

## BAB IV

### ISI DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Alat Ukur Power Quality Analyzer

Adalah suatu peralatan ukur yang digunakan untuk mengetahui kualitas daya dari tenaga listrik. Alat ini sangat kompleks, karena dapat mengukur tegangan, arus listrik, frekuensi, daya kompleks, daya aktif, daya reaktif dan factor daya. Pada penelitian ini, parameter yang diukur menggunakan peralatan ini adalah besaran listrik dasar, yaitu tegangan, arus dan frekuensi listrik.



Gambar 4.1 Fluke series 435

Tabel 4.1 Spesifikasi Powe Quality Analyzer

<b>Product specifications</b>				
	<b>Model</b>	<b>Measurement range</b>	<b>Resolution</b>	<b>Accuracy</b>
<b>Volt</b>				
<b>Vrms (ac+dc)</b>	435-II	1 V to 1000 V phase to neutral	0.01 V	± 0.1% of nominal voltage****
<b>Vpk</b>		1 Vpk to 1400 Vpk	1 V	5% of nominal voltage
<b>Voltage Crest Factor (CF)</b>		1.0 > 2.8	0.01	± 5 %
<b>Vrms<sup>1/2</sup></b>	435-II		0.1 V	± 0.2% of nominal voltage
<b>Vfund</b>	435-II		0.1 V	± 0.1% of nominal voltage
<b>Amps (accuracy excluding clamp accuracy)</b>				
<b>Amps (ac +dc)</b>	i430-Flex 1x	5 A to 6000 A	1 A	± 0.5% ± 5 counts
	i430-Flex 10x	0.5 A to 600 A	0.1 A	± 0.5% ± 5 counts
	1mV/A 1x	5 A to 2000 A	1A	± 0.5% ± 5 counts
	1mV/A 10x	0.5 A A to 200 A (ac only)	0.1 A	± 0.5% ± 5 counts

<b>Apk</b>	i430-Flex	8400 Apk	1 Arms	± 5 %
	1mV/A	5500 Apk	1 Arms	± 5 %
<b>A Crest Factor (CF)</b>		1 to 10	0.01	± 5 %
<b>Amps<sup>1/2</sup></b>	i430-Flex 1x	5 A to 6000 A	1 A	± 1% ± 10 counts
	i430-Flex 10x	0.5 A to 600 A	0.1 A	± 1% ± 10 counts
	1mV/A 1x	5 A to 2000 A	1A	± 1% ± 10 counts
	1mV/A 10x	0.5 A A to 200 A (ac only)	0.1 A	± 1% ± 10 counts
<b>Afund</b>	i430-Flex 1x	5 A to 6000 A	1 A	± 0.5% ± 5 counts
	i430-Flex 10x	0.5 A to 600 A	0.1 A	± 0.5% ± 5 counts
	1mV/A 1x	5 A to 2000 A	1A	± 0.5% ± 5 counts
	1mV/A 10x	0.5 A A to 200 A (ac only)	0.1 A	± 0.5% ± 5 counts
<b>Hz</b>				
<b>Hz</b>	Fluke 435 @ 50 Hz nominal	42.500 Hz to 57.500 Hz	0.001 Hz	± 0.01 Hz
	Fluke 435	51.000 Hz to 69.000 Hz		

	@ 60 Hz nominal		0.001 Hz	± 0.01 Hz
<b>Power</b>				
<b>Watts (VA, var)</b>	i430-Flex	max 6000 MW	0.1 W to 1 MW	± 1% ± 10 counts
	1 mV/A	max 2000 MW	0.1 W to 1 MW	± 1% ± 10 counts
<b>Power factor (Cos j/DPF)</b>		0 to 1	0.001	± 0.1% @ nominal load conditions
<b>Energy</b>				
<b>kWh (kVAh, kvarh)</b>	i430-Flex 10x	Depends on clamp scaling and V nominal		± 1% ± 10 counts
<b>Energy loss</b>	i430-Flex 10x	Depends on clamp scaling and V nominal		± 1% ± 10 counts Excluding line resistance accuracy
<b>Harmonics</b>				
<b>Harmonic order (n)</b>		DC, 1 to 50 Grouping: Harmonic groups according to IEC 61000-4-7		
<b>Inter-harmonic order (n)</b>		OFF, 1 to 50 Grouping: Harmonic and Interharmonic subgroups according to IEC 61000-4-7		

<b>Volts</b>	%f	0.0 % to 100 %	0.1 %	$\pm 0.1\% \pm n \times 0.1\%$
	%r	0.0 % to 100 %	0.1 %	$\pm 0.1\% \pm n \times 0.4\%$
	Absolute	0.0 to 1000 V	0.1 V	$\pm 5\% *$
	THD	0.0 % to 100 %	0.1 %	$\pm 2.5\%$
<b>Amps</b>	%f	0.0 % to 100 %	0.1 %	$\pm 0.1\% \pm n \times 0.1\%$
	%r	0.0 % to 100 %	0.1 %	$\pm 0.1\% \pm n \times 0.4\%$
	Absolute	0.0 to 600 A	0.1 A	$\pm 5\% \pm 5 \text{ counts}$
	THD	0.0 % to 100 %	0.1 %	$\pm 2.5\%$
<b>Watts</b>	%f or %r	0.0 % to 100 %	0.1 %	$\pm n \times 2\%$
	Absolute	Depends on clamp scaling and V nominal	—	$\pm 5\% \pm n \times 2\% \pm 10 \text{ counts}$
	THD	0.0 % to 100 %	0.1 %	$\pm 5\%$
<b>Phase Angle</b>		$-360^\circ$ to $+0^\circ$	$1^\circ$	$\pm n \times 1^\circ$
<b>Flicker</b>				
<b>Plt, Pst, Pst(1min) Pinst</b>		0.00 to 20.00	0.01	$\pm 5\%$
<b>Unbalance</b>				
<b>Volts</b>	%	0.0 % to 20.0 %	0.1 %	$\pm 0.1\%$

<b>Amps</b>	%	0.0 % to 20.0 %	0.1%	± 1 %
<b>Mains signaling</b>				
<b>Threshold levels</b>		Threshold, limits and signaling duration is programable for two signaling frequencies	—	—
<b>Signaling frequency</b>		60 Hz to 3000 Hz	0.1 Hz	
<b>Relative V%</b>		0 % to 100 %	0.10 %	± 0.4 %
<b>Absolute V3s (3 second avg.)</b>		0.0 V to 1000 V	0.1 V	± 5 % of nominal voltage

