9
11.30	11,222	13,52	15,6
12.00	11,259	12,75	14,2
12.30	11,462	12,77	15
13.00	11,111	12,89	15,8
13.30	11,343	12,94	15,4
14.00	11,334	12,77	14,8
14.30	10,767	12,87	14,4
15.00	9,831	11,64	13
15.30	9,608	11,1	13
16.00	9,292	11,05	13,2
16.30	9,946	11,41	---
17.00	10,166	11,83	14

Tabel 4.19 Nilai [%] Harmonisa Orde ke 7

<b>Waktu</b>	<b>Fasa R [%]</b>	<b>Fasa S [%]</b>	<b>Fasa T [%]</b>
17.30	7,911	9,66	9,3
18.00	7,836	9,96	---
18.30	7,419	8,54	8,8
19.00	7,385	8,38	8,3
19.30	6,882	8,68	9,1

Tabel 4.19 Nilai [%] Harmonisa Orde ke 7

<b>Waktu</b>	<b>Fasa R [%]</b>	<b>Fasa S [%]</b>	<b>Fasa T [%]</b>
20.00	7,573	8,34	8,1
20.30	7,817	7,44	17,7
21.00	9,077	8,94	9,9
21.30	7,486	8,62	10,2
22.00	8,509	8,73	9,3
22.30	9,006	8,35	10
23.00	9,287	10,19	11
23.30	10,274	15,86	13,1
0.00	11,076	10,42	10,5
0.30	8,377	9,68	12,7
1.00	9,449	12,23	14,7
1.30	4,748	4,31	3,5
2.00	4,448	3,47	3,2
2.30	9,199	14,62	10,9
3.00	9,25	10,98	10,8
3.30	11,195	17,47	---
4.00	9,007	10,98	11,7
4.30	4,332	8,16	70,2
5.00	10,835	13,24	12,9
5.30	9,716	12,21	13
6.00	11,094	13,51	---
6.30	11,197	16,04	37,9
7.00	13,084	15,76	13,1
7.30	12,782	14,88	14,3
8.00	10,463	20,95	24,6
8.30	10,644	11,58	11,2
9.00	8,754	10,88	11,9
9.30	8,85	9,99	11,4

Tabel 4.19 Nilai [%] Harmonisa Orde ke 7

<b>Waktu</b>	<b>Fasa R [%]</b>	<b>Fasa S [%]</b>	<b>Fasa T [%]</b>
10.00	8,858	11,82	11,3
10.30	8,27	9,52	9,2
11.00	6,972	8,92	10,6
11.30	7,892	9,47	12,6
12.00	7,049	9,17	8,9
12.30	7,487	9,68	9,5
13.00	7,465	9,25	10,7
13.30	7,649	9,43	11,2
14.00	7,925	9,47	12,2
14.30	7,681	10,12	10,7
15.00	6,48	8,82	8,9
15.30	6,715	8,53	9,8
16.00	6,296	8,48	9,7
16.30	6,504	8,6	---
17.00	6,824	9,28	9,6

Tabel 4.20 Nilai [%] Harmonisa Orde ke 9

<b>Waktu</b>	<b>Fasa R [%]</b>	<b>Fasa S [%]</b>	<b>Fasa T [%]</b>
17.30	5,193	5,24	4,1
18.00	6,509	5,68	---
18.30	5,633	4,48	3,6
19.00	5,328	4,5	3
19.30	5,164	4,97	3,5
20.00	6,037	4,76	3,1
20.30	10,788	4,46	13,7
21.00	6,816	5,2	3,7
21.30	5,721	5,26	3,9
22.00	6,223	5,4	3,9

Tabel 4.20 Nilai [%] Harmonisa Orde ke 9

Waktu	Fasa R [%]	Fasa S [%]	Fasa T [%]
22.30	6,183	5,24	3,8
23.00	6,733	6,73	4,5
23.30	9,725	18,47	7,3
0.00	7,538	6,36	3,7
0.30	7,437	7,56	4,4
1.00	11,889	7,74	6,2
1.30	8,166	6,8	4,5
2.00	8,725	5,99	4,1
2.30	10,168	7,1	9,9
3.00	9,84	7,64	7,3
3.30	8,507	15,76	---
4.00	7,059	7,9	4,3
4.30	8,236	9,85	45,5
5.00	7,508	9,9	5,9
5.30	8,804	9,43	7,7
6.00	9,507	9,23	---
6.30	6,671	10,11	26,3
7.00	10,88	10,53	6,2
7.30	8,812	8,58	5,7
8.00	8,945	21,02	19,3
8.30	5,43	6,47	3,8
9.00	4,172	5,52	3,9
9.30	3,904	4,89	3,6
10.00	4,469	5,8	3,5
10.30	3,659	4,64	2,7
11.00	3,274	4,43	3,8
11.30	5,497	8,03	6,9
12.00	3,267	4,57	2,6

