

**BAB IV**  
**ANALISIS PANEL MOTOR CONTROL CENTER**  
**UNIVERSITAS AISYIYAH YOGYAKARTA**

**4.1 Pengukuran Keandalan Sistem**

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *MCC (hydrant)* di Universitas Aisyiyah Yogyakarta pada gedung A. Pengukuran dilakukan pada hari minggu ke 2 bulan februari 2019, saat panel hydrant dilakukan perawatan rutin setiap bulannya. Hasil pengukuran ini mencakup tiga kondisi yaitu pada saat sebelum sistem hydrant bekerja, pada saat sistem hydrant bekerja, dan setelah sistem hydrant bekerja. Dengan rentang waktu pukul 08.36 WIB sampai dengan pukul 09.12 WIB. Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant antara lain:

A. Kondisi sistem tidak bekerja (sebelum sistem bekerja)

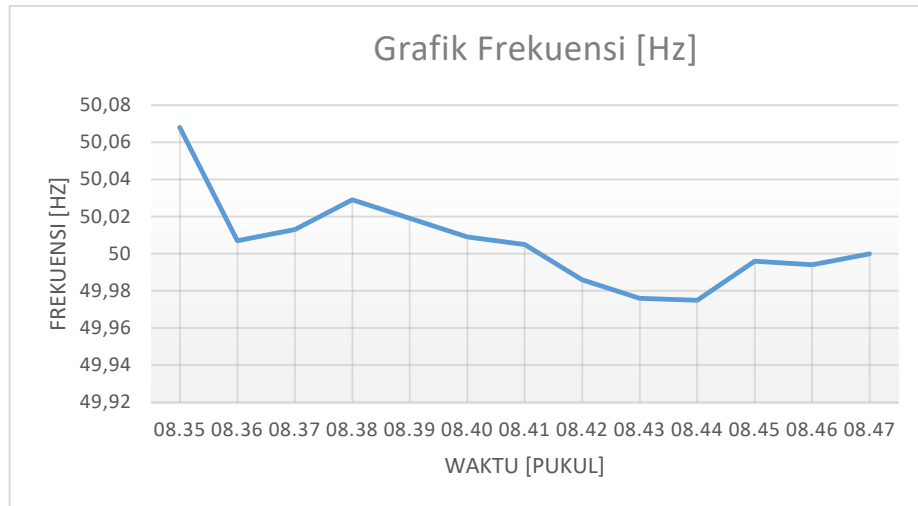
1. Frekuensi

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori frekuensi saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.1 Frekuensi Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

No	Waktu	Frekuensi (Hz)
1	08.35	50,068
2	08.36	50,007
3	08.37	50,013
4	08.38	50,029
5	08.39	50,019
6	08.40	50,009
7	08.41	50,005
8	08.42	49,986
9	08.43	49,976
10	08.44	49,975
11	08.45	49,996
12	08.46	49,994
13	08.47	50,000

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori frekuensi saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.1 Grafik Frekuensi Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem sebelum bekerja menunjukkan nilai frekuensi minimal sebesar 49,975Hz dan nilai frekuensi maksimal sebesar 50,068 Hz. Nilai frekuensi ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut standar peraturan menteri energi dan sumber daya mineral nomor 37 tahun 2008 nilai frekuensi nominal 50 Hz, dan tidak lebih rendah dari 49,5 Hz atau lebih tinggi dari 50,5 Hz.

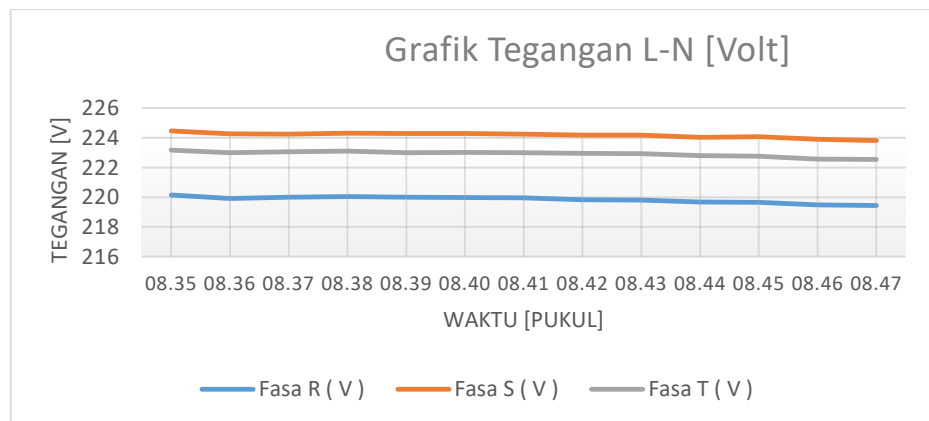
## 2. Tegangan

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori tegangan saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.2 Tegangan Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

No	Waktu	Fasa R ( V )	Fasa S ( V )	Fasa T ( V )
1	08.35	220.16	224.474	223.182
2	08.36	219.918	224.277	223.004
3	08.37	219.994	224.257	223.069
4	08.38	220.047	224.324	223.102
5	08.39	219.999	224.294	223.007
6	08.40	219.983	224.288	223.016
7	08.41	219.96	224.253	223.005
8	08.42	219.821	224.191	222.955
9	08.43	219.803	224.18	222.933
10	08.44	219.685	224.031	222.813
11	08.45	219.652	224.081	222.765
12	08.46	219.482	223.907	222.577
13	08.47	219.445	223.824	222.555

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori tegangan saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.2 Grafik tegangan Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem sebelum bekerja menunjukkan nilai tegangan minimal fasa R dengan Netral sebesar 219.445 V dan nilai maksimalnya sebesar 220.16 V. Sedangkan nilai tegangan minimal fasa S dengan Netral sebesar 223.824 V dan nilai maksimalnya sebesar 224.474 V. Serta nilai tegangan minimal fasa T dengan Netral sebesar 222.555 V dan nilai maksimalnya sebesar 223.182 V. Nilai ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut Peraturan menteri ESDM Nomor 4 Tahun 2009 tentang Aturan Distribusi Tenaga Listrik. Batasan Titik Sambung untuk Tegangan antar fasa yaitu 400 V Volt sedangkan tegangan fasa dengan netral yaitu 230 V merupakan tegangan nominal 400V antar fase dan 230 V fase ke netral. Dengan Batas +5% maksimal antar fasa yaitu 420 Volt sedangkan fasa dengan netral yaitu 241,5 V tegangan minimal -10% antar fasa yaitu 360 Volt sedangkan fasa dengan netral yaitu 207 Volt.

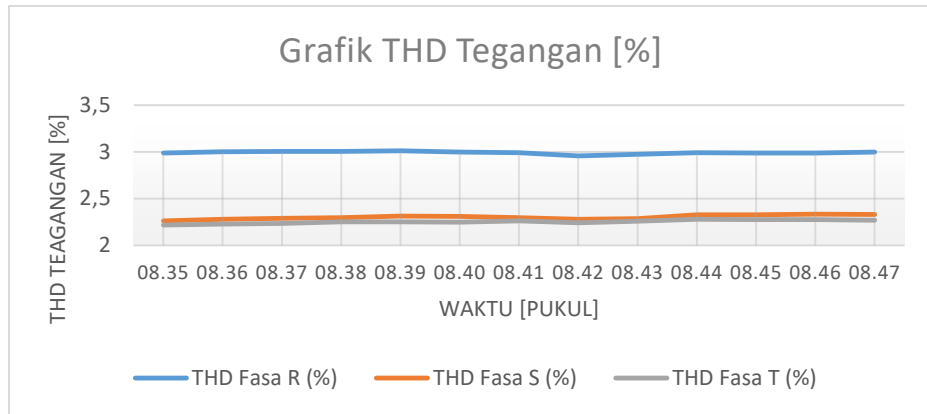
### 3. Total Harmonic Distortion Tegangan

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori *Total Harmonic Distortion* tegangan saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.3 THD tegangan Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

No	waktu	THD Fasa R (%)	THD Fasa S (%)	THD Fasa T (%)
1	08.35	2,986	2,263	2,218
2	08.36	2,999	2,277	2,228
3	08.37	3,005	2,289	2,233
4	08.38	3,005	2,296	2,25
5	08.39	3,01	2,312	2,251
6	08.40	2,996	2,309	2,247
7	08.41	2,992	2,295	2,26
8	08.42	2,956	2,279	2,241
9	08.43	2,973	2,285	2,258
10	08.44	2,99	2,325	2,279
11	08.45	2,988	2,328	2,275
12	08.46	2,988	2,333	2,275
13	08.47	2,996	2,33	2,27

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori *THD* tegangan saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.3 Grafik *THD* tegangan Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem sebelum bekerja menunjukkan nilai *THD* tegangan minimal fasa R sebesar 2,956 % dan nilai maksimalnya sebesar 3,005 %. Sedangkan nilai *THD* tegangan minimal fasa S sebesar 2,263 % dan nilai maksimalnya sebesar 2,328 V. Serta nilai *THD* tegangan minimal fasa T sebesar 2,218 % dan nilai maksimalnya sebesar 2,279 %. Nilai ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut standar IEEE 519-1992 pada dijelaskan bahwa batas *Total Harmonik Distortion* tegangan untuk suplay tegangan  $\leq 69$  kV nilai *THD* dikatakan baik apabila hasil pengukuran  $\leq 5\%$ .

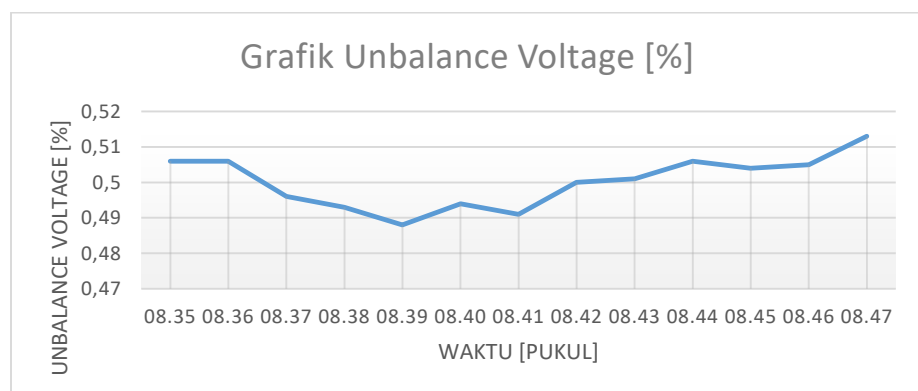
#### 4. Ketidakseimbangan tegangan

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori Ketidakseimbangan tegangan saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.4 Ketidakseimbangan tegangan Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

No	Waktu	Unbalance Voltage ( % )
1	08.35	0,506
2	08.36	0,506
3	08.37	0,496
4	08.38	0,493
5	08.39	0,488
6	08.40	0,494
7	08.41	0,491
8	08.42	0,5
9	08.43	0,501
10	08.44	0,506
11	08.45	0,504
12	08.46	0,505
13	08.47	0,513

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori Ketidakseimbangan tegangan saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.4 Grafik Ketidakseimbangan tegangan Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem sebelum bekerja menunjukkan nilai ketidakseimbangan tegangan minimal sebesar 0,488 % dan nilai frekuensi maksimal sebesar 0,513 %. Nilai ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut standar ANSI C84.1 – 1995 ketidak-seimbangan tegangan sistem tidak boleh melebihi 3% pada saat tidak dibebani, dan maksimal 6 % untuk sistem yang dibebani.

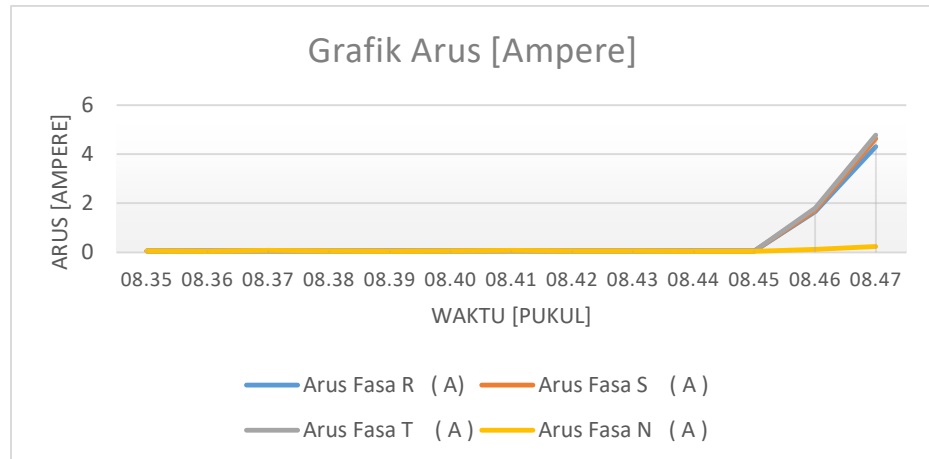
#### 5. Arus

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori arus saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.5 arus Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

No	waktu	Arus Fasa R ( A )	Arus Fasa S ( A )	Arus Fasa T ( A )	Arus Fasa N ( A )
1	08.35	0,06	0,06	0,06	0,05
2	08.36	0,06	0,06	0,06	0,049
3	08.37	0,06	0,06	0,06	0,081
4	08.38	0,06	0,06	0,05	0,058
5	08.39	0,06	0,06	0,06	0,048
6	08.40	0,06	0,06	0,06	0,056
7	08.41	0,06	0,06	0,07	0,08
8	08.42	0,06	0,06	0,06	0,055
9	08.43	0,06	0,06	0,05	0,051
10	08.44	0,05	0,06	0,05	0,048
11	08.45	0,06	0,06	0,06	0,049
12	08.46	1,66	1,71	1,8	0,126
13	08.47	4,31	4,63	4,77	0,239

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori arus saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.5 Grafik arus Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

#### 6. Total Harmonic Distortion Arus

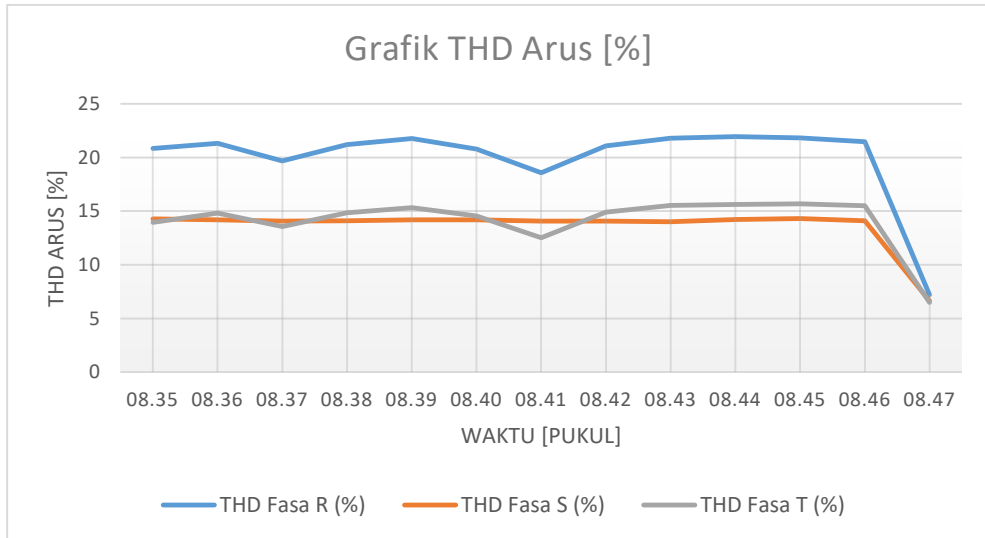
Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori *Total Harmonic Distortion* arus saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.6 THD arus Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

No	waktu	THD Fasa R (%)	THD Fasa S (%)	THD Fasa T (%)
1	08.35	20,83	14,29	13,95
2	08.36	21,32	14,2	14,83
3	08.37	19,68	14,06	13,58
4	08.38	21,2	14,11	14,86
5	08.39	21,77	14,2	15,33
6	08.40	20,79	14,19	14,55
7	08.41	18,59	14,08	12,53
8	08.42	21,07	14,07	14,91
9	08.43	21,81	14,02	15,54
10	08.44	21,95	14,23	15,61
11	08.45	21,84	14,31	15,67
12	08.46	21,47	14,11	15,49
13	08.47	7,21	6,65	6,5



Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori *THD* arus saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.6 Grafik *THD* arus Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant saat kondisi sistem sebelum bekerja menunjukkan nilai *THD* arus minimal fasa R sebesar 7,21 % dan nilai maksimalnya sebesar 21,95 %. Sedangkan nilai *THD* arus minimal fasa S sebesar 6,65 % dan nilai maksimalnya sebesar 14,31 %. Serta nilai *THD* arus minimal fasa T sebesar 6,5 % dan nilai maksimalnya sebesar 15,67 %. Nilai *THD* arus Fasa R dan fasa T tergolong tidak baik atau sistem kurang andal, sedangkan untuk fasa S masih tergolong dalam toleransi dikarenakan menurut standar IEEE 519-1992 untuk suplay tegangan  $\leq 69$  kV dengan arus pada range 100 s/d 1000 Ampere nilai *THD* dikatakan baik apabila hasil pengukurannya  $\leq 15\%$ .