<b>General specifications</b>	
<b>case</b>	Design Rugged, shock proof with integrated protective holster Drip and dust proof IP51 according to IEC60529 when used in tilt stand position Shock and vibration Shock 30 g, vibration: 3 g sinusoid, random 0.03 g 2 /Hz according to MIL-PRF-28800F Class 2
<b>Display</b>	Brightness: 200 cd/m 2 typ. using power adapter, 90 cd/m 2 typical using battery power Size: 127 mm x 88 mm (153 mm/6.0 in diagonal) LCD Resolution: 320 x 240 pixels Contrast and brightness: user-adjustable, temperature compensated
<b>Memory</b>	8GB SD card (SDHC compliant, FAT32 formatted) standard, upto 32GB optionally Screen save and multiple data memories for storing data including recordings

	(dependent on memory size)
<b>Real-time clock</b>	Time and date stamp for Trend mode, Transient display, System Monitor and event capture

<b>Environmental</b>	
<b>Operating temperature</b>	0 °C ~ +40 °C; +40 °C ~ +50 °C excl. battery
<b>Storage temperature</b>	-20 °C ~ +60 °C
<b>Humidity</b>	+10 °C ~ +30 °C: 95% RH non-condensing +30 °C ~ +40 °C: 75% RH non-condensing +40 °C ~ +50 °C: 45% RH non-condensing
<b>Maximum operating altitude</b>	Up to 2,000 m (6666 ft) for CAT IV 600 V, CAT III 1000 V Up to 3,000 m (10,000 ft) for CAT III 600 V, CAT II 1000 V Maximum storage altitude 12 km (40,000 ft)
<b>Electro-Magnetic-Compatibility (EMC)</b>	EN 61326 (2005-12) for emission and immunity
<b>Interfaces</b>	mini-USB-B, Isolated USB port for PC connectivity SD card slot accessible behind instrument battery
<b>Warranty</b>	Three years (parts and labor) on main instrument, one year on accessories

## 4.2 Spesifikasi Motor RAW MILL

**BRUSH**

**HAWKER SIDDELEY**

**INDUCTION MOTOR**

Tabel 4.2 Motor Induksi 3 Fasa RAW MILL

INFORMATION	SPECIFICATION
OUTPUT KW	2500
R/MIN	994
VOLTS	6600
AMPS	264.6
PF	0.86
PHASE/HZ	Mar-50
PHASE CONN	STAR
ROTOR VOLTS	2673
ROTOR AMPS	555
DATE	1996
COOLANT	AIR
DE BRG	NU236M/C3 VLO24



INFORMATION	SPECIFICATION
NDE BRG	6330M/C3 VL024
S/C CAP T/BOX	PURCHASE ORDER NO/3NS63160
PROTECTION	OCR, UNBALANCE, ROTATION CURRENT
TYPE	MOTOR
FRAME	NWA560/42
MACHINE NO	62214A-1M
TING	M.C.R.S1
SPEC	B.S.5000.PT.99
AMB TEMP	40°C
ALTITUDE	1000m
CLASS INSUL	F
TEMP RISE	80°C
NETT WT	13.090 KG
ENCLOSURE	CACA IP55
RE-LUB	4000 HRS
RE-LUB	4000HRS

### 4.3 Langkah Pengukuran

Pengukuran dilakukan pada motor induksi 3-fasa PLANT 10 RAW MILL SS E3. Durasi pengukuran pada panel selama 15 menit dengan interval waktu pengambilan data setiap 10 detik. Langkah-langkah yang dilakukan antara lain :

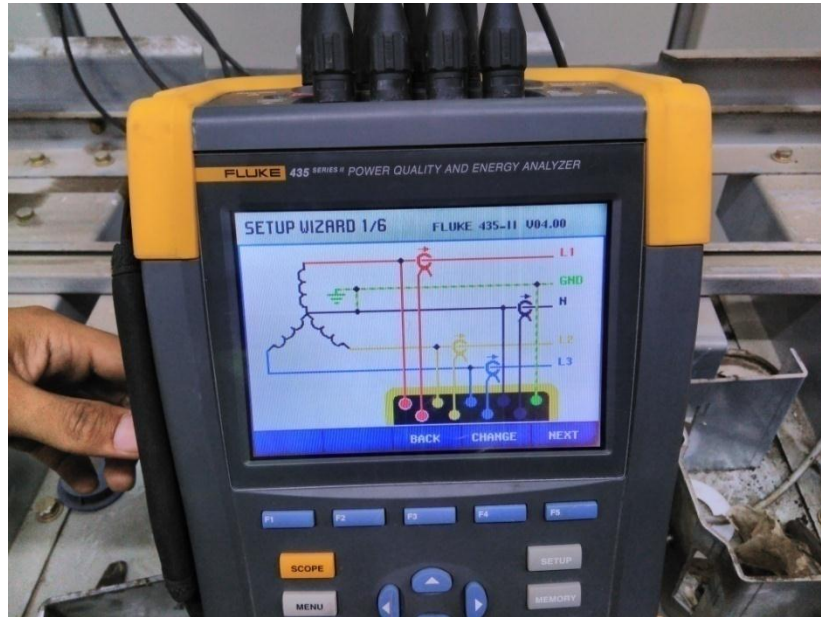
1. Menghidupkan *Power Quality And Energy Analyzer Fluke series-435*. Sebagai alat ukur yang digunakan.
2. Menghubungkan clamp i430TF pada masing-masing fasa R, S, T panel dengan pola warna yang sesuai.



Gambar 4.2 Pengukuran pada masing-masing R, S, T

3. Menghubungkan jumper tegangan R, S, T serta grounding pada panel sesuai warna masing-masing kemudian dikoneksikan pada alat ukur *Power Quality and Energy Analyzer Fluke series-435*.

4. Menentukan jenis sambungan yang digunakan pada motor induksi 3-fasa RAW MILL SS E3.



Gambar 4.3 jenis sambungan yang digunakan pada motor induksi 3-fasa.

5. Menentukan frekuensi yang digunakan pada motor induksi 3-fasa RAW MILL SS E3.



Gambar 4.4 Menentukan frekuensi yang digunakan pada motor induksi 3-fasa.

6. Menentukan tegangan nominal yang digunakan pada motor induksi 3-fasa.



Gambar 4.5 Menentukan tegangan nominal yang digunakan pada motor induksi 3-fasa.



7. Menentukan seri pengukuran yang digunakan pada motor induksi 3-fasa.



Gambar 4.6 Menentukan batas-batas yang digunakan untuk kualitas daya monitor

8. Menentukan skala arus yang digunakan pada motor induksi 3-fasa.



Gambar 4.7 Menentukan skala arus yang digunakan pada motor induksi 3-fasa.