Tabel 4.20 Nilai [%] Harmonisa Orde ke 9

Waktu	Fasa R [%]	Fasa S [%]	Fasa T [%]
12.30	3,357	5,29	2,9
13.00	5,357	4,67	6,3
13.30	3,629	4,7	3,8
14.00	4,908	6,76	6,7
14.30	3,51	5	3,5
15.00	2,726	4,41	2,6
15.30	3,053	3,85	3
16.00	2,767	4,01	3,1
16.30	5,835	4,15	---
17.00	3,172	4,98	3,3

Tabel 4.21 Harmonisa Maksimum Ordo 3

Orde 3 Maksimum	
Fasa	Harmonisa (%)
Fasa R	24,81
Fasa S	67,59
Fasa T	145,3

Tabel 4.22 Harmonisa Maksimum Orde 5

Orde 5 Maksimum	
Fasa	Harmonisa (%)
Fasa R	16,386
Fasa S	29,82
Fasa T	98,4

Tabel 4.23 Harmonisa Makmur Orde 7

Orde 7 Maksimum	
Fasa	Harmonisa (%)
Fasa R	13,084
Fasa S	20,95
Fasa T	70,2

Tabel 4.24 Harmonisa Maksimum Orde 9

Orde 9 Maksimum	
Fasa	Harmonisa (%)
Fasa R	11,889
Fasa S	21,02
Fasa T	45,5

Berdasarkan tabel harmonisa tiap orde yang ditampilkan pada setiap tabel dapat diketahui bahwa nilai harmonisa pada orde disetiap fasa melebihi standar yaitu 12 %. Maka dari keempat orde diambil nilai harmonisa yang paling tinggi yaitu pada orde ke-3 fasa T yaitu 145,3 %. Kemudian dicari nilai Filter Pasif *Single Tuned* pada orde ke-3. Maka nilai filternya adalah :

#### 1. Spesifikasi Resistor

Diketahui nilai maksimum arus harmonisa pada orde ke-3 yaitu 6,358 Ampere, dan tegangan kerja pada panel yaitu 380 V.

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{380 \text{ V}}{6.358 \text{ A}}$$

$$R = 59,77 \Omega$$

$$P = V \times I$$

$$P = 380 \text{ V} \times 6,358 \text{ A}$$

$$P = 2416,04 \text{ Watt}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui, nilai resistor yang digunakan yaitu  $59,77 \Omega$  dan rating daya nya yaitu  $2416,04 \text{ watt}$ .

2. Q Faktor :

Diketahui nilai Q faktor yaitu 30-100. Maka nilai yang diilih 30.

$$X_L = X_C = X_n$$

$$Q = \frac{X_n}{R}$$

$$X_n = Q \times R$$

$$X_n = 30 \times 59,77$$

$$X_n = 1793,1 \Omega$$

3. Spesifikasi Induktor :

Frekuensi *tunning* pada harmonisa ke-3 yaitu  $150 \text{ Hz}$ . Namun agar kerja filter mencapai peforma maksimal, diberi nilai toleransi sehingga frekuensi *tunning* yaitu  $145 \text{ Hz}$ .

$$X_L = \omega L$$

$$L = \frac{1793,1}{2 \times 3,14 \times 145}$$

$$L = 1,97 \text{ H}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui, nilai induktor yang digunakan yaitu  $1,97 \text{ H}$  dan rating arusnya yaitu  $6,358 \text{ A}$ .

4. Spesifikasi Kapasitor:

Frekuensi *tunning* pada harmonisa orde ke-3 yaitu  $150 \text{ Hz}$ . Namun agar kerja filter mencapai peforma maksimal, diberi nilai toleransi sehingga frekuensi *tunning* yaitu  $145 \text{ Hz}$ .

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$C = \frac{1}{\omega X_C}$$

$$C = \frac{1}{(2 \times 3,14 \times 145)1793,1}$$

$$C = 6,12 \times 10^{-7} \text{ F}$$



Dari perhitungan diatas dapat diketahui, nilai kapasitor yang digunakan yaitu  $6,124 \times 10^{-7}$  F.