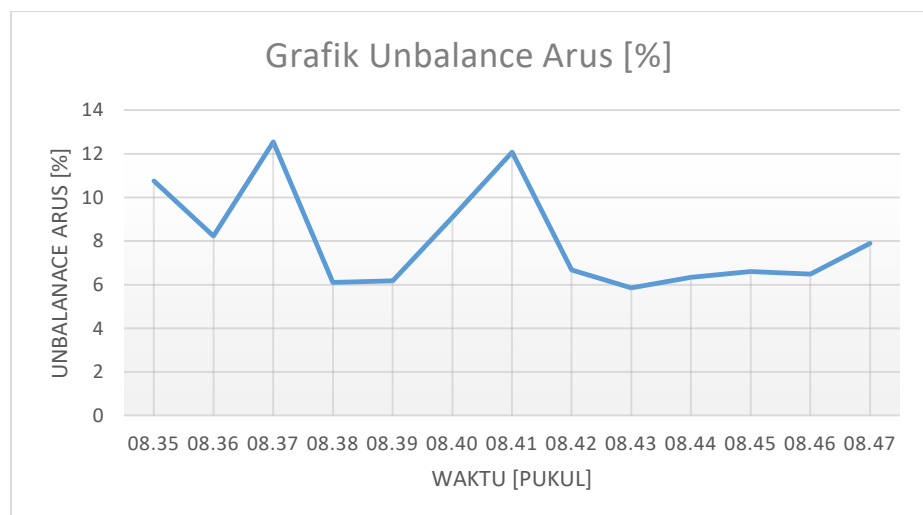
## 7. Ketidakseimbangan arus

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori Ketidakseimbangan arus saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.7 Ketidakseimbangan arus Panel Sebelum Sistem Bekerja

No	Waktu	Unbalance Arus ( % )
1	08.35	10,76
2	08.36	8,23
3	08.37	12,54
4	08.38	6,1
5	08.39	6,18
6	08.40	9,08
7	08.41	12,07
8	08.42	6,67
9	08.43	5,86
10	08.44	6,34
11	08.45	6,61
12	08.46	6,48
13	08.47	7,9

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori Ketidakseimbangan arus saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.7 Grafik Ketidakseimbangan arus Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem sebelum bekerja menunjukkan nilai ketidakseimbangan arus minimal sebesar 6,1 % dan nilai frekuensi maksimal sebesar 12,07 %. Nilai ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut Standar ANSI C84,1-1995 ketidak-seimbangan arus dapat dikatakan baik apabila nilainya  $\leq 20$  %.

#### 8. Daya Aktif

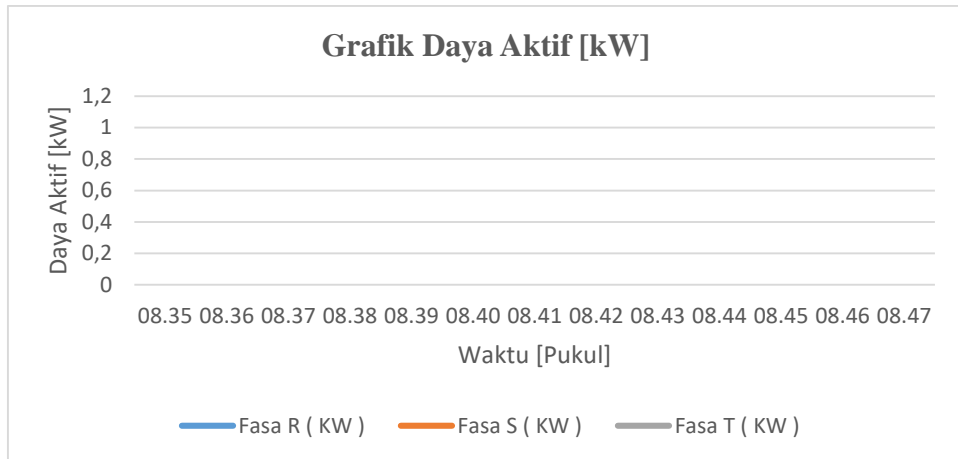
Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori daya aktif saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.8 daya aktif Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

No	Waktu	Fasa R ( KW )	Fasa S ( KW )	Fasa T ( KW )
1	08.35	0	0	0
2	08.36	0	0	0
3	08.37	0	0	0
4	08.38	0	0	0
5	08.39	0	0	0
6	08.40	0	0	0
7	08.41	0	0	0
8	08.42	0	0	0
9	08.43	0	0	0
10	08.44	0	0	0
11	08.45	0	0	0
12	08.46	0	0	0
13	08.47	0	0	0

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem sebelum bekerja menunjukkan nilai pengukuran Daya Aktif sebesar 0 untuk semua rentang waktunya, hal ini dikarenakan tidak adanya usaha listrik yang mengalir dari sumber energi listrik menuju beban motor listrik. Pada Panel Hydrant ini besarnya nilai daya yang diserap tergantung dari besarnya arus kerja motor listrik, dimana semakin besar arus yang mengalir menuju beban maka semakin besar juga daya yang diserap. Daya aktif ini merupakan jumlah energi yang diserap motor listrik untuk dapat dikonversikan menjadi energi gerak.

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori Daya Aktif saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.8 Grafik Daya Aktif Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

#### 9. Daya Reaktif

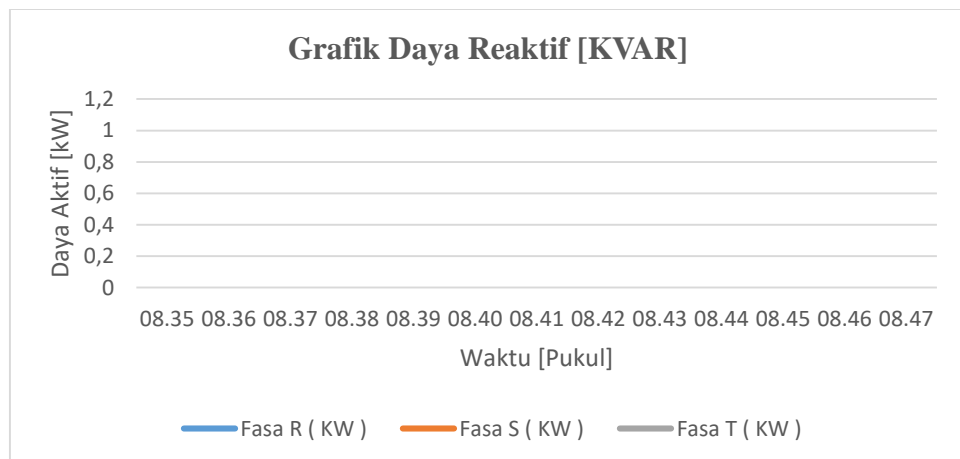
Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori daya reaktif saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.9 daya reaktif Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

No	Waktu	Fasa R ( kvar )	Fasa S ( kvar )	Fasa T ( kvar )
1	08.35	0	0	0
2	08.36	0	0	0
3	08.37	0	0	0
4	08.38	0	0	0
5	08.39	0	0	0
6	08.40	0	0	0
7	08.41	0	0	0
8	08.42	0	0	0
9	08.43	0	0	0
10	08.44	0	0	0
11	08.45	0	0	0
12	08.46	0	0	0
13	08.47	0	0	0

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem sebelum bekerja menunjukkan nilai pengukuran Daya Reaktif sebesar 0 untuk semua rentang waktunya, hal ini dikarenakan tidak adanya usaha listrik yang mengalir dari sumber energi listrik menuju beban motor listrik. Pada Panel Hydrant ini besarnya nilai daya yang diserap tergantung dari besarnya arus kerja motor listrik, dimana semakin besar arus yang mengalir menuju beban maka semakin besar juga daya yang diserap. Daya reaktif ini merupakan jumlah energi yang diserap motor listrik untuk membangkitkan medan magnet pada motor listrik.

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori Daya Reaktif saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.9 Grafik Daya Reaktif Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

## 10. Daya Semu

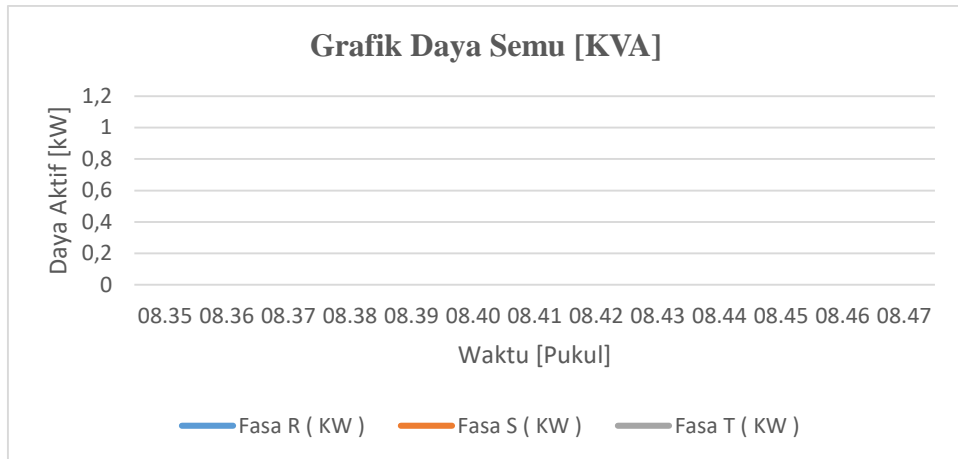
Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori daya semu saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.10 daya semu Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

No	Waktu	Fasa R ( kva )	Fasa S ( kva )	Fasa T ( kva )
1	08.35	0	0	0
2	08.36	0	0	0
3	08.37	0	0	0
4	08.38	0	0	0
5	08.39	0	0	0
6	08.40	0	0	0
7	08.41	0	0	0
8	08.42	0	0	0
9	08.43	0	0	0
10	08.44	0	0	0
11	08.45	0	0	0
12	08.46	0	0	0
13	08.47	0	0	0

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem sebelum bekerja menunjukkan nilai pengukuran Daya Semu sebesar 0 untuk semua rentang waktunya, hal ini dikarenakan tidak adanya usaha listrik yang mengalir dari sumber energi listrik menuju beban motor listrik. Pada Panel Hydrant ini besarnya nilai daya yang diserap tergantung dari besarnya arus kerja motor listrik, dimana semakin besar arus yang mengalir menuju beban maka semakin besar juga daya yang diserap. Daya semu ini merupakan jumlah energi yang diserap motor listrik secara total, dimana nilainya tergantung dari sifat bebannya resistif, induktif atau kapasitif.

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori Daya Semu saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.10 Grafik Daya Semu Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

#### 11. Faktor Daya

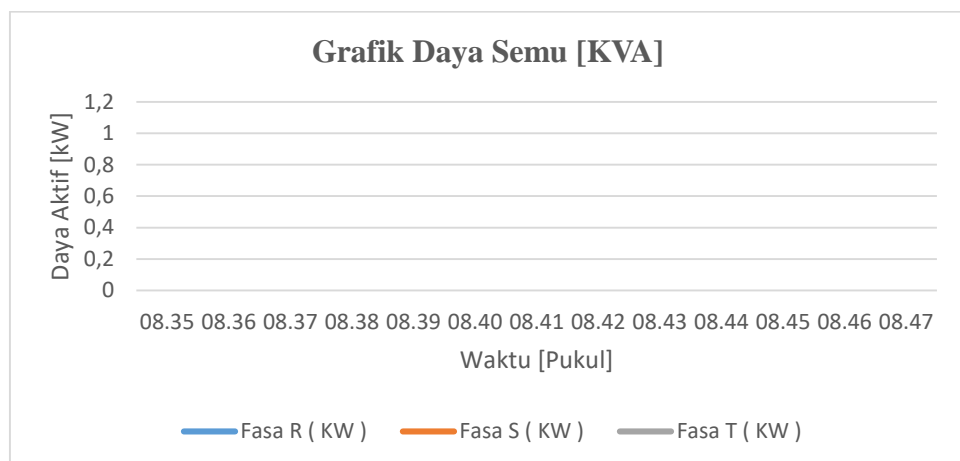
Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori faktor daya saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.11 faktor daya Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

No	Waktu	Faktor Daya Fasa R	Faktor Daya Fasa S	Faktor Daya Fasa T
1	08.35	0	0	0
2	08.36	0	0	0
3	08.37	0	0	0
4	08.38	0	0	0
5	08.39	0	0	0
6	08.40	0	0	0
7	08.41	0	0	0
8	08.42	0	0	0
9	08.43	0	0	0
10	08.44	0	0	0
11	08.45	0	0	0
12	08.46	0	0	0
13	08.47	0	0	0

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem sebelum bekerja menunjukkan nilai pengukuran Faktor daya sebesar 0 untuk semua rentang waktunya, hal ini dikarenakan tidak adanya usaha listrik yang mengalir dari sumber energi listrik menuju beban motor listrik. Pada Panel Hydrant ini besarnya nilai faktor daya yang diserap tergantung dari besarnya arus kerja motor listrik, dimana semakin kecil nilai faktor daya pada suatu sistem maka semakin besar rugi-rugi daya yang ditimbulkan.

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori Faktor Daya saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.11 Grafik Faktor Daya Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja



Agar mempermudah pengamatan data pengukuran panel hydrant pada kondisi sebelum bekerja, dibawah ini merupakan data pengukurannya yang disajikan dengan nilai minimal dan maksimal pada masing-masing parameter jenis keandalan yang diukur, antara lain :

Tabel 4.12 Parameter Keandalan Panel Hydrant Sebelum Bekerja

No	Parameter Keandalan	Nilai Pengukuran		Keterangan
		Min	Max	
1	Frekuensi ( Hz )	49,975	50,068	Dalam toleransi
2	Tegangan Fasa R-N ( V )	219.445	220.16	Dalam toleransi
	Tegangan Fasa S-N ( V )	223.824	224.474	Dalam toleransi
	Tegangan Fasa T-N ( V )	222.555	223.182	Dalam toleransi
3	THD Tegangan Fasa R ( % )	2,956	3,005	Dalam toleransi
	THD Tegangan Fasa S ( % )	2,263	2,328	Dalam toleransi
	THD Tegangan Fasa T ( % )	2,218	2,279	Dalam toleransi
4	Arus Fasa R ( A )	0,05	4,31	Dalam toleransi
	Arus Fasa S ( A )	0,06	4,63	Dalam toleransi
	Arus Fasa T ( A )	0,05	4,77	Dalam toleransi
	Arus Fasa N ( A )	0,048	0,239	Dalam toleransi
5	THD Arus Fasa R ( % )	7,21	21,95	Diluar toleransi
	THD Arus Fasa S ( % )	6,65	14,31	Dalam toleransi
	THD Arus Fasa T ( % )	6,5	15,67	Diluar toleransi
6	Daya Aktif Fasa R ( KW )	0	0	-
	Daya Aktif Fasa S ( KW )	0	0	-
	Daya Aktif Fasa T ( KW )	0	0	-
7	Daya Reaktif Fasa R ( KVAR )	0	0	-
	Daya Reaktif Fasa S ( KVAR )	0	0	-
	Daya Reaktif Fasa T ( KVAR )	0	0	-
8	Daya Semu Fasa R ( KVA )	0	0	-
	Daya Semu Fasa S ( KVA )	0	0	-
	Daya Semu Fasa T ( KVA )	0	0	-
9	Faktor Daya Fasa R	0	0	-
	Faktor Daya Fasa S	0	0	-
	Faktor Daya Fasa T	0	0	-
10	Ketidakeimbangan Tegangan ( % )	0,488	0,513	Dalam toleransi
11	Ketidakeimbangan Arus ( % )	6,1	12,07	Dalam toleransi

Dari data parameter keandalan panel *Hydrant* diatas masih terdapat beberapa parameter yang tidak sesuai dengan standar sehingga perlu dilakukan perbaikan.