9. Menentukan skala tegangan yang digunakan motor induksi 3-fasa.



Gambar 4.8 Menentukan skala tegangan yang digunakan motor induksi 3-fasa.

10. Melakukan pengecekan apakah data sudah terbaca dengan baik oleh alat ukur, jika belum ulangan langkah 1 sampai 9.



Amp	L1	L2	L3	N
H5%F	2.7	2.8	2.4	17.5
Amp	L1	L2	L3	N
H6%F	0.3	0.4	0.3	14.4
Amp	L1	L2	L3	N
H7%F	1.7	1.6	1.7	12.3
Amp	L1	L2	L3	N
H8%F	0.3	0.3	0.2	10.5

04/08/16 15:37:19 660V 50Hz 3Ø WVE ENS0160

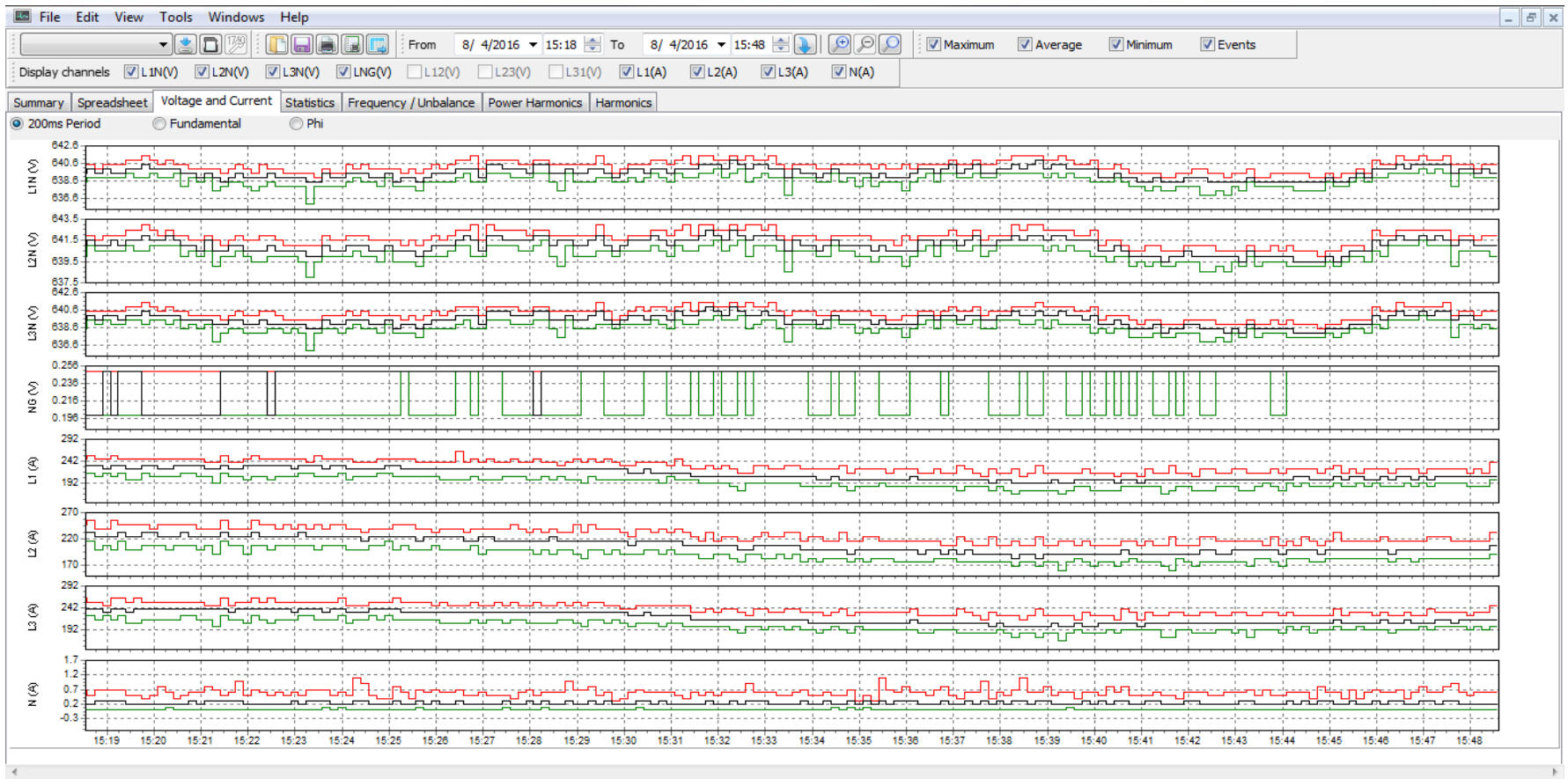
UP DOWN HARMONIC GRAPH TREND EVENTS 0 HOLD RUN

Gambar 4.9 display information Power Quality and Energy Analyzer Fluke series-435.

11. Setelah pengukuran sudah benar selanjutnya mulai recording atau perekaman dan simpan hasil pengukuran.

Setelah data selesai direkam langkah selanjutnya adalah transfer data hasil rekaman dari alat ukur *Power Quality and Energy Analyzer Fluke series-435* ke komputer. Langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Matikan alat ukur lalu lepaskan memory pada alat ukur.
2. Instalasi software *power log* sebagai *interface Power Quality and Energy Analyzer Fluke series-435*.
3. Buka software *power log* lalu pilih download recorded data pada menu *toolbar* untuk menyimpan hasil pengukuran di computer.
4. Membuka folder data (SD card.fpq) yang telah disimpan pada komputer.  
Setelah itu akan tampil data yang telah direkam pada power analyzer.