Maka diperoleh spesifikasi Filter Pasif *Single Tuned* untuk mereduksi harmonisa pada orde ke-3 sebagai berikut:

Tabel 4.25 Spesifikasi Filter Pasif Single Tuned untuk Orde ke-3

<b>Filter Pasif <i>Single Tuned</i> orde ke-3</b>	
<b>Keterangan</b>	<b>Ukuran Spesifikasi</b>
$X_c = X_L$	1793,1 $\Omega$
R	59,77 $\Omega$
P	2416,04 Watt
L	1,97 H
C	$6,12 \times 10^{-7}$ F

Pemasangan Filter *Pasif Single Tuned* ini dipasang di dekat daya listrik, hal ini dimaksudkan untuk mencegah harmonisa menuju sumber. Ada tiga teori yang dapat digunakan dalam pemasangan filter, yaitu *Global Compensation* dimana filter dipasang pada panel utama yang mencakup keseluruhan instalasi sistem, *Compensation by swctor* dimana filter dipasang pada panel pembagian yang lebih dekat dengan beban, *Compensation of Individual Loads* dimana filter dipasang tepat sebelum beban yang akan direduksi. Dalam hal ini, untuk Gedung RSPAU Dr. S Hardjolukito Yogyakarta maka Filter *Pasif Single Tuned* dipasang dengan sistem *Global Compensation* dimana filter dipasang pada panel utama yang mencakup keseluruhan instalasi sistem yaitu pada *outgoing* trafo.

#### **4.3.6 Memperbaiki Harmonisa dengan Menggunakan Filter *Active Harmonic Filter***

Salah satu upaya untuk meminimalisasi atau mengurangi harmonisa selain menggunakan Filter *Pasif Single Tuned* yaitu dengan penggunaan filter aktif. Untuk merancang filter ini maka sebelumnya

harus diketahui dulu atau ditemukan dulu permasalahan yang ada pada sistem yang ingin diteliti, salah satunya harus diketahui nilai THDi (THD Arus) pada sistem yang diamati. Penggunaan filter aktif digunakan untuk mengkompensasi sebuah rangkaian yang terdistorsi harmonik dari beban non-linear yang berubah ubah. Sebuah filter aktif dapat diimplementasikan ketika harmonik yang terjadi pada sebuah orde berubah. Perubahan harmonik di tiap orde dikarenakan perubahan jumlah beban non-linear yang mengeluarkan arus harmonik berubah tiap beberapa saat. Sehingga filter ini cocok untuk menanggulangi harmonik pada suatu sistem kelistrikan sebuah gedung dengan beban yang tidak stabil. Berikut data nilai THDi (THD Arus) Panel LVMDP.

Tabel 4.27 THD Arus (Ampere) Panel LVMDP

Waktu	THD fasa R [A]	THD Fasa S [A]	THD Fasa T [A]
17:30	5,722	6,209	3,554
18:00	5,742	6,197	3,379
18:30	5,806	6,045	3,273
19:00	5,959	6,22	3,51
19:30	6,135	6,222	3,125
20:00	6,085	6,237	3,524
20:30	5,97	6,413	3,449
21:00	5,824	5,955	3,319
21:30	5,911	5,998	2,869
22:00	5,786	5,822	2,814
22:30	5,749	5,806	3,122
23:00	5,833	5,749	2,766
23:30	5,638	5,28	2,637
0:00	5,606	5,123	2,579
0:30	5,552	5,155	2,654
1:00	5,661	5,208	2,6
1:30	5,625	5,136	2,814
2:00	5,638	5,215	2,495
2:30	5,611	5,174	2,693
3:00	5,704	5,394	2,8
3:30	5,721	5,713	2,966
4:00	5,549	5,212	2,538
4:30	5,427	5,26	2,579
5:00	5,743	5,517	2,618
5:30	6,157	5,767	2,611
6:00	5,277	5,208	3,058