## B. Kondisi sistem bekerja

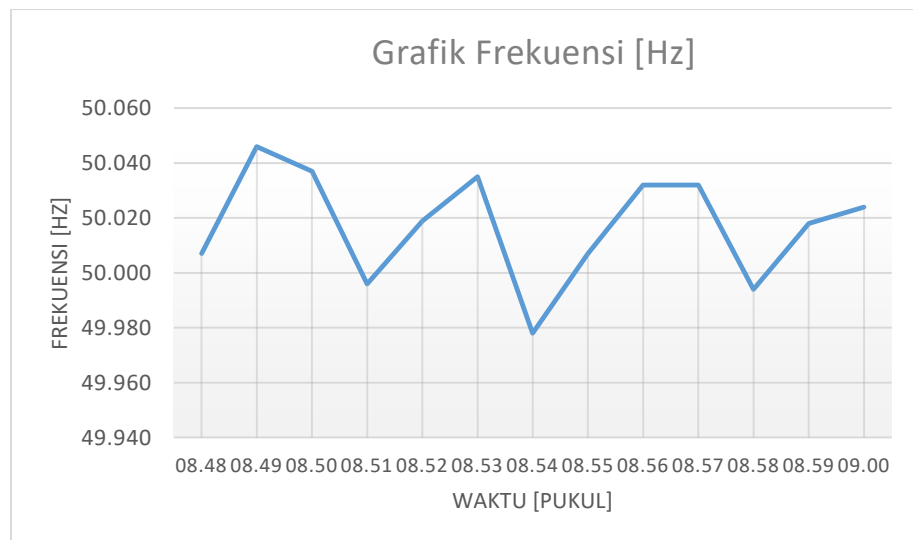
### 1. Frekuensi

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori frekuensi saat sistem bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.13 Frekuensi Panel Hydrant Sistem Bekerja

No	Waktu	Frekuensi (Hz)
1	08.48	50.007
2	08.49	50.046
3	08.50	50.037
4	08.51	49.996
5	08.52	50.019
6	08.53	50.035
7	08.54	49.978
8	08.55	50.007
9	08.56	50.032
10	08.57	50.032
11	08.58	49.994
12	08.59	50.018
13	09.00	50.024

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori frekuensi saat sistem bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.12 Grafik Frekuensi Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem bekerja menunjukkan nilai frekuensi minimal sebesar 49,978Hz dan nilai frekuensi maksimal sebesar 50,046 Hz. Nilai frekuensi ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut standar peraturan menteri energi dan sumber daya mineral nomor 37 tahun 2008 nilai frekuensi nominal 50 Hz, dan tidak lebih rendah dari 49,5 Hz atau lebih tinggi dari 50,5 Hz.

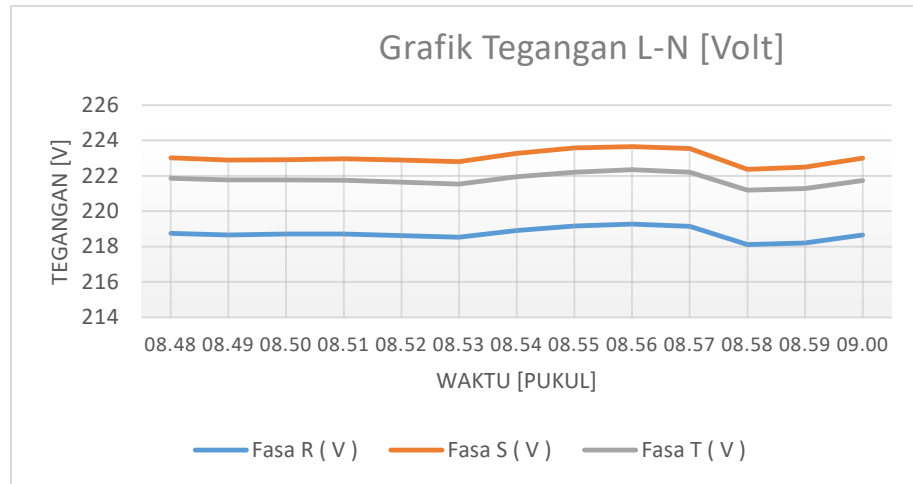
## 2. Tegangan

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori tegangan saat sistem bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.14 tegangan Panel *Hydrant* Sebelum Sistem Bekerja

No	Waktu	Fasa R ( V )	Fasa S ( V )	Fasa T ( V )
1	08.48	218,744	223,025	221,85
2	08.49	218,664	222,884	221,775
3	08.50	218,703	222,912	221,773
4	08.51	218,716	222,964	221,75
5	08.52	218,612	222,89	221,646
6	08.53	218,535	222,803	221,532
7	08.54	218,914	223,265	221,955
8	08.55	219,169	223,568	222,198
9	08.56	219,28	223,65	222,345
10	08.57	219,138	223,538	222,209
11	08.58	218,112	222,364	221,184
12	08.59	218,212	222,489	221,286
13	09.00	218,655	222,997	221,732

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori tegangan saat sistem bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.13 Grafik tegangan Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem bekerja menunjukkan nilai tegangan minimal fasa R dengan Netral sebesar 218,112 V dan nilai maksimalnya sebesar 219,28 V. Sedangkan nilai tegangan minimal fasa S dengan Netral sebesar 222,364 V dan nilai maksimalnya sebesar 223,65 V. Serta nilai tegangan minimal fasa T dengan Netral sebesar 221,184 V dan nilai maksimalnya sebesar 222,345 V.

Nilai frekuensi ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut Peraturan menteri ESDM Nomor 4 Tahun 2009 tentang Aturan Distribusi Tenaga Listrik. Batasan Titik Sambung untuk Konsumen Tegangan antar fasa yaitu 400 V Volt sedangkan tegangan fasa dengan netral yaitu 230 V merupakan tegangan nominal 400V antar fase dan 230 V fase ke netral. Dengan Batas +5% maksimal antar fasa yaitu 420 Volt sedangkan fasa dengan netral yaitu 241,5 V tegangan minimal -10% antar fasa yaitu 360 Volt sedangkan fasa dengan netral yaitu 207 Volt.

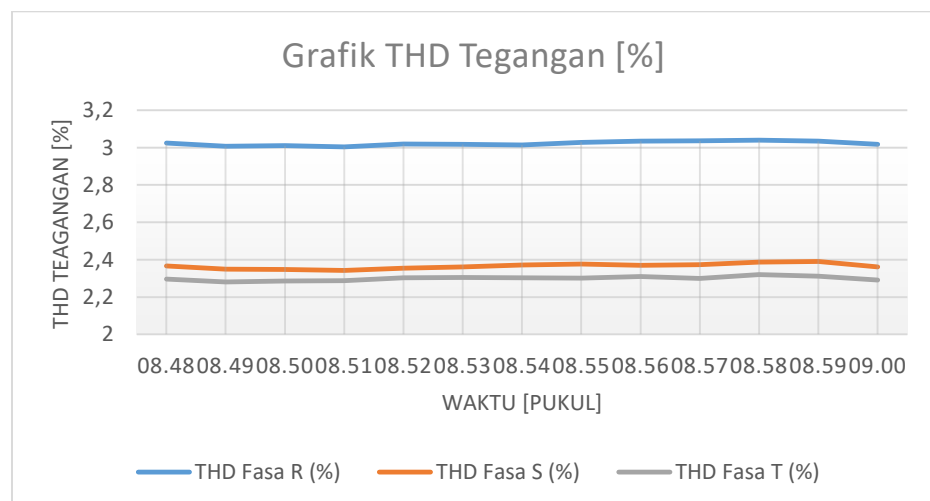
### 3. Total Harmonic Distortion Tegangan

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori *Total Harmonic Distortion* tegangan saat sistem bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.15 *THD* tegangan Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

No	waktu	THD Fasa R (%)	THD Fasa S (%)	THD Fasa T (%)
1	08.48	3,025	2,366	2,296
2	08.49	3,007	2,349	2,281
3	08.50	3,01	2,347	2,286
4	08.51	3,004	2,342	2,288
5	08.52	3,019	2,354	2,303
6	08.53	3,017	2,361	2,305
7	08.54	3,014	2,372	2,303
8	08.55	3,028	2,376	2,301
9	08.56	3,034	2,37	2,31
10	08.57	3,036	2,374	2,299
11	08.58	3,039	2,387	2,321
12	08.59	3,034	2,391	2,312
13	09.00	3,018	2,362	2,291

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori *THD* tegangan saat sistem bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.14 Grafik *THD* tegangan Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem bekerja menunjukkan nilai THD tegangan minimal fasa R sebesar 3,004 % dan nilai maksimalnya sebesar 3,039 %. Sedangkan nilai THD tegangan minimal fasa S sebesar 2,342 % dan nilai maksimalnya sebesar 2,391 V. Serta nilai THD tegangan minimal fasa T sebesar 2,281 % dan nilai maksimalnya sebesar 2,321 %. Nilai ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut standar IEEE 519-1992 pada dijelaskan bahwa batas *Total Harmonik Distortion* tegangan untuk suplay tegangan  $\leq 69$  kV nilai THD dikatakan baik apabila hasil pengukuran  $\leq 5\%$ .

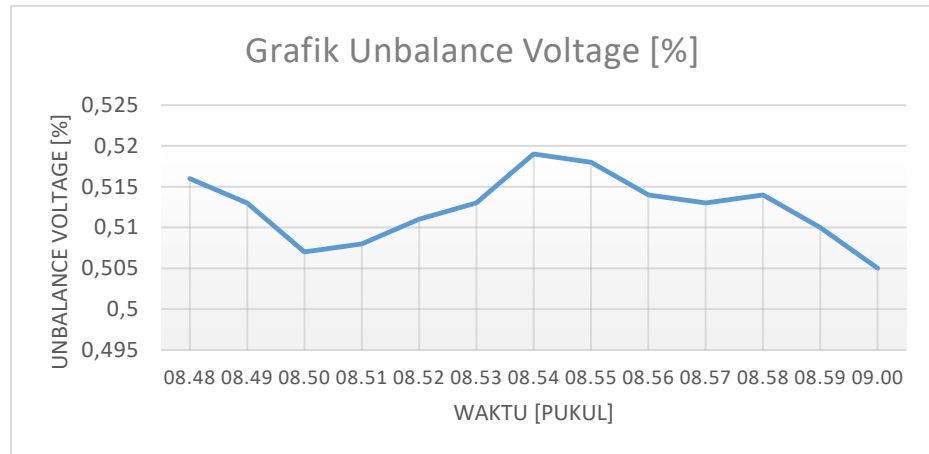
#### 4. Ketidakseimbangan tegangan

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori Ketidakseimbangan tegangan saat sistem bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.16 Ketidakseimbangan tegangan Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

No	Waktu	Unbalance Voltage ( % )
1	08.48	0,516
2	08.49	0,513
3	08.50	0,507
4	08.51	0,508
5	08.52	0,511
6	08.53	0,513
7	08.54	0,519
8	08.55	0,518
9	08.56	0,514
10	08.57	0,513
11	08.58	0,514
12	08.59	0,51
13	09.00	0,505

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori Ketidakseimbangan tegangan saat sistem bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.15 Grafik Ketidakseimbangan tegangan Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem bekerja menunjukkan nilai ketidakseimbangan tegangan minimal sebesar 0,507 % dan nilai frekuensi maksimal sebesar 0,519 %. Nilai ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut standar ANSI C84.1 – 1995 ketidak-seimbangan tegangan sistem tidak boleh melebihi 3% pada saat tidak dibebani, dan maksimal 6 % untuk sistem yang dibebani.

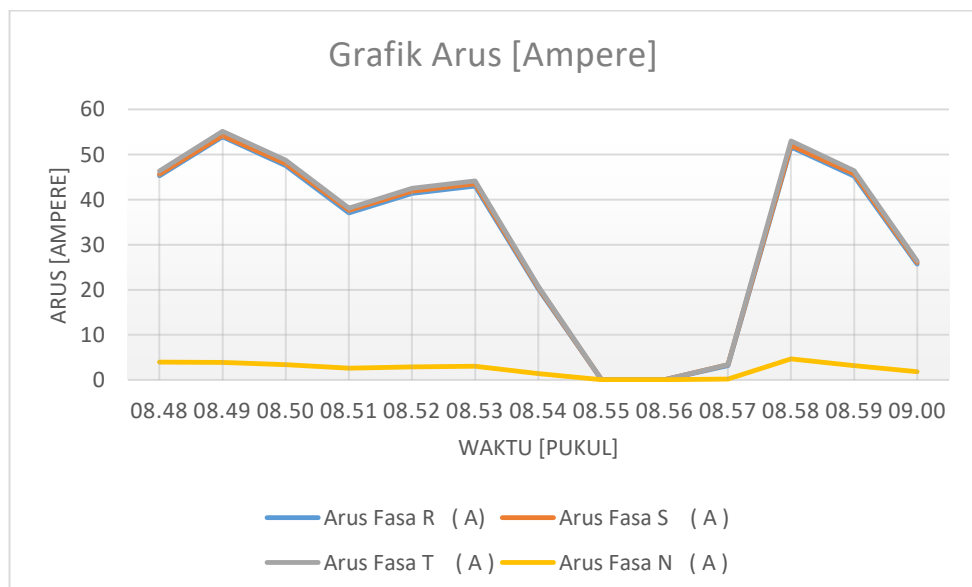
## 5. Arus

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori arus saat sistem bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.17 arus Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

No	waktu	Arus Fasa R ( A )	Arus Fasa S ( A )	Arus Fasa T ( A )	Arus Fasa N ( A )
1	08.48	45,31	45,66	46,36	3,94
2	08.49	53,96	54,26	55,19	3,891
3	08.50	47,58	47,97	48,75	3,401
4	08.51	37,03	37,63	38,13	2,579
5	08.52	41,35	41,88	42,49	2,91
6	08.53	43,02	43,53	44,18	3,038
7	08.54	20,14	20,4	20,7	1,423
8	08.55	0,06	0,06	0,05	0,041
9	08.56	0,06	0,06	0,06	0,052
10	08.57	3,15	3,35	3,4	0,201
11	08.58	51,68	52,04	53,04	4,692
12	08.59	45,24	45,71	46,4	3,2
13	09.00	25,7	26,03	26,4	1,795

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori arus saat sistem bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.16 Grafik arus Panel *Hydrant* Sistem Bekerja



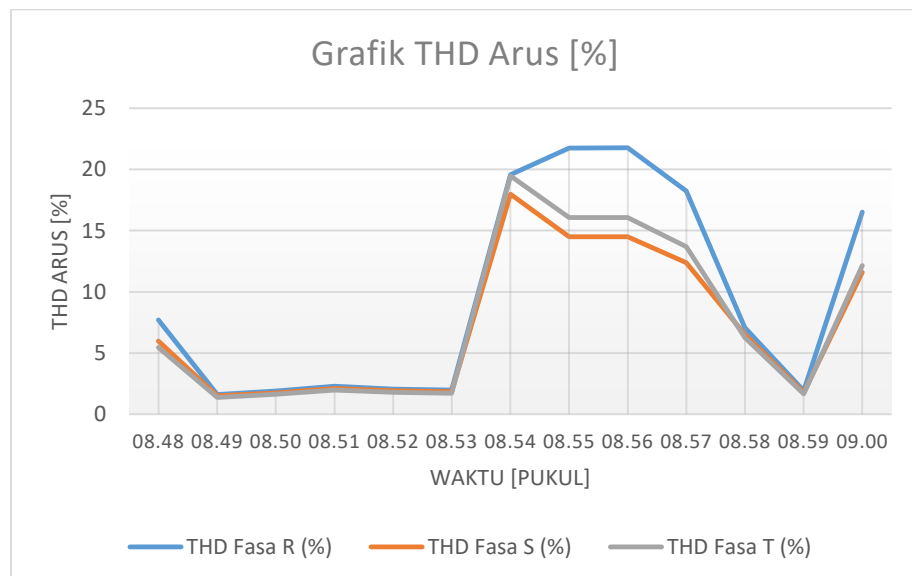
6. *Total Harmonic Distortion Arus*

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori *Total Harmonic Distortion* arus saat sistem bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.18 *THD* arus Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

No	waktu	THD Fasa R (%)	THD Fasa S (%)	THD Fasa T (%)
1	08.48	7,69	5,98	5,44
2	08.49	1,61	1,49	1,37
3	08.50	1,88	1,73	1,62
4	08.51	2,28	2,1	1,97
5	08.52	2,06	1,91	1,79
6	08.53	1,98	1,84	1,72
7	08.54	19,56	17,99	19,48
8	08.55	21,74	14,5	16,06
9	08.56	21,77	14,51	16,06
10	08.57	18,25	12,39	13,68
11	08.58	7,08	6,52	6,25
12	08.59	1,91	1,77	1,65
13	09.00	16,51	11,6	12,14

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori *THD* arus saat sistem bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.17 Grafik *THD* arus Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem sebelum bekerja menunjukkan nilai THD arus minimal fasa R sebesar 1,61 % dan nilai maksimalnya sebesar 21,77 %. Sedangkan nilai THD arus minimal fasa S sebesar 1,49 % dan nilai maksimalnya sebesar 17,99 %. Serta nilai THD arus minimal fasa T sebesar 1,37 % dan nilai maksimalnya sebesar 19,48 %. Nilai ini tergolong tidak baik atau sistem kurang andal dikarenakan menurut standar IEEE 519-1992 untuk suplay tegangan  $\leq 69$  kV dengan arus pada range 100 s/d 1000 Ampere nilai THD dikatakan baik apabila hasil pengukurannya  $\leq 15\%$ .