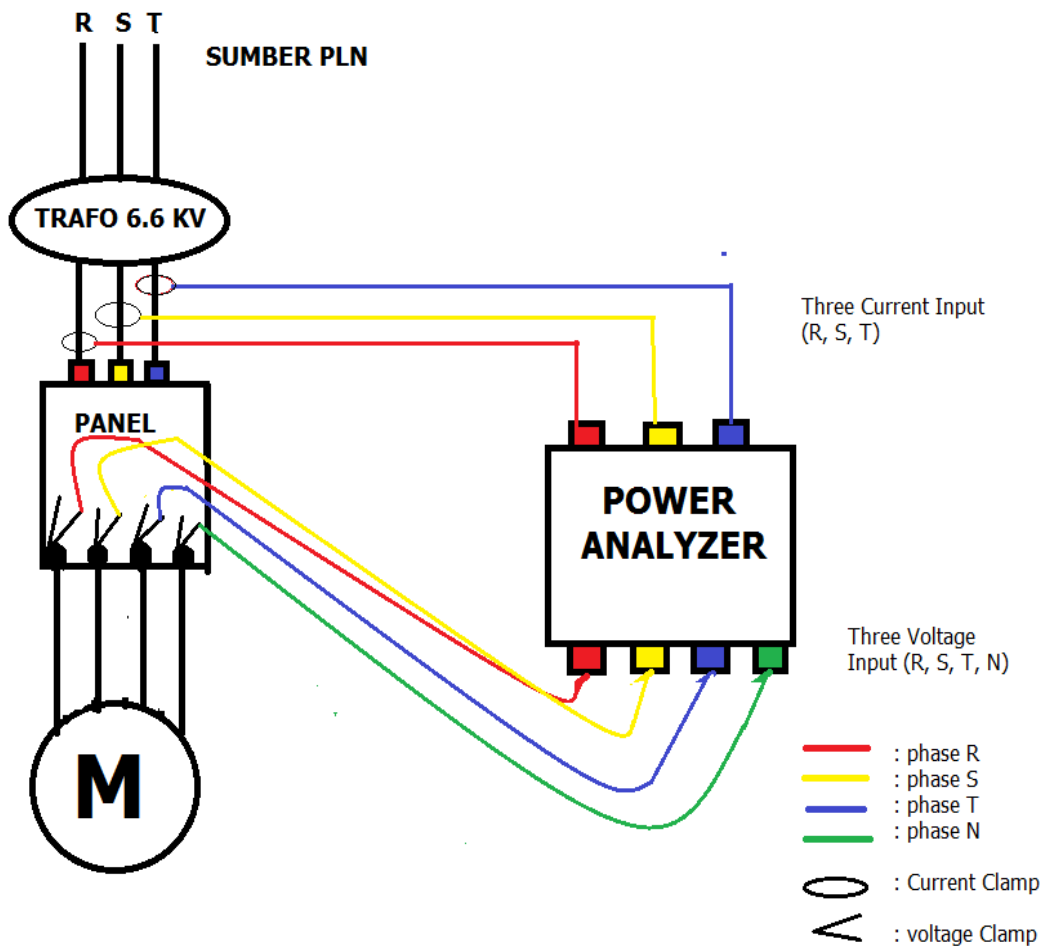


Gambar 4.10 tampilan software *power log* serta data pengukuran.



Dari gambar 4.10 diatas dapat dilihat yaitu tampilan data yang telah di rekam dari software power log. Pada gambar berikut tercantum bebrapa gelombang harmonic yang timbul pada motor induksi 3-fasa. Yaitu gelombang tegangan pada line 1,2,3 dan Netral, kemudian gelombang arus pada line 1,2,3 dan Netral.

#### 4.4 SKEMA PENGUKURAN POWER ANALYZER



Gambar 4.11 pemasangan alat ukur power analyzer pada panel motor RAW MILL

Dari gambar diatas bisa dilihat ada dua fungsi dari alat power analyzer yang memiliki tiga input untuk arus dan empat input untuk tegangan yang dimana tiga input berfungsi untuk mengukur arus pada fasa R, S, T dan empat input untuk mengukur tegangan pada fasa R, S, T, N.

Alat yang dipakai untuk mengukur arus menggunakan sensor arus atau current clamp sehingga tidak perlu untuk membuka rangkaian yang dimana menggunakan prinsip induksi magnetic. Prinsip induksi magnetic adalah kuat medan magnet akibat adanya arus listrik yang mengalir dalam konduktor. Sedangkan untuk mengukur tegangan menggunakan jepit buaya atau voltage clamp yang dijepit pada sekrup yang terhubung pada tegangan fasa R, S, T, dan Netral.

Berikut data yang didapat dari hasil pengukuran harmonisa pada motor induksi 3-fasa:

- 1 Tegangan dan Arus Fundamental.
- 2 Daya Aktif
- 3 Daya Reaktif
- 4 Daya semu.
- 5 Tegangan dan Arus
- 6 THD (*Total Harmonic Distortion*) Tegangan dan Arus.
- 7 Cos Phi

#### **4.5 Cara Mendapatkan THD Arus**

Cara mendapatkan THD arus dalam pengukuran yang pertama adalah menentukan jenis sambungan yang digunakan pada motor induksi 3-fasa, kemudian memilih kategori pengukuran harmonic, setelah itu mengatur frekuensi, skala arus, dan skala tegangan pada alat ukur. Setelah dilakukan pengukuran pada table 4.3 data yang didapat telah disimpan pada memory, selanjutnya adalah memindahkan data tersebut pada software *power log*, kemudian *export* data THD arus maksimum orde 1 sampai 50. Setelah itu simpan data dan buka melalui *software excel*. Data yang telah di *export* ke excel kemudian dibuat table dan grafik untuk dibandingkan dengan standar IEEE THD arus. Apakah masih dalam batas standar atau melebihi.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran THD Arus orde 1 sampai 50

Date	Time	% THD A L1 Max	% THD A L2 Max	%THD A L3 Max
4/8/2016	15:18:34 252msec	4.67	7.07	12.23
4/8/2016	15:18:44 252msec	3.63	3.68	3.38
4/8/2016	15:18:54 252msec	3.66	3.57	3.34
4/8/2016	15:19:04 252msec	3.56	3.51	3.28
4/8/2016	15:19:14 252msec	3.66	4	3.26
4/8/2016	15:19:24 252msec	3.45	3.46	3.22
4/8/2016	15:19:34 252msec	3.54	3.55	3.38
4/8/2016	15:19:44 252msec	3.68	3.64	3.36
4/8/2016	15:19:54 252msec	3.55	3.53	3.33
4/8/2016	15:20:04 252msec	3.54	3.38	3.46
4/8/2016	15:20:14 252msec	3.67	3.48	3.32
4/8/2016	15:20:24 252msec	3.6	3.57	3.47
4/8/2016	15:20:34 252msec	3.56	3.49	3.42
4/8/2016	15:20:44 252msec	3.55	3.55	3.42
4/8/2016	15:20:54 252msec	3.56	3.52	3.35
4/8/2016	15:21:04 252msec	3.65	3.5	3.3
4/8/2016	15:21:14 252msec	3.64	3.58	3.32
4/8/2016	15:21:24 252msec	3.72	3.47	3.54
4/8/2016	15:21:34 252msec	3.5	3.45	3.32