Tabel 4.27 THD Arus (Ampere) Panel LVMDP

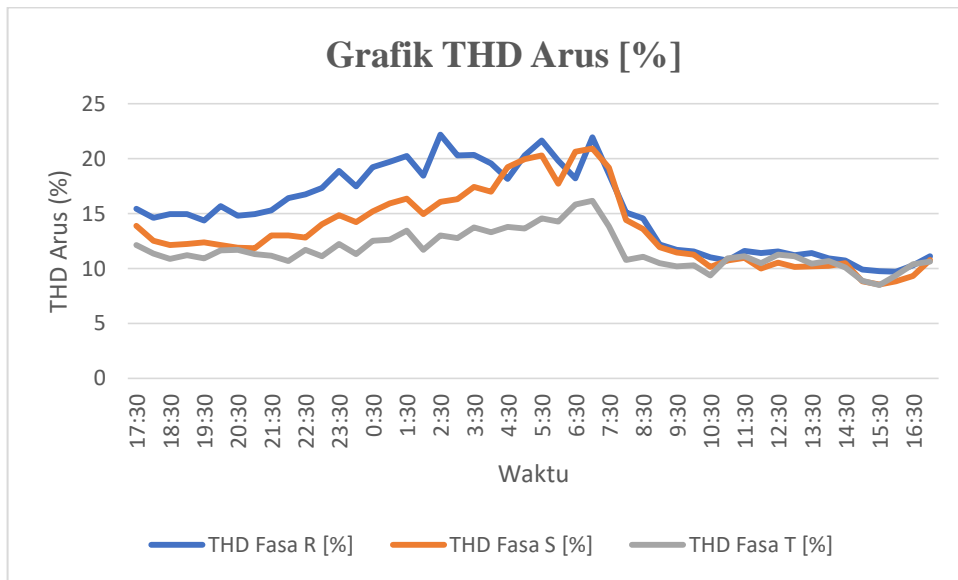
Waktu	THD fasa R [A]	THD Fasa S [A]	THD Fasa T [A]
6:30	5,229	5,68	3,212
7:00	5,002	5,461	3,291
7:30	4,865	5,097	3,051
8:00	4,417	4,744	2,862
8:30	4,43	4,378	2,656
9:00	3,965	4,207	2,531
9:30	3,735	3,965	2,566
10:00	3,653	3,829	2,649
10:30	3,908	3,92	2,802
11:00	4,121	4,179	2,937
11:30	4,023	4,106	2,97
12:00	4,339	3,771	3,2
12:30	4,305	4,069	3,296
13:00	4,258	3,79	3,171
13:30	4,281	3,753	2,736
14:00	4,301	3,846	2,794
14:30	4,142	3,93	2,679
15:00	4,089	3,697	2,806
15:30	4,012	3,56	2,49
16:00	3,821	3,562	2,747
16:30	3,998	3,619	2,836
17:00	4,14	4,172	2,952

Tabel 4.28 THD Arus (%) Panel LVMDP

Waktu	THD fasa R [%]	THD Fasa S [%]	THD Fasa T [%]
17:30	15,41	13,86	12,13
18:00	14,61	12,53	11,365
18:30	14,95	12,15	10,885
19:00	14,94	12,22	11,231
19:30	14,35	12,35	10,921
20:00	15,68	12,15	11,658
20:30	14,79	11,87	11,689
21:00	14,94	11,84	11,288
21:30	15,28	13	11,142
22:00	16,42	13,02	10,655
22:30	16,73	12,83	11,676
23:00	17,35	14,01	11,129
23:30	18,86	14,86	12,245
0:00	17,45	14,22	11,327
0:30	19,21	15,17	12,503
1:00	19,72	15,92	12,633
1:30	20,23	16,34	13,443

Tabel 4.28 THD Arus (%) Panel LVMDP

Waktu	THD fasa R[%]	THD Fasa S [%]	THD Fasa T [%]
2:00	18,43	14,95	11,711
2:30	22,16	16,04	13,007
3:00	20,3	16,32	12,761
3:30	20,35	17,43	13,729
4:00	19,57	16,98	13,288
4:30	18,15	19,22	13,773
5:00	20,27	19,94	13,633
5:30	21,64	20,27	14,547
6:00	19,81	17,7	14,271
6:30	18,19	20,63	15,83
7:00	21,95	20,92	16,141
7:30	18,58	19,17	13,829
8:00	15,09	14,42	10,773
8:30	14,55	13,6	11,078
9:00	12,18	11,93	10,471
9:30	11,7	11,47	10,17
10:00	11,56	11,27	10,301
10:30	11,01	10,15	9,37
11:00	10,7	10,71	10,925
11:30	11,58	10,98	11,103
12:00	11,38	9,97	10,475
12:30	11,55	10,54	11,242
13:00	11,23	10,14	11,089
13:30	11,39	10,19	10,43
14:00	10,94	10,26	10,653
14:30	10,71	10,48	10,092
15:00	9,9	8,83	8,889
15:30	9,76	8,55	8,509
16:00	9,72	8,84	9,356
16:30	10,3	9,31	10,38
17:00	11,13	10,78	10,623



Gambar 4.15 Grafik THD Arus pada LVMDP

Berdasarkan data yang ditampilkan dari tabel dan grafik THD arus di atas nilai THD arus tertinggi yaitu sebesar 22,16 %. Nilai THD arus pada tabel di atas telah melebihi standar IEEE 519-1992 batas *Total Harmonic Distortion* (THD) arus. Arus padarange 50-100 Ampere, nilai THD arus dikatakan baik apabila hasil pengukuran  $\leq 12$  %.