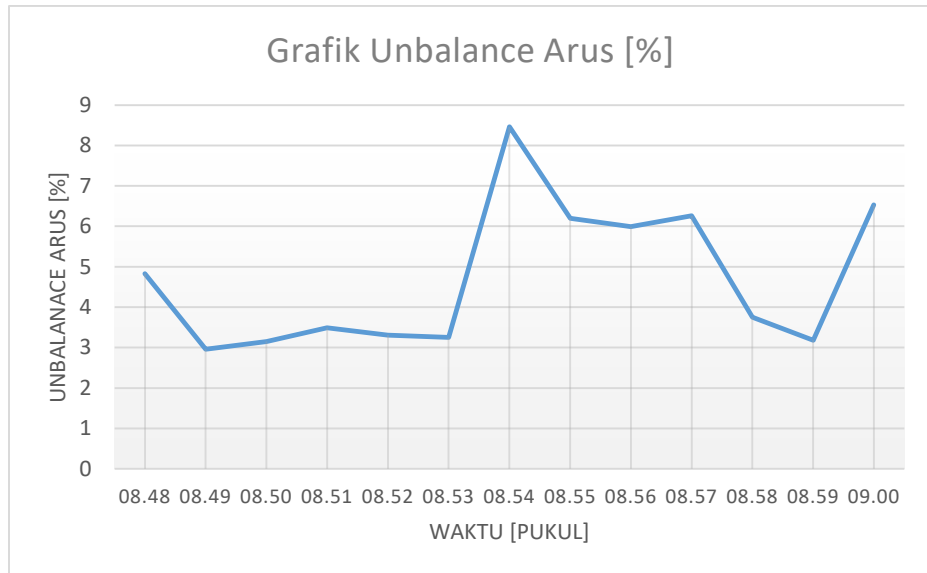
#### 7. Ketidakseimbangan arus

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori Ketidakseimbangan arus saat sistem bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.19 Ketidakseimbangan arus Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

No	Waktu	Unbalance Arus ( % )
1	08.48	4,83
2	08.49	2,96
3	08.50	3,15
4	08.51	3,49
5	08.52	3,31
6	08.53	3,25
7	08.54	8,46
8	08.55	6,2
9	08.56	5,99
10	08.57	6,26
11	08.58	3,75
12	08.59	3,18
13	09.00	6,53

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori Ketidakseimbangan arus saat sistem bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.18 Grafik Ketidakseimbangan arus Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem sebelum bekerja menunjukkan nilai ketidakseimbangan arus minimal sebesar 2,96 % dan nilai frekuensi maksimal sebesar 6,53 %. Nilai ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut Standar ANSI C84,1-1995 ketidak-seimbangan arus dapat dikatakan baik apabila nilainya  $\leq 20$  %.

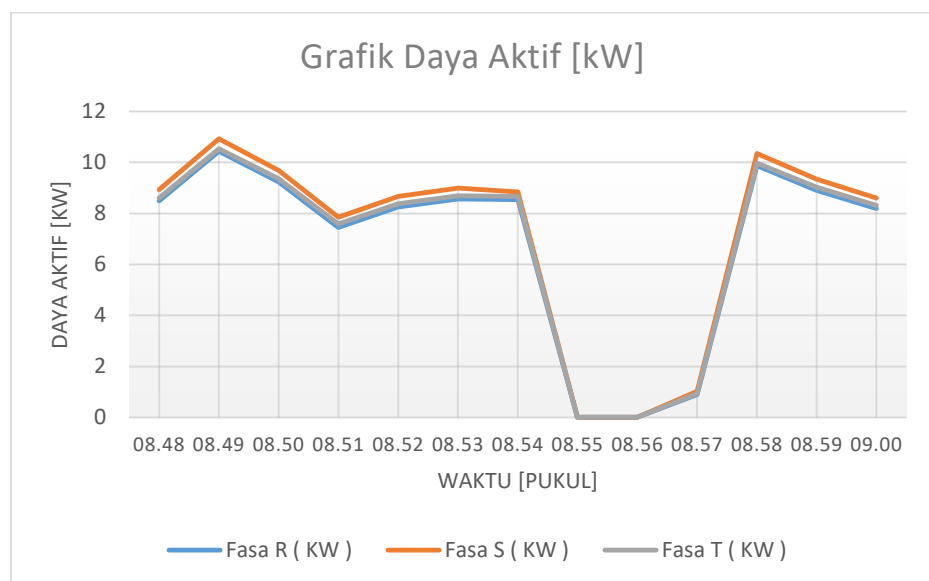
## 8. Daya Aktif

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori daya aktif saat sistem bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.20 daya aktif Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

No	Waktu	Fasa R ( KW )	Fasa S ( KW )	Fasa T ( KW )
1	08.48	8,491	8,93	8,601
2	08.49	10,438	10,92	10,542
3	08.50	9,237	9,68	9,357
4	08.51	7,447	7,85	7,581
5	08.52	8,252	8,67	8,383
6	08.53	8,56	8,99	8,688
7	08.54	8,535	8,84	8,669
8	08.55	0	0	0
9	08.56	0	0	0
10	08.57	0,895	1,02	0,933
11	08.58	9,876	10,35	9,972
12	08.59	8,906	9,34	9,027
13	09.00	8,189	8,6	8,316

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori daya aktif saat sistem bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.19 Grafik Daya Aktif Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem bekerja menunjukkan nilai pengukuran daya reaktif fasa R minimal sebesar 0,895 dan nilai maksimal sebesar 10,438 KW. Sedangkan untuk fasa S minimal sebesar 1,02 dan nilai maksimal sebesar 10,92 KVA, serta fasa T minimal sebesar 0,933 dan nilai maksimal sebesar 10,542 KVA. Pada Panel Hydrant ini besarnya nilai daya yang diserap tergantung dari besarnya arus kerja motor listrik, dimana semakin besar arus yang mengalir menuju beban maka semakin besar juga daya yang diserap. Daya aktif ini merupakan jumlah energi yang diserap motor listrik untuk dapat dikonversikan menjadi energi gerak.

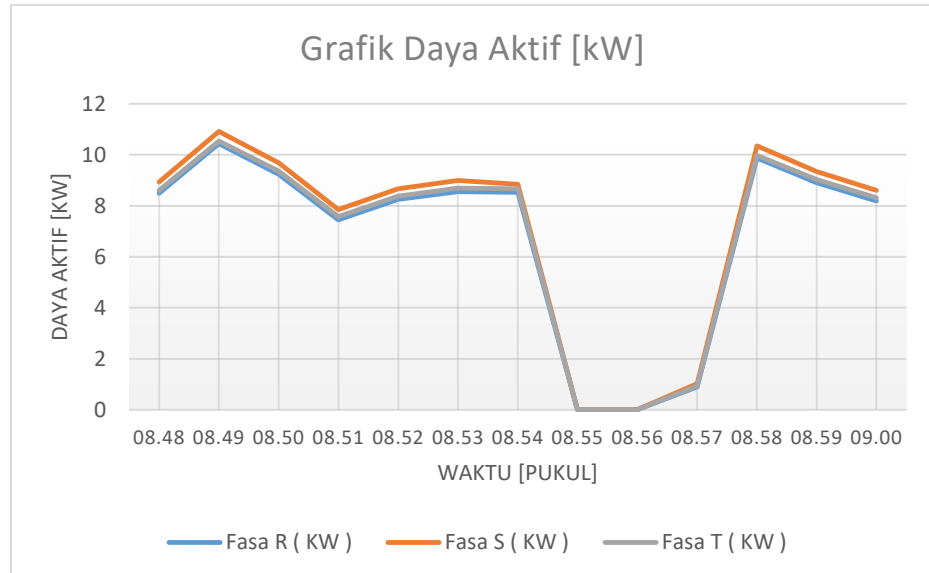
#### 9. Daya Reaktif

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori daya reaktif saat sistem bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.21 daya reaktif Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

No	Waktu	Fasa R ( kvar )	Fasa S ( kvar )	Fasa T ( kvar )
1	08.48	4,298	4,034	4,885
2	08.49	5,479	5,183	6,197
3	08.50	4,51	4,24	5,161
4	08.51	3,157	2,942	3,723
5	08.52	3,674	3,438	4,279
6	08.53	3,886	3,644	4,506
7	08.54	3,872	3,588	4,44
8	08.55	0	0	0
9	08.56	0	0	0
10	08.57	0,65	0,628	0,793
11	08.58	5,405	5,153	6,158
12	08.59	4,174	3,926	4,817
13	09.00	3,665	3,432	4,264

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori daya reaktif saat sistem bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.20 Grafik Daya Reaktif Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem bekerja menunjukkan nilai pengukuran daya reaktif fasa R minimal sebesar 0,65 dan nilai maksimal sebesar 5,479 KW. Sedangkan untuk fasa S minimal sebesar 0,628 dan nilai maksimal sebesar 5,183 KVA, serta fasa T minimal sebesar 0,793 dan nilai maksimal sebesar 6,197 KVA. Pada Panel Hydrant ini besarnya nilai daya yang diserap tergantung dari besarnya arus kerja motor listrik, dimana semakin besar arus yang mengalir menuju beban maka semakin besar juga daya yang diserap. Daya reaktif ini merupakan jumlah energi yang diserap motor listrik untuk membangkitkan medan magnet pada motor listrik.

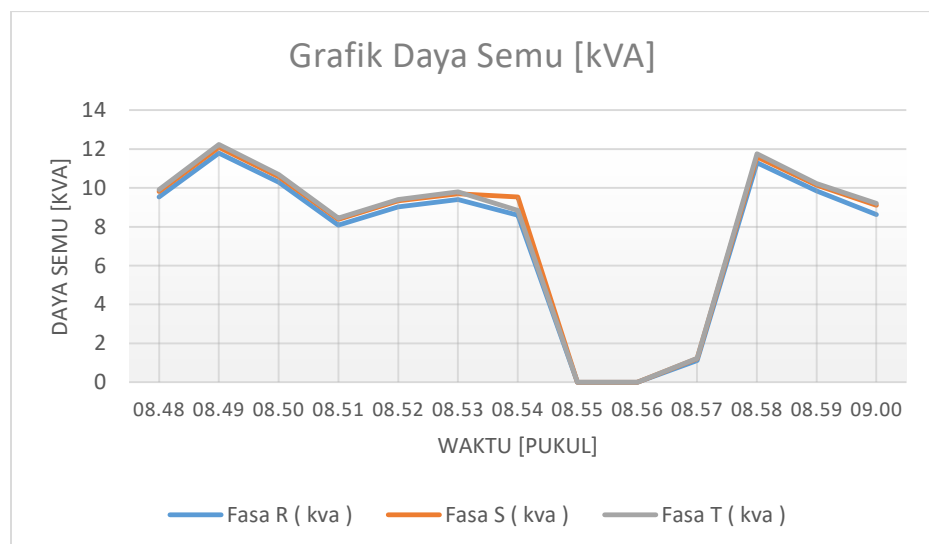
## 10. Daya Semu

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori daya semu saat sistem bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.22 daya semu Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

No	Waktu	Fasa R ( kva )	Fasa S ( kva )	Fasa T ( kva )
1	08.48	9,54	9,81	9,91
2	08.49	11,79	12,09	12,23
3	08.50	10,29	10,58	10,69
4	08.51	8,09	8,38	8,45
5	08.52	9,03	9,33	9,41
6	08.53	9,4	9,7	9,79
7	08.54	8,6	9,54	8,84
8	08.55	0	0	0
9	08.56	0	0	0
10	08.57	1,11	1,21	1,23
11	08.58	11,29	11,6	11,76
12	08.59	9,84	10,14	10,23
13	09.00	8,62	9,11	9,2

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori daya semu saat sistem bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.21 Grafik Semu Aktif Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem bekerja menunjukkan nilai pengukuran daya semu fasa R minimal sebesar 1,11 dan nilai maksimal sebesar 11,79 KVA. Sedangkan untuk fasa S minimal sebesar 1,21 dan nilai maksimal sebesar 12,09 KVA, serta fasa T minimal sebesar 1,23 dan nilai maksimal sebesar 12,23 KVA. Pada Panel Hydrant ini besarnya nilai daya yang diserap tergantung dari besarnya arus kerja motor listrik, dimana semakin besar arus yang mengalir menuju beban maka semakin besar juga daya yang diserap. Daya semu ini merupakan jumlah energi yang diserap motor listrik secara total, dimana nilainya tergantung dari sifat bebannya resistif, induktif atau kapasitif.

#### 11. Faktor Daya

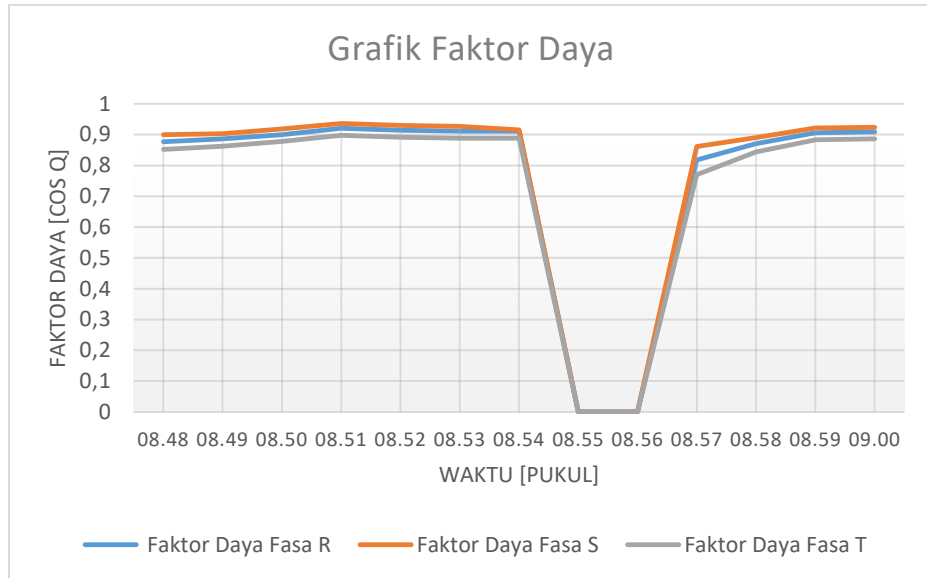
Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori faktor daya saat sistem bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.23 faktor daya Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

No	Waktu	Faktor Daya Fasa R	Faktor Daya Fasa S	Faktor Daya Fasa T
1	08.48	0,877	0,9	0,852
2	08.49	0,886	0,903	0,862
3	08.50	0,9	0,918	0,878
4	08.51	0,921	0,936	0,898
5	08.52	0,914	0,93	0,891
6	08.53	0,911	0,927	0,888
7	08.54	0,911	0,915	0,888
8	08.55	0	0	0
9	08.56	0	0	0
10	08.57	0,818	0,861	0,77
11	08.58	0,871	0,89	0,844
12	08.59	0,906	0,922	0,883
13	09.00	0,909	0,924	0,886



Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori faktor daya saat sistem bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.22 Grafik Faktor Daya Panel *Hydrant* Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem bekerja menunjukkan nilai faktor daya minimal fasa R sebesar 0,818 dan nilai maksimalnya sebesar 0,921. Sedangkan nilai THD arus minimal fasa S sebesar 6,65 dan nilai maksimalnya sebesar 0,861. Serta nilai THD arus minimal fasa T sebesar 0,77 dan nilai maksimalnya sebesar 0,898. Nilai faktor daya Fasa R dan fasa T tergolong tidak baik atau sistem kurang andal, sedangkan untuk fasa S masih tergolong dalam toleransi dikarenakan menurut standar PT. PLN (persero) selaku penyedia daya listrik memberikan batasan terhadap faktor daya, untuk bangunan gedung diberi batas sebesar 0,85. jika faktor daya rata-rata dibawah angka tersebut maka dikenakan denda Penalti oleh PLN.

Agar mempermudah pengamatan data pengukuran panel hydrant pada kondisi bekerja, dibawah ini merupakan data pengukurannya yang disajikan dengan nilai minimal dan maksimal pada masing-masing parameter jenis keandalan yang diukur, antara lain :

Tabel 4.24 Parameter Keandalan Panel Hydrant Saat Bekerja

No	Parameter Keandalan	Nilai Pengukuran		Keterangan
		Min	Max	
1	Frekuensi ( Hz )	49,978	50,046	Dalam toleransi
2	Tegangan Fasa R-N ( V )	218,112	219,28	Dalam toleransi
	Tegangan Fasa S-N ( V )	222,364	223,65	Dalam toleransi
	Tegangan Fasa T-N ( V )	221,184	222,345	Dalam toleransi
3	THD Tegangan Fasa R ( % )	3,004	3,039	Dalam toleransi
	THD Tegangan Fasa S ( % )	2,342	2,391	Dalam toleransi
	THD Tegangan Fasa T ( % )	2,281	2,321	Dalam toleransi
4	Arus Fasa R ( A )	0,06	53,96	Dalam toleransi
	Arus Fasa S ( A )	0,06	54,26	Dalam toleransi
	Arus Fasa T ( A )	0,05	55,19	Dalam toleransi
	Arus Fasa N ( A )	0,041	4,692	Dalam toleransi
5	THD Arus Fasa R ( % )	1,61	21,77	Diluar toleransi
	THD Arus Fasa S ( % )	1,49	17,99	Diluar toleransi
	THD Arus Fasa T ( % )	1,37	19,48	Diluar toleransi
6	Daya Aktif Fasa R ( KW )	0,895	10,438	Dalam toleransi
	Daya Aktif Fasa S ( KW )	1,02	10,92	Dalam toleransi
	Daya Aktif Fasa T ( KW )	0,933	10,542	Dalam toleransi
7	Daya Reaktif Fasa R ( KVAR )	0,65	5,479	Dalam toleransi
	Daya Reaktif Fasa S ( KVAR )	0,628	5,183	Dalam toleransi
	Daya Reaktif Fasa T ( KVAR )	0,793	6,197	Dalam toleransi
8	Daya Semu Fasa R ( KVA )	1,11	11,79	Dalam toleransi
	Daya Semu Fasa S ( KVA )	1,21	12,09	Dalam toleransi
	Daya Semu Fasa T ( KVA )	1,23	12,23	Dalam toleransi
9	Faktor Daya Fasa R	0,818	0,921	Diluar toleransi
	Faktor Daya Fasa S	0,861	0,936	Dalam toleransi
	Faktor Daya Fasa T	0,77	0,898	Diluar toleransi
10	Ketidakeimbangan Tegangan ( % )	0,507	0,519	Dalam toleransi
11	Ketidakeimbangan Arus ( % )	2,96	6,53	Dalam toleransi

Dari data parameter keandalan panel *Hydrant* diatas masih terdapat beberapa parameter yang tidak sesuai dengan standar sehingga perlu dilakukan perbaikan.