Date	Time	% THD A L1 Max	% THD A L2 Max	%THD A L3 Max
4/8/2016	15:21:44 252msec	3.49	3.5	3.31
4/8/2016	15:21:54 252msec	3.53	3.52	3.32
4/8/2016	15:22:04 252msec	3.52	3.53	3.43
4/8/2016	15:22:14 252msec	3.56	3.52	3.53
4/8/2016	15:22:24 252msec	3.52	3.56	3.21
4/8/2016	15:22:34 252msec	3.52	3.5	3.28
4/8/2016	15:22:44 252msec	3.63	3.42	3.38
4/8/2016	15:22:54 252msec	3.57	3.49	3.47
4/8/2016	15:23:14 252msec	3.51	3.56	3.37
4/8/2016	15:23:24 252msec	3.49	3.65	3.48
4/8/2016	15:23:34 252msec	3.53	3.74	3.46
4/8/2016	15:23:44 252msec	3.54	3.67	3.59
4/8/2016	15:23:54 252msec	3.53	3.46	3.39
4/8/2016	15:24:04 252msec	3.49	3.51	3.35
4/8/2016	15:24:14 252msec	3.62	3.55	3.38
4/8/2016	15:24:24 252msec	3.68	3.53	3.49
4/8/2016	15:24:34 252msec	3.62	3.5	3.39
4/8/2016	15:24:44 252msec	3.52	3.49	3.55
4/8/2016	15:24:54 252msec	3.49	3.49	3.34
4/8/2016	15:25:04 252msec	3.49	3.55	3.44
4/8/2016	15:25:14 252msec	3.55	3.59	3.44

Date	Time	% THD A L1 Max	% THD A L2 Max	% THD A L3 Max
4/8/2016	15:25:24 252msec	3.57	3.62	3.39
4/8/2016	15:25:34 252msec	3.59	3.61	3.39
4/8/2016	15:25:44 252msec	3.58	3.77	3.38
4/8/2016	15:25:54 252msec	3.61	3.86	3.61
4/8/2016	15:26:04 252msec	3.64	3.66	3.28
4/8/2016	15:26:14 252msec	3.69	3.6	3.65
4/8/2016	15:26:24 252msec	3.64	3.61	3.51
4/8/2016	15:26:34 252msec	3.83	3.65	3.46
4/8/2016	15:26:44 252msec	3.62	3.64	3.49
4/8/2016	15:26:54 252msec	3.68	3.78	3.43
4/8/2016	15:27:04 252msec	3.68	3.49	3.53
4/8/2016	15:27:14 252msec	3.67	3.51	3.47
4/8/2016	15:27:24 252msec	3.91	3.51	3.66
4/8/2016	15:27:34 252msec	3.77	3.56	3.55
4/8/2016	15:27:44 252msec	3.82	3.53	3.5
4/8/2016	15:27:54 252msec	3.73	3.55	3.46
4/8/2016	15:28:14 252msec	3.73	3.52	3.38
4/8/2016	15:28:24 252msec	3.8	3.52	3.33
4/8/2016	15:28:34 252msec	3.78	3.65	3.36
4/8/2016	15:28:44 252msec	3.82	3.61	3.36
4/8/2016	15:28:54 252msec	3.89	3.66	3.4

Date	Time	% THD A L1 Max	% THD A L2 Max	% THD A L3 Max
4/8/2016	15:29:04 252msec	3.89	3.71	3.32
4/8/2016	15:29:14 252msec	3.72	3.48	3.41
4/8/2016	15:29:24 252msec	3.68	3.56	3.35
4/8/2016	15:29:34 252msec	3.7	3.61	3.38
4/8/2016	15:29:44 252msec	3.83	3.56	3.3
4/8/2016	15:29:54 252msec	3.8	3.51	3.32
4/8/2016	15:30:04 252msec	3.69	3.51	3.41
4/8/2016	15:30:14 252msec	3.95	3.61	3.49
4/8/2016	15:30:24 252msec	3.87	3.79	3.4
4/8/2016	15:30:34 252msec	3.81	3.7	3.43
4/8/2016	15:30:44 252msec	3.85	3.62	3.46
4/8/2016	15:30:54 252msec	3.85	3.66	3.54
4/8/2016	15:31:04 252msec	3.9	3.52	3.43
4/8/2016	15:31:14 252msec	3.87	3.65	3.52
4/8/2016	15:31:24 252msec	3.77	3.62	3.39
4/8/2016	15:31:34 252msec	3.95	3.74	3.5
4/8/2016	15:31:44 252msec	4.06	3.71	3.54
4/8/2016	15:31:54 252msec	3.99	3.82	3.63
4/8/2016	15:32:04 252msec	4.1	3.75	3.63
4/8/2016	15:32:14 252msec	4.15	3.86	3.67
4/8/2016	15:32:24 252msec	3.92	3.77	3.51

Date	Time	% THD A L1 Max	% THD A L2 Max	% THD A L3 Max
4/8/2016	15:32:34 252msec	3.9	3.76	3.6
4/8/2016	15:32:44 252msec	4	3.88	3.52
4/8/2016	15:32:54 252msec	3.9	3.71	3.71
4/8/2016	15:33:14 252msec	4.12	3.72	3.66
4/8/2016	15:33:24 252msec	3.99	3.67	3.61
4/8/2016	15:33:34 252msec	4.08	3.81	3.45
4/8/2016	15:33:44 252msec	4.02	3.73	3.48
4/8/2016	15:33:54 252msec	4.13	3.72	3.7
4/8/2016	15:34:04 252msec	4.04	3.88	3.58
4/8/2016	15:34:14 252msec	4.13	3.8	3.69
4/8/2016	15:34:24 252msec	4.13	3.98	3.69
4/8/2016	15:34:34 252msec	4.26	3.8	3.75
4/8/2016	15:34:44 252msec	4.06	3.83	3.67
4/8/2016	15:34:54 252msec	4.26	4.08	3.58
4/8/2016	15:35:04 252msec	4.09	3.95	3.74
4/8/2016	15:35:14 252msec	3.99	4.07	3.64
4/8/2016	15:35:24 252msec	3.92	3.98	3.62
4/8/2016	15:35:34 252msec	3.94	3.93	3.59
4/8/2016	15:35:44 252msec	3.91	4.01	3.72
4/8/2016	15:35:54 252msec	3.98	4.04	3.68
4/8/2016	15:36:04 252msec	4.13	3.97	3.64