Berikut adalah analisis untuk menentukan Filter Aktif Harmonik:

Menghitung nilai X menjadi frekuensi arus fundamental

$$I_{RMS} = \sqrt{(1^2 + 0,2419^2)} * X$$

$$1000 = \sqrt{(1^2 + 0,2419^2)} * X$$

$$X = \frac{1000}{\sqrt{(1^2 + 0,2419^2)}}$$

$$X = \frac{1000}{1,02884}$$

$$X = 971,97 A$$

Menghitung nilai *Harmonic current<sub>a</sub>*

$$I_{RMS} = \sqrt{(X^2 + \text{Harmonic Current}_a^2)}$$

$$1000 = \sqrt{(971,97^2 + \text{Harmonic Current}_a^2)}$$

$$971,97^2 + \text{Harmonic Current}_a^2 = 1000^2$$

$$944725,68 + \text{Harmonic Current}_a^2 = 1000000$$

$$\text{Harmonic Current}_a^2 = 1000000 - 944725,68$$

$$\text{Harmonic Current}_a^2 = 55274,32 \text{ A}$$

$$\text{Harmonic current}_a = \sqrt{55274,32} \text{ A}$$

$$\text{Harmonic current}_a = 235,1 \text{ A}$$

Jika nilai THD % = 5 % ( nilai THD ini adalah nilai THD yang ingin kita capai dari penggunaan Iltter aktif ini, karena standar yang sudah ditentukan oleh IEEE 519-1992 yaitu pada range 50 s/d 100 Ampere, nilai THD dkategorikan baik apabila nilai THD ≤ 12 %).

$$I_{RMS} = \sqrt{X^2 + (\text{THD} * X)^2}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{971,97^2 + (5 \% * 971,97)^2}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{(944725,68 + (0,05 * 971,97)^2)}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{(944725,68 + 2361,81)}$$

$$I_{RMS} = 973,18$$

Menghitung nilai *Harmonic current<sub>b</sub>*

$$I_{RMS} = \sqrt{(X^2 + \text{Harmonic Current}_b^2)}$$

$$X^2 + \text{Harmonic Current}_b^2 = I_{RMS}^2$$

$$971,92^2 + \text{Harmonic Current}_b^2 = 973,18^2$$

$$\text{Harmonic Current}_b^2 = 973,18^2 - 971,97^2$$

$$\text{Harmonic Current}_b^2 = 947079,31 - 944725,68$$

$$\text{Harmonic Current}_b^2 = 2353,63 \text{ A}$$

$$\text{Harmonic current}_b = \sqrt{2353,63} \text{ A}$$

$$\text{Harmonic current}_b = 48,51 \text{ A}$$

Dengan demikian dari perhitungan di atas untuk mengurangi THDi (THD arus) ketika masukannya sebesar 22,16 % dan diturunkan menjadi 5 % yang dibutuhkan yaitu :

$$\text{Harmonic current}_a - \text{Harmonic current}_b$$

$$235,1 \text{ A} - 48,51 \text{ A} = 186,59 \text{ A}$$

Jadi untuk mengurangi THD (THD arus) membutuhkan 186,59 Ampere. Setelah diketahui berapa arus yang dibutuhkan maka selanjutnya adalah memilih salah satu ukuran PCS+ Aktif Filter Harmonik untuk mengurangi THDi (THD arus) ke level 5 % akan membutuhkan ukuran berapa sesuai perhitungan di atas. *Schneider Electric* PCS+ Aktif Filter Harmonik tersedia dalam ukuran 60 A, 120 A, 200 A, dan 300 A. Maka dari perhitungan di atas memerlukan *Schneider Electric* PCS+ Aktif Filter Harmonik ukuran 60 A sebanyak 3 unit yang akan dipasang pada panel LVMDP sistem kelistrikan RSPAU Dr. S Hardjolukito Yogyakarta.