C. Kondisi sistem tidak bekerja (setelah sistem bekerja)

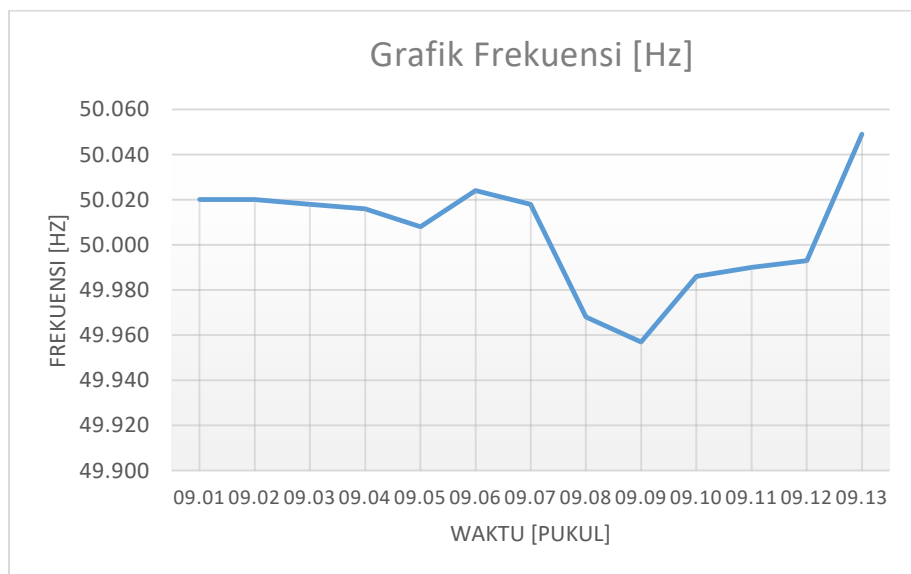
1. Frekuensi

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori frekuensi saat sistem belum bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.25 Frekuensi Panel Hydrant Setelah Sistem Bekerja

No	Waktu	Frekuensi (Hz)
1	09.01	50.020
2	09.02	50.020
3	09.03	50.018
4	09.04	50.016
5	09.05	50.008
6	09.06	50.024
7	09.07	50.018
8	09.08	49.968
9	09.09	49.957
10	09.10	49.986
11	09.11	49.990
12	09.12	49.993
13	09.13	50.049

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori frekuensi saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.23 Grafik Frekuensi Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem setelah bekerja menunjukkan nilai frekuensi minimal sebesar 49,957Hz dan nilai frekuensi maksimal sebesar 50,049 Hz. Nilai frekuensi ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut standar peraturan menteri energi dan sumber daya mineral nomor 37 tahun 2008 nilai frekuensi nominal 50 Hz, dan tidak lebih rendah dari 49,5 Hz atau lebih tinggi dari 50,5 Hz.

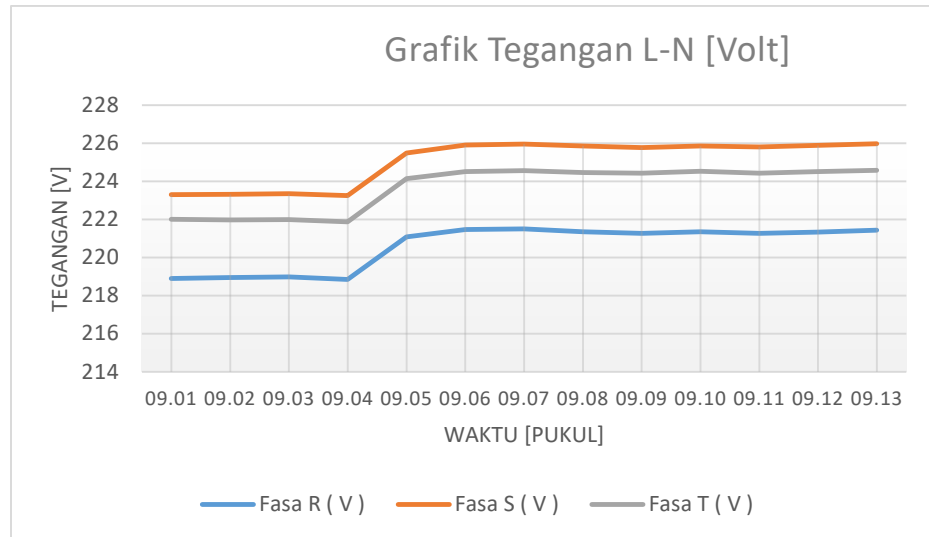
## 2. Tegangan

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori tegangan saat sistem Setelah bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.26 tegangan Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

No	Waktu	Fasa R ( V )	Fasa S ( V )	Fasa T ( V )
1	09.01	218,895	223,295	221,996
2	09.02	218,942	223,309	221,971
3	09.03	218,967	223,338	221,977
4	09.04	218,84	223,248	221,872
5	09.05	221,073	225,484	224,141
6	09.06	221,458	225,894	224,507
7	09.07	221,503	225,956	224,553
8	09.08	221,344	225,855	224,458
9	09.09	221,258	225,768	224,422
10	09.10	221,338	225,848	224,514
11	09.11	221,256	225,801	224,416
12	09.12	221,334	225,878	224,498
13	09.13	221,428	225,962	224,576

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori frekuensi saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.24 Grafik tegangan Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem setelah bekerja menunjukkan nilai tegangan minimal fasa R dengan Netral sebesar 218,84 V dan nilai maksimalnya sebesar 221,503 V. Sedangkan nilai tegangan minimal fasa S dengan Netral sebesar 223,248 V dan nilai maksimalnya sebesar 225,956 V. Serta nilai tegangan minimal fasa T dengan Netral sebesar 221,872 V dan nilai maksimalnya sebesar 224,553V.

Nilai frekuensi ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut Peraturan menteri ESDM Nomor 4 Tahun 2009 tentang Aturan Distribusi Tenaga Listrik. Batasan Titik Sambung untuk Konsumen Tegangan antar fasa yaitu 400 V Volt sedangkan tegangan fasa dengan netral yaitu 230 V merupakan tegangan nominal 400V antar fase dan 230 V fase ke netral. Dengan Batas +5% maksimal antar fasa yaitu 420 Volt sedangkan fasa dengan netral yaitu 241,5 V tegangan minimal -10% antar fasa yaitu 360 Volt sedangkan fasa dengan netral yaitu 207 Volt.

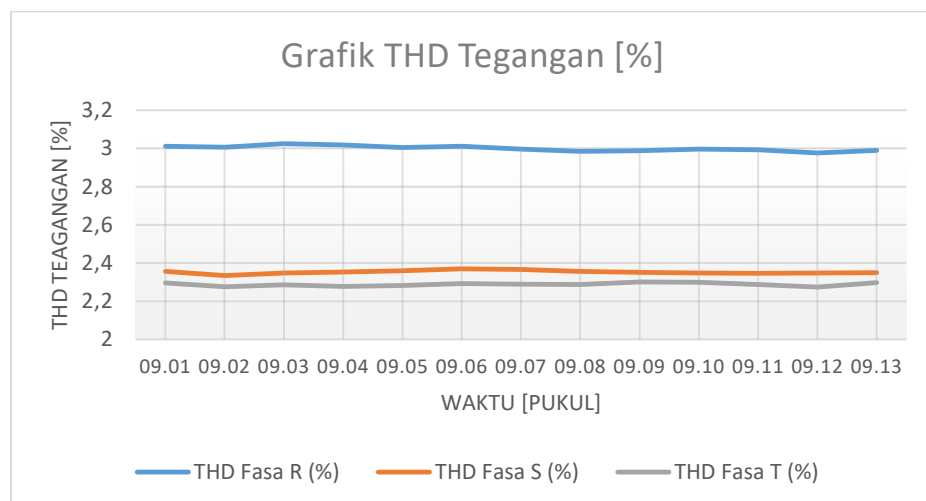
### 3. Total Harmonic Distortion Tegangan

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori *Total Harmonic Distortion* tegangan saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.27 *THD* tegangan Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

No	waktu	THD Fasa R (%)	THD Fasa S (%)	THD Fasa T (%)
1	09.01	3,011	2,356	2,295
2	09.02	3,006	2,334	2,275
3	09.03	3,025	2,348	2,286
4	09.04	3,018	2,353	2,277
5	09.05	3,004	2,359	2,282
6	09.06	3,012	2,37	2,293
7	09.07	2,997	2,366	2,289
8	09.08	2,984	2,356	2,287
9	09.09	2,988	2,351	2,3
10	09.10	2,996	2,347	2,299
11	09.11	2,993	2,346	2,287
12	09.12	2,977	2,348	2,274
13	09.13	2,989	2,349	2,297

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori *THD* tegangan saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.25 Grafik *THD* tegangan Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem setelah bekerja menunjukkan nilai THD tegangan minimal fasa R sebesar 2,977 % dan nilai maksimalnya sebesar 3,025 %. Sedangkan nilai THD tegangan minimal fasa S sebesar 2,346 % dan nilai maksimalnya sebesar 2,366 V. Serta nilai THD tegangan minimal fasa T sebesar 2,275 % dan nilai maksimalnya sebesar 2,299 %. Nilai ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut standar IEEE 519-1992 pada dijelaskan bahwa batas *Total Harmonik Distortion* tegangan untuk suplay tegangan  $\leq 69$  kV nilai THD dikatakan baik apabila hasil pengukuran  $\leq 5\%$ .

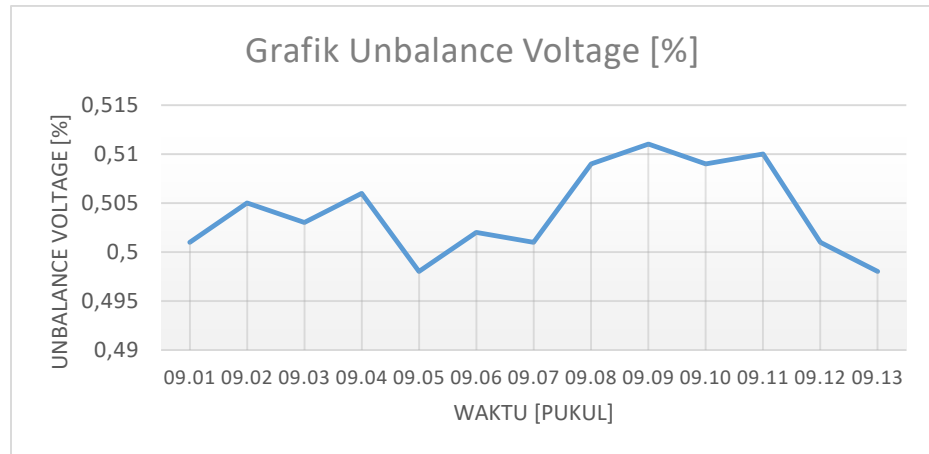
#### 4. Ketidakseimbangan tegangan

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori Ketidakseimbangan tegangan saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.28 Ketidakseimbangan tegangan Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

No	Waktu	Unbalance Voltage ( % )
1	09.01	0,501
2	09.02	0,505
3	09.03	0,503
4	09.04	0,506
5	09.05	0,498
6	09.06	0,502
7	09.07	0,501
8	09.08	0,509
9	09.09	0,511
10	09.10	0,509
11	09.11	0,51
12	09.12	0,501
13	09.13	0,498

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori Ketidakseimbangan tegangan saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.26 Grafik Ketidakseimbangan tegangan Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem setelah bekerja menunjukkan nilai ketidakseimbangan tegangan minimal sebesar 0,498 % dan nilai frekuensi maksimal sebesar 0,511 %. Nilai ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut standar ANSI C84.1 – 1995 ketidak-seimbangan tegangan sistem tidak boleh melebihi 3% pada saat tidak dibebani, dan maksimal 6 % untuk sistem yang dibebani.



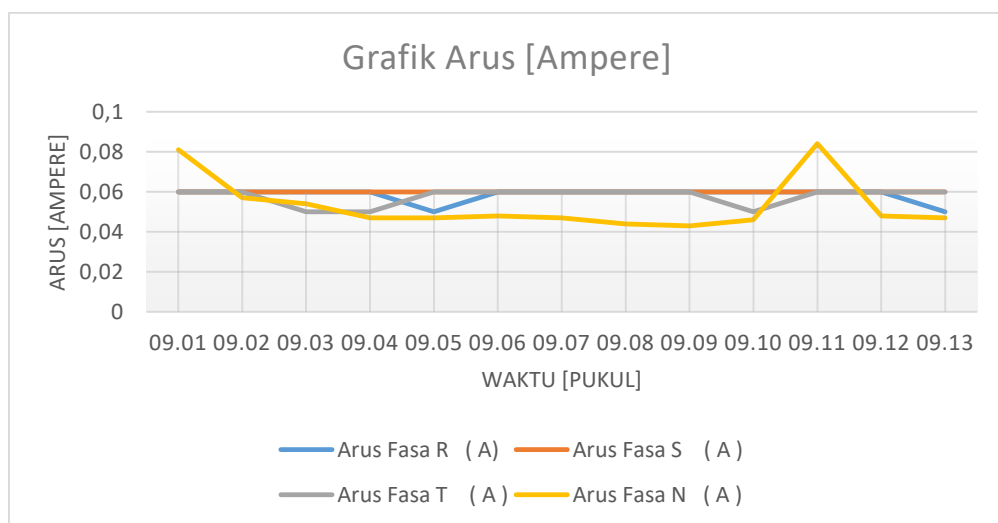
## 5. Arus

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori arus saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.29 arus Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

No	waktu	Arus Fasa R ( A )	Arus Fasa S ( A )	Arus Fasa T ( A )	Arus Fasa N ( A )
1	09.01	0,06	0,06	0,06	0,081
2	09.02	0,06	0,06	0,06	0,057
3	09.03	0,06	0,06	0,05	0,054
4	09.04	0,06	0,06	0,05	0,047
5	09.05	0,05	0,06	0,06	0,047
6	09.06	0,06	0,06	0,06	0,048
7	09.07	0,06	0,06	0,06	0,047
8	09.08	0,06	0,06	0,06	0,044
9	09.09	0,06	0,06	0,06	0,043
10	09.10	0,06	0,06	0,05	0,046
11	09.11	0,06	0,06	0,06	0,084
12	09.12	0,06	0,06	0,06	0,048
13	09.13	0,05	0,06	0,06	0,047

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori arus saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.27 Grafik arus Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

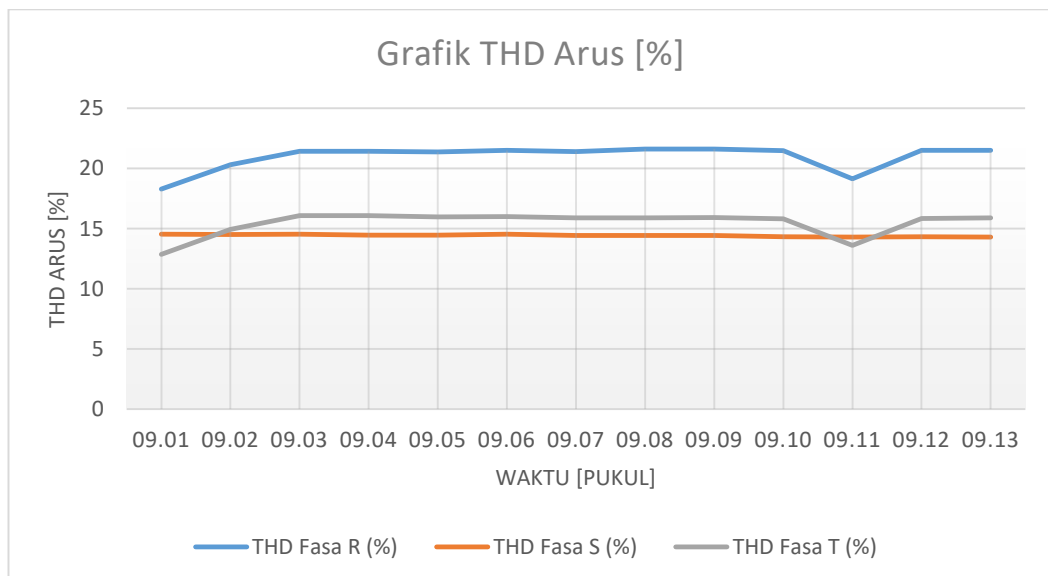
6. *Total Harmonic Distortion* Arus

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori *Total Harmonic Distortion* arus saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.30 *THD* arus Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

No	waktu	THD Fasa R (%)	THD Fasa S (%)	THD Fasa T (%)
1	09.01	18,28	14,54	12,87
2	09.02	20,31	14,5	14,94
3	09.03	21,42	14,53	16,08
4	09.04	21,42	14,45	16,07
5	09.05	21,36	14,45	15,98
6	09.06	21,5	14,55	16,01
7	09.07	21,4	14,42	15,9
8	09.08	21,61	14,43	15,89
9	09.09	21,62	14,42	15,91
10	09.10	21,49	14,32	15,82
11	09.11	19,15	14,3	13,61
12	09.12	21,5	14,32	15,84
13	09.13	21,51	14,29	15,9

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori *THD* arus saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.28 Grafik *THD* arus Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem sebelum bekerja menunjukkan nilai THD arus minimal fasa R sebesar 18,28 % dan nilai maksimalnya sebesar 21,62 %. Sedangkan nilai THD arus minimal fasa S sebesar 14,29 % dan nilai maksimalnya sebesar 14,55 %. Serta nilai THD arus minimal fasa T sebesar 12,87 % dan nilai maksimalnya sebesar 16,01 %. Nilai THD arus Fasa R dan fasa T tergolong tidak baik atau sistem kurang andal, sedangkan untuk fasa S masih tergolong dalam toleransi dikarenakan menurut standar IEEE 519-1992 untuk suplay tegangan  $\leq 69$  kV dengan arus pada range 100 s/d 1000 Ampere nilai THD dikatakan baik apabila hasil pengukurannya  $\leq 15\%$ .