Date	Time	% THD A L1 Max	% THD A L2 Max	% THD A L3 Max
4/8/2016	15:36:14 252msec	4.17	4.05	3.73
4/8/2016	15:36:24 252msec	4.14	3.93	3.75
4/8/2016	15:36:34 252msec	4.02	3.89	3.71
4/8/2016	15:36:44 252msec	3.95	4.07	3.67
4/8/2016	15:36:54 252msec	3.98	4.01	3.69
4/8/2016	15:37:04 252msec	4.09	3.89	3.59
4/8/2016	15:37:14 252msec	4.11	4	3.72
4/8/2016	15:37:24 252msec	4.13	4.05	3.7
4/8/2016	15:37:34 252msec	4.18	4.03	3.75
4/8/2016	15:37:44 252msec	4.08	4.12	3.76
4/8/2016	15:37:54 252msec	4.26	4.12	3.8
4/8/2016	15:38:14 252msec	4.27	4	3.78
4/8/2016	15:38:24 252msec	4.15	4.07	3.74
4/8/2016	15:38:34 252msec	4.39	4.01	3.82
4/8/2016	15:38:44 252msec	4.17	3.91	3.76
4/8/2016	15:38:54 252msec	4.68	3.97	3.89
4/8/2016	15:39:04 252msec	4.48	4.09	3.91
4/8/2016	15:39:14 252msec	4.14	3.86	3.75
4/8/2016	15:39:24 252msec	4.41	4.07	4.02
4/8/2016	15:39:34 252msec	4.25	4.05	3.97
4/8/2016	15:39:44 252msec	4.3	3.88	3.92



Date	Time	% THD A L1 Max	% THD A L2 Max	% THD A L3 Max
4/8/2016	15:39:54 252msec	4.12	4.06	3.82
4/8/2016	15:40:04 252msec	4.03	4.03	3.88
4/8/2016	15:40:14 252msec	4.08	4.02	4.05
4/8/2016	15:40:24 252msec	3.94	4.07	3.66
4/8/2016	15:40:34 252msec	4.06	4.14	3.8
4/8/2016	15:40:44 252msec	4.01	3.89	3.73
4/8/2016	15:40:54 252msec	4.1	4.01	3.75
4/8/2016	15:41:04 252msec	4.22	4	3.87
4/8/2016	15:41:14 252msec	3.99	3.82	3.91
4/8/2016	15:41:24 252msec	3.93	3.86	3.72
4/8/2016	15:41:34 252msec	4.06	3.99	3.78
4/8/2016	15:41:44 252msec	4.12	4.07	3.66
4/8/2016	15:41:54 252msec	4.03	3.95	3.59
4/8/2016	15:42:04 252msec	3.93	3.96	3.75
4/8/2016	15:42:14 252msec	4.11	4	3.81
4/8/2016	15:42:24 252msec	4.1	4.01	3.58
4/8/2016	15:42:34 252msec	4.01	3.87	3.55
4/8/2016	15:42:44 252msec	4.07	3.92	3.62
4/8/2016	15:42:54 252msec	4.01	3.9	3.67
4/8/2016	15:43:14 252msec	3.95	3.81	3.76
4/8/2016	15:43:24 252msec	3.94	3.87	3.95

Date	Time	% THD A L1 Max	% THD A L2 Max	% THD A L3 Max
4/8/2016	15:43:34 252msec	3.89	3.79	3.82
4/8/2016	15:43:44 252msec	3.9	3.73	3.74
4/8/2016	15:43:54 252msec	3.97	3.79	3.66
4/8/2016	15:44:04 252msec	4.15	3.94	3.95
4/8/2016	15:44:14 252msec	3.93	3.85	3.91
4/8/2016	15:44:24 252msec	3.87	3.79	3.74
4/8/2016	15:44:34 252msec	3.97	3.85	3.59
4/8/2016	15:44:44 252msec	3.96	3.76	3.68
4/8/2016	15:44:54 252msec	3.96	3.85	3.8
4/8/2016	15:45:04 252msec	3.97	3.81	3.74
4/8/2016	15:45:14 252msec	3.95	3.78	3.78
4/8/2016	15:45:24 252msec	4.02	3.9	3.81
4/8/2016	15:45:34 252msec	3.91	3.87	3.71
4/8/2016	15:45:44 252msec	3.82	3.81	3.61
4/8/2016	15:45:54 252msec	3.87	3.99	3.8
4/8/2016	15:46:04 252msec	4.14	3.84	3.77
4/8/2016	15:46:14 252msec	3.93	3.78	3.98
4/8/2016	15:46:24 252msec	4.13	3.87	3.74
4/8/2016	15:46:34 252msec	4	3.78	3.83
4/8/2016	15:46:44 252msec	4.09	3.8	3.7
4/8/2016	15:46:54 252msec	4.03	3.84	3.82

Date	Time	% THD A L1 Max	% THD A L2 Max	% THD A L3 Max
4/8/2016	15:47:04 252msec	3.9	3.83	3.86
4/8/2016	15:47:14 252msec	4.1	3.81	3.68
4/8/2016	15:47:24 252msec	3.91	3.75	3.66
4/8/2016	15:47:34 252msec	4.05	3.83	3.73
4/8/2016	15:47:44 252msec	4.02	3.76	3.77
4/8/2016	15:47:54 252msec	3.93	3.75	3.64
4/8/2016	15:48:14 252msec	3.88	3.83	3.53
4/8/2016	15:48:24 252msec	3.94	3.84	3.67
4/8/2016	15:48:34 252msec	4.12	3.89	3.48