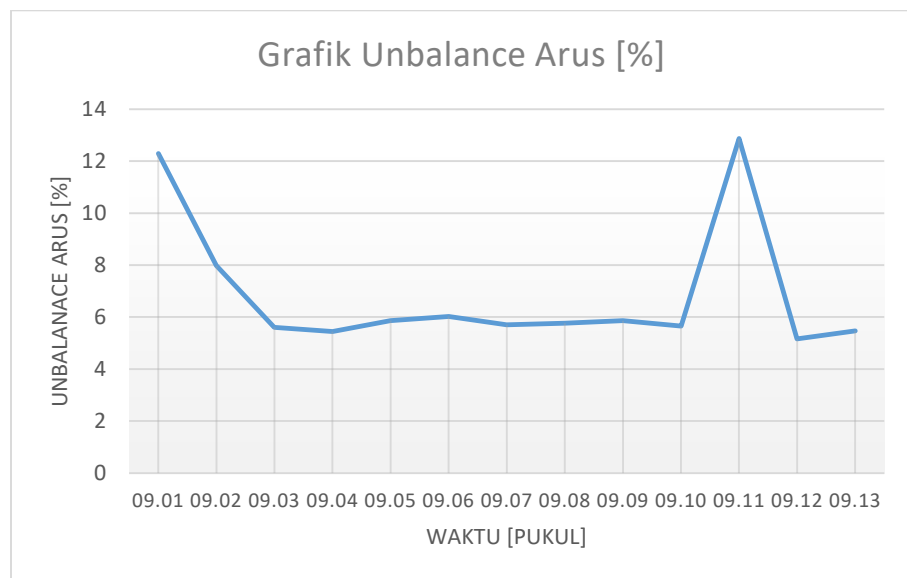
#### 7. Ketidakseimbangan arus

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori Ketidakseimbangan arus saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.31 Ketidakseimbangan arus Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

No	Waktu	Unbalance Arus ( % )
1	09.01	12,3
2	09.02	7,98
3	09.03	5,61
4	09.04	5,44
5	09.05	5,87
6	09.06	6,03
7	09.07	5,71
8	09.08	5,77
9	09.09	5,86
10	09.10	5,65
11	09.11	12,87
12	09.12	5,16
13	09.13	5,47

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori Ketidakseimbangan arus saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.29 Grafik Ketidakseimbangan arus Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem sebelum bekerja menunjukkan nilai ketidakseimbangan arus minimal sebesar 5,16 % dan nilai frekuensi maksimal sebesar 12,87 %. Nilai ini masih termasuk dalam toleransi dikarenakan menurut Standar ANSI C84,1-1995 ketidak-seimbangan arus dapat dikatakan baik apabila nilainya  $\leq 20$  %.

## 8. Daya Aktif

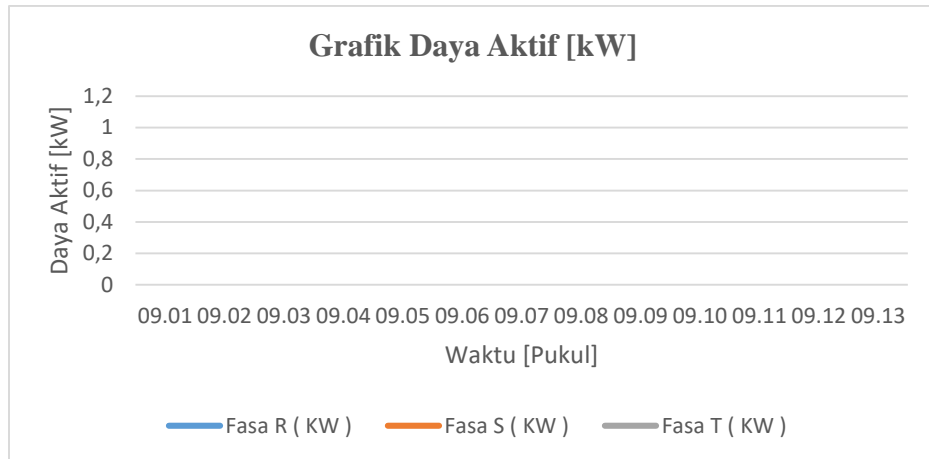
Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori daya aktif saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.32 Daya aktif Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

No	Waktu	Fasa R ( KW )	Fasa S ( KW )	Fasa T ( KW )
1	09.01	0	0	0
2	09.02	0	0	0
3	09.03	0	0	0
4	09.04	0	0	0
5	09.05	0	0	0
6	09.06	0	0	0
7	09.07	0	0	0
8	09.08	0	0	0
9	09.09	0	0	0
10	09.10	0	0	0
11	09.11	0	0	0
12	09.12	0	0	0
13	09.13	0	0	0

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem setelah bekerja menunjukkan nilai pengukuran Daya Aktif sebesar 0 untuk semua rentang waktunya, hal ini dikarenakan tidak adanya usaha listrik yang mengalir dari sumber energi listrik menuju beban motor listrik. Pada Panel Hydrant ini besarnya nilai daya yang diserap tergantung dari besarnya arus kerja motor listrik, dimana semakin besar arus yang mengalir menuju beban maka semakin besar juga daya yang diserap. Daya aktif ini merupakan jumlah energi yang diserap motor listrik untuk dapat dikonversikan menjadi energi gerak.

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori Daya Aktif saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.30 Grafik Daya Aktif Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

#### 9. Daya Reaktif

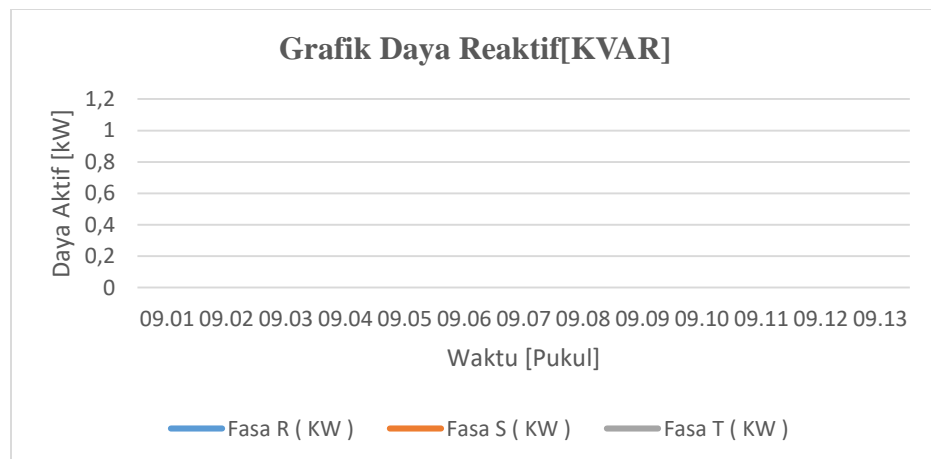
Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori daya reaktif saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.33 daya reaktif Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

No	Waktu	Fasa R ( kvar )	Fasa S ( kvar )	Fasa T ( kvar )
1	09.01	0	0	0
2	09.02	0	0	0
3	09.03	0	0	0
4	09.04	0	0	0
5	09.05	0	0	0
6	09.06	0	0	0
7	09.07	0	0	0
8	09.08	0	0	0
9	09.09	0	0	0
10	09.10	0	0	0
11	09.11	0	0	0
12	09.12	0	0	0
13	09.13	0	0	0

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem setelah bekerja menunjukkan nilai pengukuran Daya Reaktif sebesar 0 untuk semua rentang waktunya, hal ini dikarenakan tidak adanya usaha listrik yang mengalir dari sumber energi listrik menuju beban motor listrik. Pada Panel Hydrant ini besarnya nilai daya yang diserap tergantung dari besarnya arus kerja motor listrik, dimana semakin besar arus yang mengalir menuju beban maka semakin besar juga daya yang diserap. Daya reaktif ini merupakan jumlah energi yang diserap motor listrik untuk membangkitkan medan magnet pada motor listrik.

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori Daya Reaktif saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.31 Grafik Daya Reaktif Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

## 10. Daya Semu

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori daya semu saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

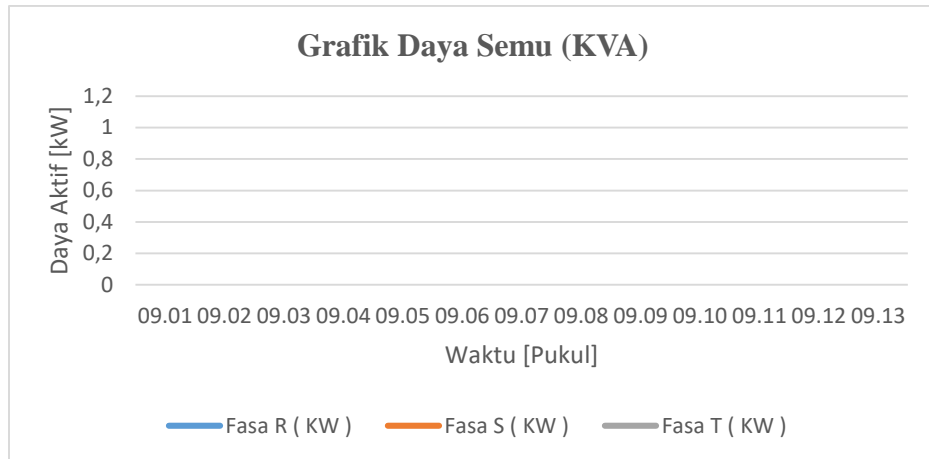
Tabel 4.34 daya semu Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

No	Waktu	Fasa R ( kva )	Fasa S ( kva )	Fasa T ( kva )
1	09.01	0	0	0
2	09.02	0	0	0
3	09.03	0	0	0
4	09.04	0	0	0
5	09.05	0	0	0
6	09.06	0	0	0
7	09.07	0	0	0
8	09.08	0	0	0
9	09.09	0	0	0
10	09.10	0	0	0
11	09.11	0	0	0
12	09.12	0	0	0
13	09.13	0	0	0

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem setelah bekerja menunjukkan nilai pengukuran Daya Semu sebesar 0 untuk semua rentang waktunya, hal ini dikarenakan tidak adanya usaha listrik yang mengalir dari sumber energi listrik menuju beban motor listrik. Pada Panel Hydrant ini besarnya nilai daya yang diserap tergantung dari besarnya arus kerja motor listrik, dimana semakin besar arus yang mengalir menuju beban maka semakin besar juga daya yang diserap. Daya semu ini merupakan jumlah energi yang diserap motor listrik secara total, dimana nilainya tergantung dari sifat bebannya resistif, induktif atau kapasitif.



Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori Daya Semu saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.32 Grafik Daya Semu Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

#### 11. Faktor Daya

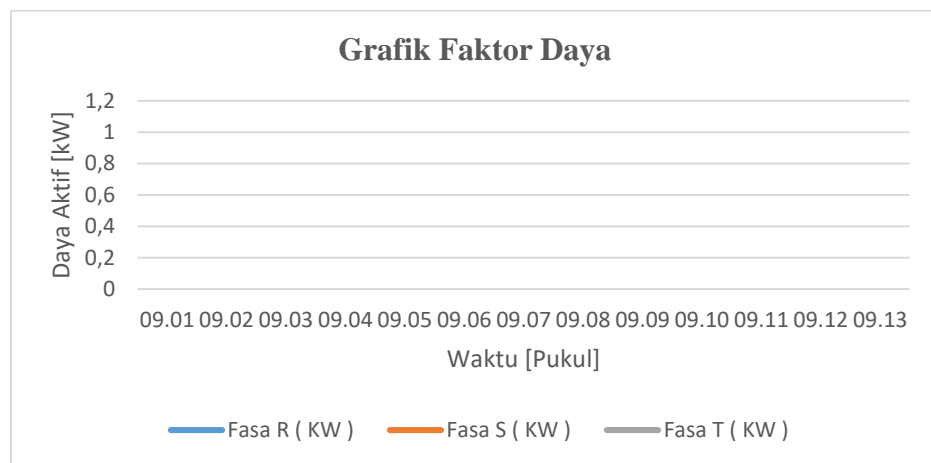
Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel *hydrant* untuk kategori faktor daya saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam table sebagai berikut.

Tabel 4.35 faktor daya Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

No	Waktu	Faktor Daya Fasa R	Faktor Daya Fasa S	Faktor Daya Fasa T
1	09.01	0	0	0
2	09.02	0	0	0
3	09.03	0	0	0
4	09.04	0	0	0
5	09.05	0	0	0
6	09.06	0	0	0
7	09.07	0	0	0
8	09.08	0	0	0
9	09.09	0	0	0
10	09.10	0	0	0
11	09.11	0	0	0
12	09.12	0	0	0
13	09.13	0	0	0

Hasil pengukuran pada panel Hydrant pada kondisi sistem setelah bekerja menunjukkan nilai pengukuran Faktor daya sebesar 0 untuk semua rentang waktunya, hal ini dikarenakan tidak adanya usaha listrik yang mengalir dari sumber energi listrik menuju beban motor listrik. Pada Panel Hydrant ini besarnya nilai faktor daya yang diserap tergantung dari besarnya arus kerja motor listrik, dimana semakin kecil nilai faktor daya pada suatu sistem maka semakin besar rugi-rugi daya yang ditimbulkan.

Dibawah ini merupakan hasil pengukuran panel hydrant untuk kategori Faktor Daya saat sistem setelah bekerja yang disajikan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.32 Faktor Daya Panel *Hydrant* Setelah Sistem Bekerja

Agar mempermudah pengamatan data pengukuran panel hydrant pada kondisi setelah bekerja, dibawah ini merupakan data pengukurannya yang disajikan dengan nilai minimal dan maksimal pada masing-masing parameter jenis keandalan yang diukur, antara lain :

Tabel 4.36 Parameter Keandalan Panel Hydrant Setelah Bekerja

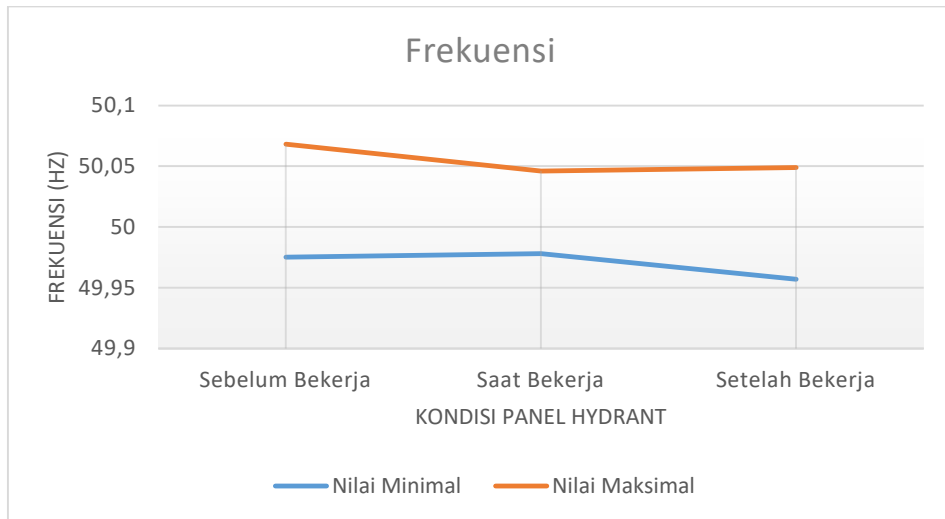
No	Parameter Keandalan	Nilai Pengukuran		Keterangan
		Min	Max	
1	Frekuensi ( Hz )	49.957	50.049	Dalam toleransi
2	Tegangan Fasa R-N ( V )	218,84	221,503	Dalam toleransi
	Tegangan Fasa S-N ( V )	223,248	225,956	Dalam toleransi
	Tegangan Fasa T-N ( V )	221,872	224,553	Dalam toleransi
3	THD Tegangan Fasa R ( % )	2,977	3,025	Dalam toleransi
	THD Tegangan Fasa S ( % )	2,346	2,366	Dalam toleransi
	THD Tegangan Fasa T ( % )	2,275	2,299	Dalam toleransi
4	Arus Fasa R ( A )	0,05	0,06	Dalam toleransi
	Arus Fasa S ( A )	0,06	0,06	Dalam toleransi
	Arus Fasa T ( A )	0,05	0,06	Dalam toleransi
	Arus Fasa N ( A )	0,047	0,084	Dalam toleransi
5	THD Arus Fasa R ( % )	18,28	21,62	Diluar toleransi
	THD Arus Fasa S ( % )	14,29	14,55	Dalam toleransi
	THD Arus Fasa T ( % )	12,87	16,01	Diluar toleransi
6	Daya Aktif Fasa R ( KW )	0	0	-
	Daya Aktif Fasa S ( KW )	0	0	-
	Daya Aktif Fasa T ( KW )	0	0	-
7	Daya Reaktif Fasa R ( KVAR )	0	0	-
	Daya Reaktif Fasa S ( KVAR )	0	0	-
	Daya Reaktif Fasa T ( KVAR )	0	0	-
8	Daya Semu Fasa R ( KVA )	0	0	-
	Daya Semu Fasa S ( KVA )	0	0	-
	Daya Semu Fasa T ( KVA )	0	0	-
9	Faktor Daya Fasa R	0	0	-
	Faktor Daya Fasa S	0	0	-
	Faktor Daya Fasa T	0	0	-
10	Ketidakeimbangan Tegangan ( % )	0,498	0,511	Dalam toleransi
11	Ketidakeimbangan Arus ( % )	5,16	12,87	Dalam toleransi

Dari data parameter keandalan panel *Hydrant* diatas masih terdapat beberapa parameter yang tidak sesuai dengan standar sehingga perlu dilakukan perbaikan.

## 4.2 Grafik Perbandingan Ketiga Kondisi

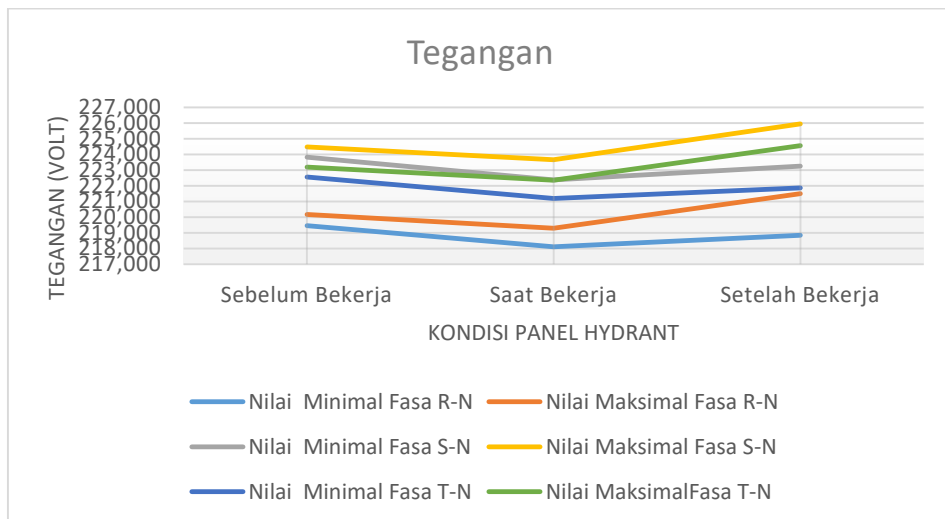
Berikut merupakan grafik kondisi sistem pada jam 08.35-08.47 saat sistem belum dioperasikan, jam 08.48-09.00 saat sistem dioperasikan dan 09.01-09.13 setelah sistem dioperasikan, yang sesuai dengan paramaternya antara lain:

### 1. Frekuensi



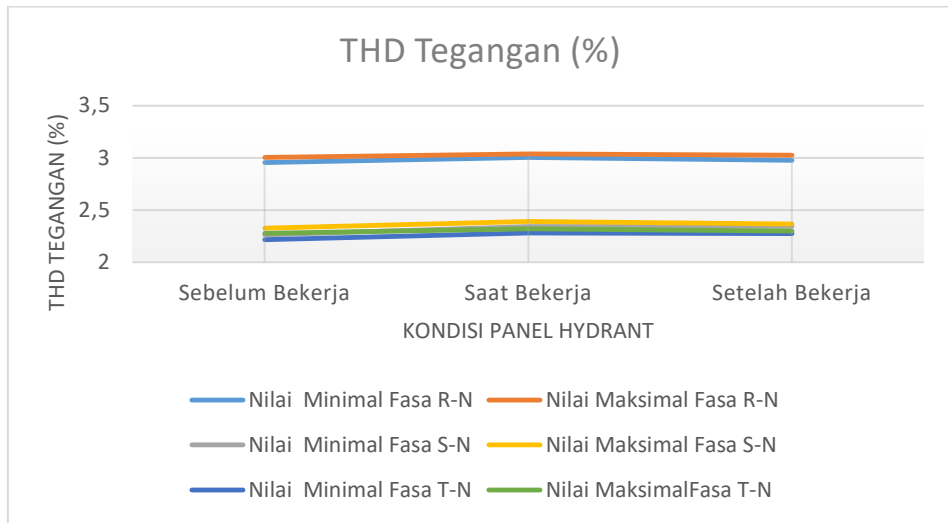
Gambar 4.33 Grafik Frekuensi Untuk Ketiga Kondisi

### 2. Tegangan



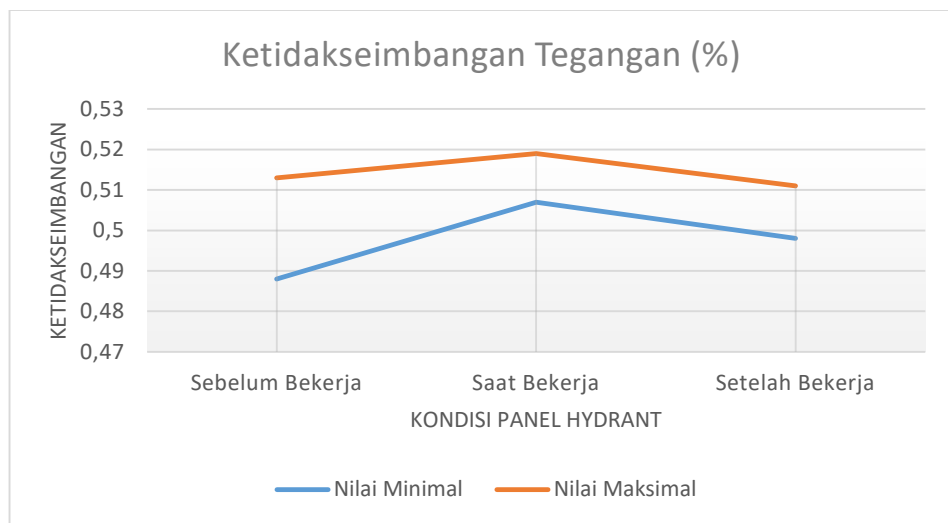
Gambar 4.34 Grafik Tegangan Untuk Ketiga Kondisi

### 3. Total Harmonic Distortion Tegangan



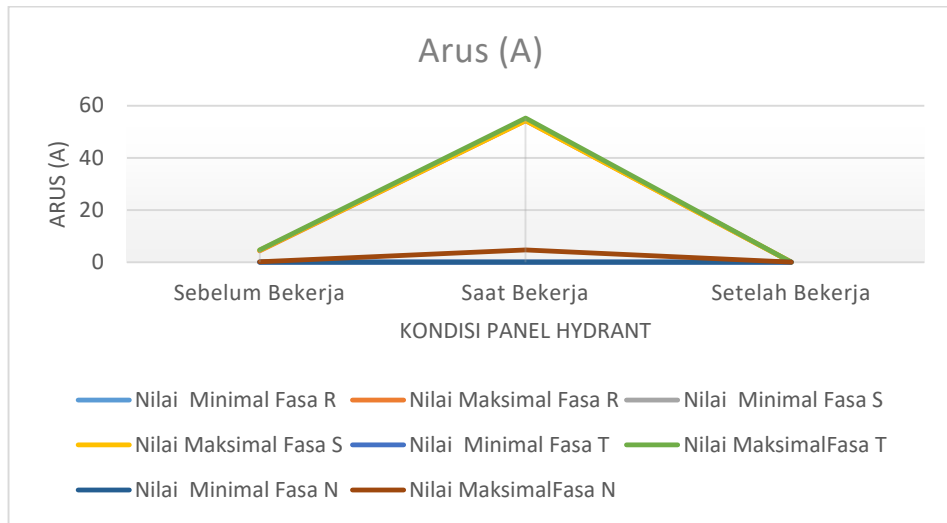
Gambar 4.35 Grafik THD Tegangan Untuk Ketiga Kondisi

### 4. Ketidakseimbangan Tegangan



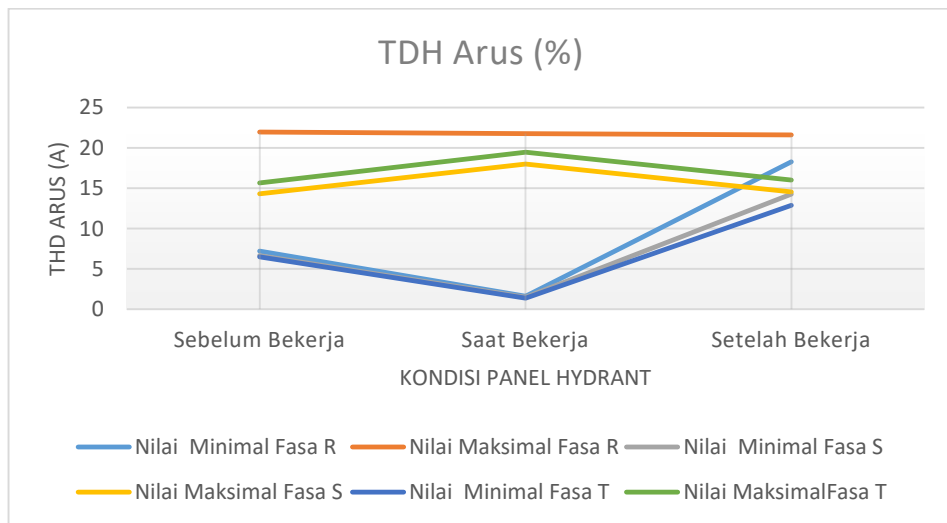
Gambar 4.36 Grafik Ketidakseimbangan Tegangan Untuk Ketiga Kondisi

5. Arus



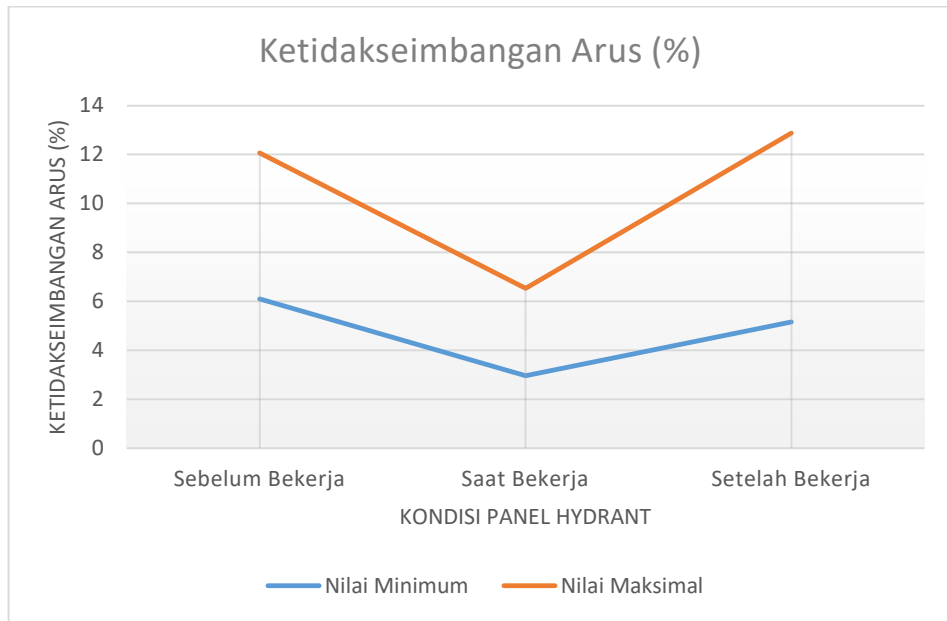
Gambar 4.37 Grafik Arus Untuk Ketiga Kondisi

6. Total Harmonic Distortion Arus



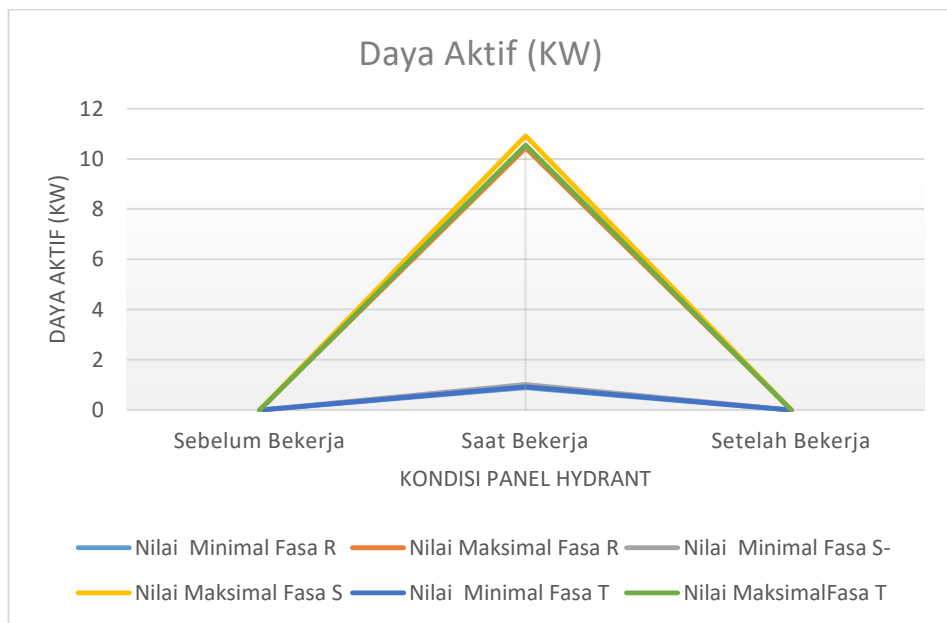
Gambar 4.38 Grafik THD Arus Untuk Ketiga Kondisi

7. Ketidakseimbangan Arus



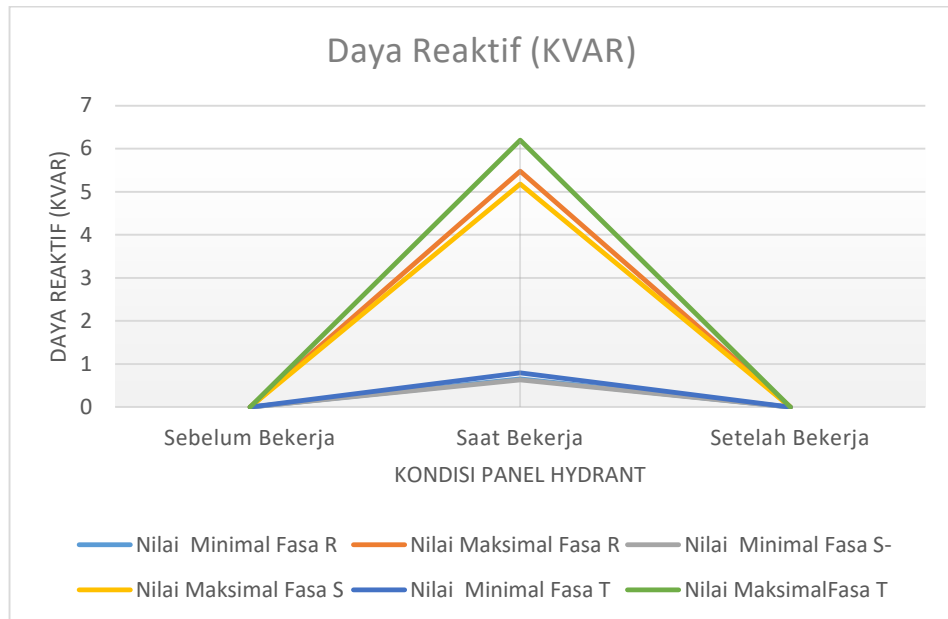
Gambar 4.39 Ketidakseimbangan Arus Untuk Ketiga Kondisi