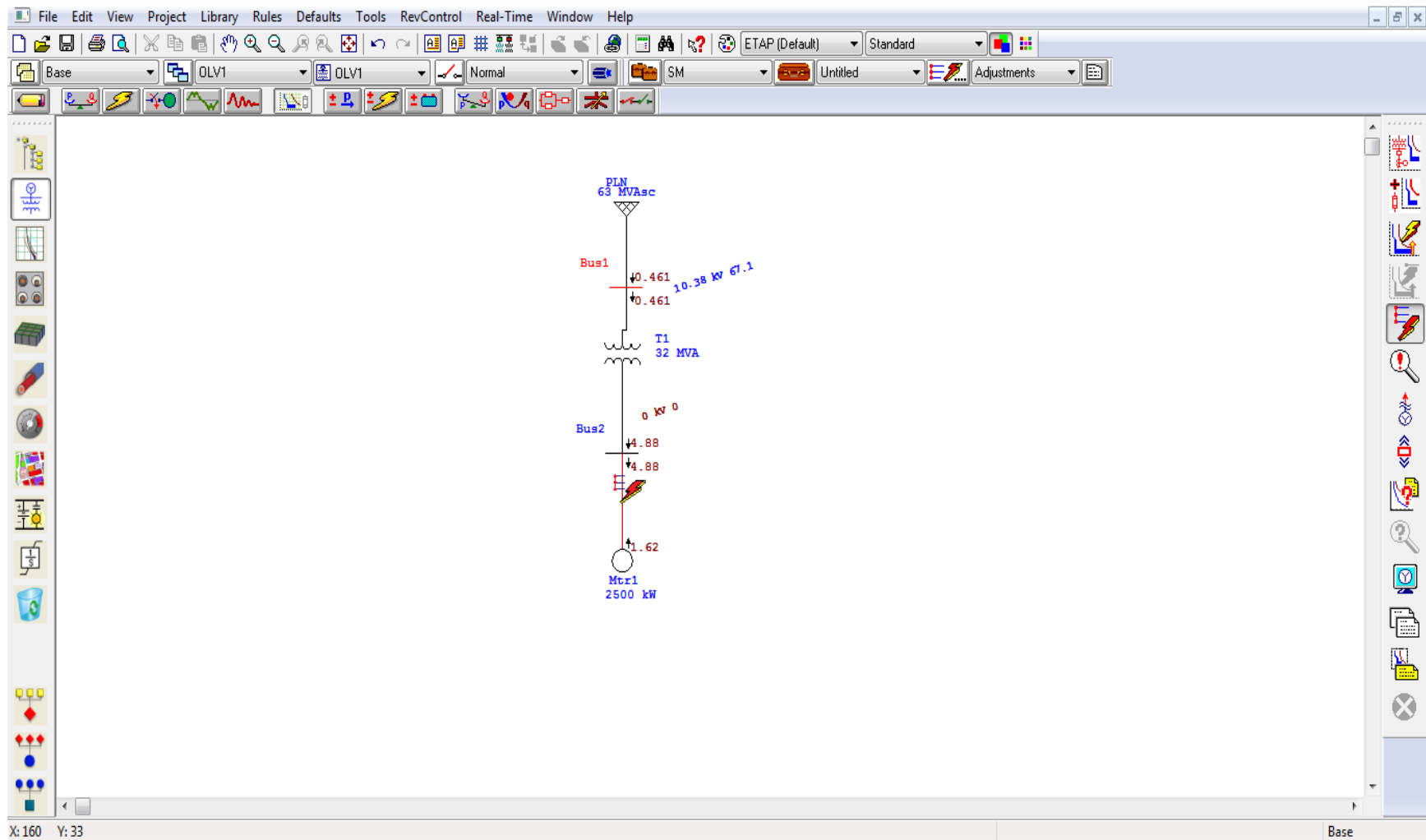
Keterangan :

Date/Time : Tanggal dan waktu pada saat merekam data

%THD A L1 Max : Persen THD Arus maksimum orde 1 sampai 50 pada fasa Line 1

%THD A L2 Max : Persen THD Arus maksimum orde 1 sampai 50 pada fasa Line 2

%THD A L3 Max : Persen THD Arus maksimum orde 1 sampai 50 pada fasa Line 3



Gambar 4.12 simulasi ETAP mencari arus hubung singkat (Isc) pada motor

## SHORT- CIRCUIT REPORT

Fault at bus: **Bus2**

Prefault voltage = 6.600 kV = 100.00 % of nominal bus kV ( 6.600 kV)

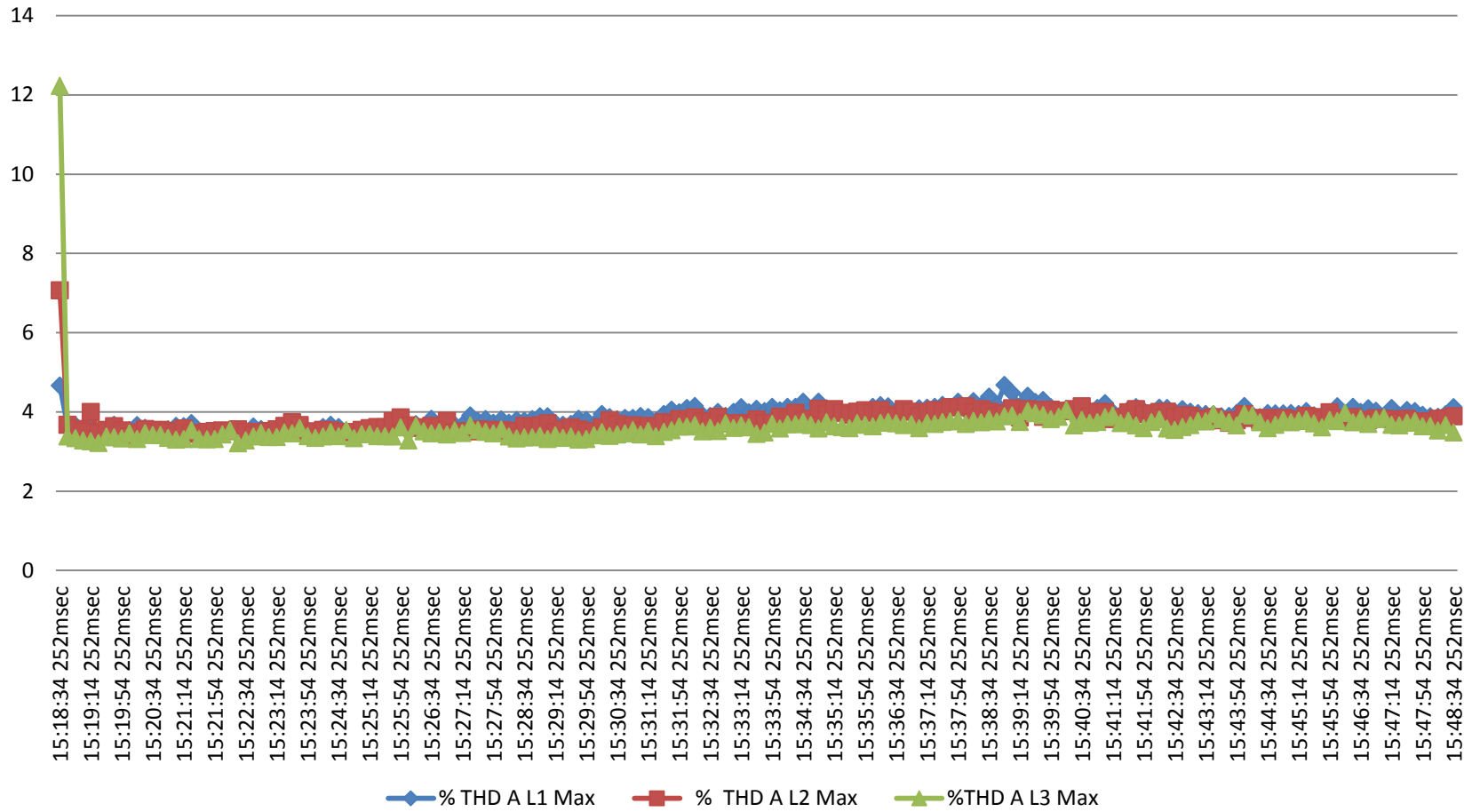
= 100.00 % of base kV ( 6.600 kV)