8. Daya Aktif



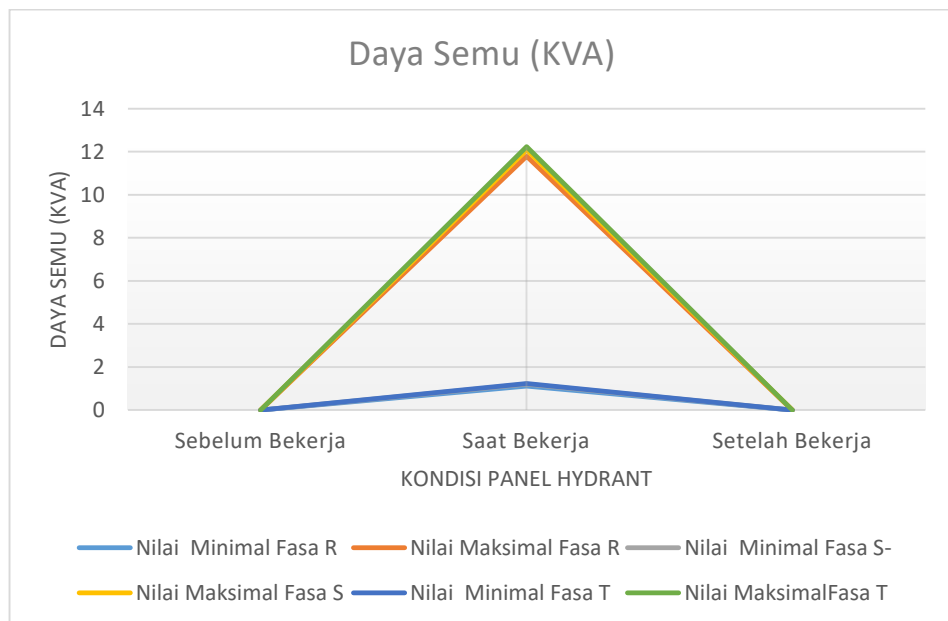
Gambar 4.40 Daya Aktif Untuk Ketiga Kondisi

## 9. Daya Reaktif



Gambar 4.41 Daya Reaktif Untuk Ketiga Kondisi

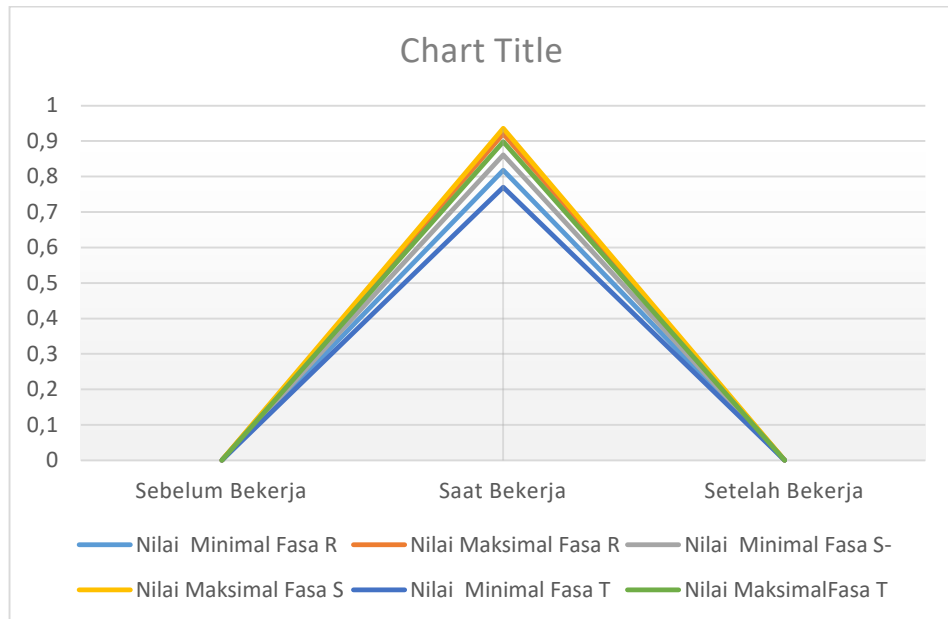
## 10. Daya Semu



Gambar 4.42 Daya Semu Untuk Ketiga Kondisi



## 11. Faktor Daya



Gambar 4.43 Faktor Daya Untuk Ketiga Kondisi

Grafik 4.33 sampai grafik 4.433 menunjukkan nilai minimal dan maksimal beberapa parameter besaran pada panel *Hydant* Universitas Aisyah Yogyakarta pada gedung A, pada grafik diatas menunjukkan nilai minimal dan maksimal yang sebanding saat sebelum panel bekerja, saat panel bekerja maupun setelah panel bekerja. Dimana saat panel *hydrant* bekerja akan terjadi perubahan nilai frekuensi, karena dalam sistem pembebanan listrik besarnya frekuensi akan turun apabila daya aktif yang dibangkitkan tidak mencukupi kebutuhan beban dan sebaliknya nilai frekuensi akan naik apabila ada kelebihan daya aktif dalam sistem. Namun dilain sisi daya reaktif juga dapat mempengaruhi frekuensi sistem, dikarenakan daya reaktif dapat mempengaruhi kenaikan besarnya tegangan pada suatu sistem kelistrikan, yang selanjutnya dapat menyebabkan kenaikan beban daya aktif. Akan tetapi perubahan nilai frekuensi lebih dominan berkaitan dengan daya aktif.

Pada dasarnya frekuensi yang dihasilkan oleh generator sama dengan kecepatan rotornya, persamaan ini dapat dituliskan sebagai berikut :

a. Jika  $TG - TB = \Delta T < 0$ , maka  $\frac{d\omega}{dt} < 0$ , sehingga frekuensi akan turun.

b. Jika  $TG - TB = \Delta T > 0$ , maka  $\frac{d\omega}{dt} > 0$ , sehingga frekuensi akan naik.

Sedangkan hubungan antara arus, tegangan dan daya dapat dirimuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

Sehingga nilai frekuensi akan turun seiring dengan turunnya tegangan, faktor daya dan putaran motor. Sedangkan semakin besar arus yang mengalir maka frekuensi yang bekerja pada beban akan semakin kecil.

Keterangan :

TG = Torsi pergerakan generator

TB = Torsi beban

$\omega$  = Kecepatan sudut

P = Daya

V = Tegangan





I = Arus

### 4.3 Solusi Perbaikan Keandalan Sistem

Dari hasil pengukuran sistem kerja panel Hydrant masih terdapat beberapa parameter yang memiliki nilai yang tidak sesuai standar, sehingga diperlukan solusi perbaikan agar Panel Hydrant ini dapat bekerja dengan maksimal atau sistem distribusi listrik yang disalurkan memiliki keandalan. Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan penulis untuk memperbaiki keandalan sistem, antara lain :

#### 1. Perhitungan Hambatan pada Penghantar

Salah satu Power losses ditentukan oleh besarnya hambatan kabel, sesuai dengan penghantar yang digunakan pada panel MCC di Universitas Aisyiyah Yogyakarta dari panel Motor Control Center (MCC) ke Low Voltage *Main Distribution Panel* (LVMDP) menggunakan ukuran penghantar setiap fasa dan netral menggunakan kabel dengan luas penampang 16 mm<sup>2</sup>. Jenis kabel NYY dengan luas penampang 16 mm<sup>2</sup> dengan panjang kabel 0,7 (km) memiliki hambatan 0,00805 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

2. Nilai Ordo Harmonisa pada Panel *Hydrant* saat Sistem Bekerja

Tabel 4.37 Nilai Ordo Harmonisa

No	Orde	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Netral	Satuan
1	1	53,9	54,2	55,1	4,6	Ampere
2	3	1,9	2,3	1,8	1	Ampere
3	5	1,3	1,4	1,3	0,5	Ampere
4	7	0,7	3,7	0,7	0,3	Ampere
5	9	2,3	3,5	3,2	0,3	Ampere
6	11	1,3	1,8	2,3	0,2	Ampere
7	13	1,1	2	1,4	0,2	Ampere
8	15	0,7	1	0,9	0,2	Ampere
9	17	0,4	0,8	0,5	0,2	Ampere
10	19	0,3	0,3	0,3	0,2	Ampere
11	21	0,3	0,3	0,2	0	Ampere
12	23	0,2	0,3	0,2	0	Ampere
13	25	0,2	0,4	0,3	0	Ampere
14	27	0,2	0,4	0,2	0	Ampere
15	29	0,2	0,3	0,3	0	Ampere
16	31	0,2	0,4	0,2	0	Ampere
17	33	0,2	0,3	0,2	0	Ampere
18	35	0	0,2	0,2	0	Ampere
19	37	0	0,2	0	0	Ampere
20	39	0	0	0	0	Ampere
21	41	0	0	0	0	Ampere
22	43	0	0	0	0	Ampere
23	46	0	0	0	0	Ampere
24	47	0	0	0	0	Ampere
25	49	0	0	0	0	Ampere

3. Perhitungan fasa Loses 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

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

$$\begin{aligned} \Delta P_R = & (0,00805 \times 53,9^2) + (0,00805 \times 1,9^2) + (0,00805 \times 1,3^2) + (0,00805 \times \\ & 0,7^2) + (0,00805 \times 2,3^2) + (0,00805 \times 1,3^2) + (0,00805 \times 1,1^2) + (0,00805 \times \\ & 0,7^2) + (0,00805 \times 0,4^2) + (0,00805 \times 0,3^2) + (0,00805 \times 0,3^2) + (0,00805 \times \\ & 0,2^2) + (0,00805 \times 0,2^2) + (0,00805 \times 0,2^2) + (0,00805 \times 0,2^2) + (0,00805 \times \\ & 0,2^2) + (0,00805 \times 0,2^2) = 22.733 \text{ Watt} \end{aligned}$$

-

Perhitungan mencari *Power Losses* fasa S

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

$$\begin{aligned} \Delta P_S = & (0,00805 \times 54,2^2) + (0,00805 \times 2,3^2) + (0,00805 \times 1,4^2) \\ & + (0,00805 \times 3,7^2) + (0,00805 \times 3,5^2) + (0,00805 \times 1,8^2) \\ & + (0,00805 \times 2^2) + (0,00805 \times 1^2) + (0,00805 \times 0,8^2) \\ & + (0,00805 \times 0,3^2) + (0,00805 \times 0,3^2) + (0,00805 \times 0,3^2) \\ & + (0,00805 \times 0,4^2) + (0,00805 \times 0,4^2) + (0,00805 \times 0,3^2) \\ & + (0,00805 \times 0,4^2) + (0,00805 \times 0,3^2) + (0,00805 \times 0,2^2) \\ & + (0,00805 \times 0,2^2) \end{aligned}$$

$$= 23,995 \text{ Watt}$$

Perhitungan mencari *Power Losses* fasa T

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

$$\begin{aligned} \Delta P_T &= (0,00805 \times 55,1^2) + (0,00805 \times 1,8^2) + (0,00805 \times 1,3^2) \\ &\quad + (0,00805 \times 0,7^2) + (0,00805 \times 3,2^2) + (0,00805 \times 2,3^2) \\ &\quad + (0,00805 \times 1,4^2) + (0,00805 \times 0,9^2) + (0,00805 \times 0,5^2) \\ &\quad + (0,00805 \times 0,3^2) + (0,00805 \times 0,2^2) + (0,00805 \times 0,2^2) \\ &\quad + (0,00805 \times 0,3^2) + (0,00805 \times 0,2^2) + (0,00805 \times 0,3^2) \\ &\quad + (0,00805 \times 0,2^2) + (0,00805 \times 0,2^2) + (0,00805 \times 0,2^2) \end{aligned}$$

$$= 24,637 \text{ Watt}$$

Perhitungan mencari *Power Losses* Netral

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

$$\begin{aligned} \Delta P_N &= (0,00805 \times 4,6^2) + (0,00805 \times 1^2) + (0,00805 \times 0,5^2) \\ &\quad + (0,00805 \times 0,3^2) + (0,00805 \times 0,3^2) + (0,00805 \times 0,2^2) \\ &\quad + (0,00805 \times 0,2^2) + (0,00805 \times 0,2^2) + (0,00805 \times 0,2^2) \\ &\quad + (0,00805 \times 0,2^2) \end{aligned}$$

$$= 0,184 \text{ Watt}$$

Nilai total *Power Losses* akibat ketidakseimbangan beban dan harmonisa pada setiap fasa (R, S, T) dan Netral disajikan pada tabel 4.42 sebagai berikut :

Tabel 4.38 Nilai Total Power Losses

Fasa R (Watt)	Fasa S (Watt)	Fasa T (Watt)	Netral (Watt)	Total (Watt)
22,733	23,995	24,637	0,184	71,549

#### 4. Perhitungan Tarif Dasar Listrik Gedung

Universitas Aisyiyah 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 terjadi saat sistem bekerja pada pukul 18:00 – 22:00. Bila dihitung maka waktu beban puncak selama 5 jam.

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

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

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

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.

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

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

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

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

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

5. 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 4.39 Nilai Kerugian Akibat Ketidakseimbangan Beban dan Harmonisa

Besar Power Losses ( $\Delta P$ ) [kW]	0,0071549
Besar Power Losses perhari ( $\Delta P \times 24$ ) [kW]	0,1717176
Biaya akibat Power Losses perhari ( $\Delta P$ perhari X Rp 1.036)	Rp 177,899
Biaya akibat Power Losses perbulan (panel pada umumnya bekerja 1x dalam 1 bulan pada saat perawatan rutin)	Rp 177,899
Biaya akibat Power Losses pertahun	Rp 2.134,788

6. Perbaikan Nilai Harmonisa 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 siste 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 4.40 Harmonisa Orde 3

<b>Orde 3 Maksimum</b>	
<b>Fasa</b>	<b>Harmonisa (%)</b>
Fasa R	9,5
Fasa S	11,3
Fasa T	11,6

Tabel 4.41 Harmonisa Orde 5

<b>Orde 5 Maksimum</b>	
<b>Fasa</b>	<b>Harmonisa (%)</b>
Fasa R	6,6
Fasa S	9,4
Fasa T	9,6

Tabel 4.42 Harmonisa Orde 7

<b>Orde 7 Maksimum</b>	
<b>Fasa</b>	<b>Harmonisa (%)</b>
Fasa R	4,7
Fasa S	12
Fasa T	7

Tabel 4.43 Harmonisa Orde 9

<b>Orde 9 Maksimum</b>	
<b>Fasa</b>	<b>Harmonisa (%)</b>
Fasa R	5,2
Fasa S	35,6
Fasa T	37,8

Dari harmonisa tiap orde yang ada pada tabel 4.40 sampai dengan 4.43, diketahui bahwa harmonisa pada orde ke-9 melebihi batas standar yang sudah ditentukan ( $<12,5$ ), dengan nilai fasa R yaitu 5,2 %, fasa S 35,6 %, dan fasa T yaitu 37,8 %.

Sehingga dapat dihitung spesifikasi untuk Filter Pasif *Single Tuned* pada orde ke-9. Maka nilai filternya adalah :

#### 1. Spesifikasi Resistor

Pada orde ke-9 diketahui nilai maksimal arus harmonisa adalah 3,5 ampere, dengan tegangan kerja pada panel sebesar 380V.

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

$$R = \frac{380 \text{ V}}{3,5 \text{ A}}$$

$$R = 108,57 \Omega$$

$$P = V \times I$$

$$P = 380 \text{ V} \times 3,5 \text{ A}$$

$$P = 1,33 \text{ Watt}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui, nilai resistor yang digunakan sebesar 108,57  $\Omega$  dengan rating daya sebesar 1,33 watt.

#### 2. Q Faktor

Rentang nilai Q faktor yang telah ditetapkan adalah 30-100. Sehingga dapat dipilih nilai kualitas filter sebesar 30.

$$X_L = X_C = X_n$$

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

$$X_n = Q \times R$$

$$X_n = 30 \times 108,57$$

$$X_n = 3.257\Omega$$

### 3. Spesifikasi Induktor

Frekuensi *tunning* pada harmonisa ke-9 yaitu 150 Hz. Namun agar kerja filter mencapai peforma maksimal, diberi nilai toleransi sehingga frekuensi *tunning* yaitu 145 Hz.

$$X_L = \omega L$$
$$L = \frac{3.257}{2 \times 3,14 \times 145}$$
$$L = 3,577 H$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui, nilai induktor yang digunakan yaitu 3,577 H dan rating arusnya yaitu 3,5 A.

### 4. Spesifikasi Kapasitor:

Frekuensi *tunning* pada harmonisa orde ke-9 yaitu 150 Hz. Namun agar kerja filter mencapai peforma maksimal, diberi nilai toleransi sehingga frekuensi *tunning* yaitu 145 Hz.

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$
$$C = \frac{1}{\omega X_C}$$
$$C = \frac{1}{(2 \times 3,14 \times 145)3.257}$$
$$C = 3,3717 \times 10^{-7} \mu F$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui, nilai kapasitor yang digunakan yaitu  $3,3717 \times 10^{-7} \mu F$