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances			
		Looking into "From Bus"										
From Bus	To Bus	% V	kA	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
ID	ID	From Bus	Symm. rms	Va	Vb	Vc	Ia	3I0	R1	X1	R0	X0
Bus2	Total	0.00	6.251	0.00	93.04	81.78	8.644	8.644	7.02E+001	1.21E+002	9.72E-001	2.65E+001
Bus1	Bus2	16.48	4.884	69.19	111.11	48.07	7.362	8.644 *	1.13E+002	1.39E+002	9.72E-001	2.65E+001
Mtr1	Bus2	100.00	1.624	100.00	100.00	100.00	1.497	0.000	1.59E+001	5.38E+002		
U1	Bus1	100.00	0.461	100.00	100.00	100.00	0.368	0.000	1.12E+002	1.12E+002	9.94E+001	9.94E+001

# Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

\* Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta- Y transformer

## Grafik THD Arus terhadap Waktu



Gambar 4.13 grafik THD arus terhadap waktu

#### **4.6 Deskripsi table Pengukuran THD Arus**

Dari hasil pengukuran table 4.3 dapat diketahui bahwa nilai THD arus harmonisa maksimum pada line 1 yaitu berada pada waktu 15:38:54 dengan nilai 4.68% hampir mendekati batas standar IEEE, sedangkan nilai THD arus harmonisa minimum berada pada waktu 15:19:24 dengan nilai 3.45%. Pada line 2 nilai THD arus maksimum berada pada waktu 15:38:04 dengan nilai 7.07%, nilai ini sudah melewati batas standar IEEE. Sedangkan nilai THD arus minimum berada pada waktu 15:20:04 dengan nilai 3.38%. Kemudian pada line 3 nilai THD arus maksimum berada pada waktu 15:40:14 dengan nilai 12.03%, nilai ini sudah melewati batas standar IEEE. Sedangkan THD arus minimum berada pada waktu 15:22:24 dengan nilai 3.21%. Maka dari data tersebut dapat dilihat bahwa nilai THD arus maksimum berada pada waktu 15:36:54 dengan nilai sebesar 12.23% pada line 3 dan THD arus minimum berada pada waktu 15:22:24 dengan nilai 3.21% pada line 3.

#### **4.7 Perbandingan THD Arus Harmonisa dengan Standar Harmonisa IEEE**

Perbandingan nilai THD arus harmonisa dengan standar IEEE. Nilai arus hubung singkat atau  $I_{sc}$  dapat dilihat dari hasil simulasi ETAP pada table short circuit report yaitu sebesar  $I_{sc} = 1624$  ampere. Dan arus beban maksimum atau  $I_L$  dapat dilihat dari table 4.2 yaitu sebesar  $I_L = 264.6$  ampere. Maka nilai ratio perbandingan  $I_{sc} : I_L = 6:1 = 6$  sehingga nilai arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) 6 kali lebih besar dari arus beban ( $I_L$ ) jadi nilai  $\frac{I_{sc}}{I_L} < 20$ . Pada table 4.3 hasil pengukuran terlihat bahwa THD arus maksimum pada orde 1 sampai 50 yang timbul pada motor induksi yaitu sebesar 12.03% pada orde  $> 35$ . Dengan demikian THD sudah melebihi batas yang diijinkan dari standar IEEE yaitu sebesar 5%. Bahwa nilai THD arus harmonisa maksimum pada line 3 yaitu berada pada waktu 15:36:54 dengan nilai sebesar 12.23%, dan THD arus minimum berada pada waktu 15:22:24 dengan nilai 3.21% pada line 3.

Tabel 4.4 standar harmonisa IEEE 519-1992 untuk Arus

Nilai Isc/I <sub>L</sub>	Nilai IHD pada setiap orde (%)					Nilai (%) THDi
	<11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	35 > h	
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20-50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50-100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100-1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>10000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Keterangan

Isc : Arus hubung singkat maksimum

I<sub>L</sub> : Arus beban maksimum

IHD : Individual Harmonik Distortion

THD : Total Harmonik Distortion

#### 4.8 Cara Mendapatkan THD Tegangan

Cara mendapatkan THD tegangan dalam pengukuran yang pertama adalah menentukan jenis sambungan yang digunakan pada motor induksi 3-fasa, kemudian memilih kategori pengukuran harmonic, setelah itu mengatur frekuensi, skala arus, dan skala tegangan pada alat ukur. Setelah dilakukan pengukuran pada table 4.3 data yang didapat telah disimpan pada memory, selanjutnya adalah memindahkan data tersebut pada software *power log*, kemudian *export* data THD tegangan maksimum orde 1 sampai 50. Setelah itu simpan data dan buka melalui *software excel*. Data yang telah di *export* ke excel kemudian dibuat table dan grafik untuk dibandingkan dengan standar IEEE THD tegangan. Apakah masih dalam batas standar atau melebihi.



Tabel 4.5 Hasil Pengukuran THD Tegangan orde 1 sampai 50

Date	Time	%THD V L1N Max	%THD V L2N Max	%THD V L3N Max
4/8/2016	15:18:34 252msec	1.35	1.35	1.37
4/8/2016	15:18:44 252msec	1.34	1.35	1.37
4/8/2016	15:18:54 252msec	1.33	1.35	1.35
4/8/2016	15:19:04 252msec	1.36	1.35	1.37
4/8/2016	15:19:14 252msec	1.35	1.35	1.36
4/8/2016	15:19:24 252msec	1.35	1.35	1.36
4/8/2016	15:19:34 252msec	1.35	1.36	1.36
4/8/2016	15:19:44 252msec	1.35	1.36	1.36
4/8/2016	15:19:54 252msec	1.36	1.36	1.39
4/8/2016	15:20:04 252msec	1.35	1.37	1.36
4/8/2016	15:20:14 252msec	1.35	1.36	1.36
4/8/2016	15:20:24 252msec	1.35	1.37	1.37
4/8/2016	15:20:34 252msec	1.36	1.38	1.37
4/8/2016	15:20:44 252msec	1.36	1.38	1.37
4/8/2016	15:20:54 252msec	1.35	1.36	1.36
4/8/2016	15:21:04 252msec	1.35	1.36	1.36
4/8/2016	15:21:14 252msec	1.35	1.36	1.36
4/8/2016	15:21:24 252msec	1.35	1.36	1.36

Date	Time	%THD V L1N Max	%THD V L2N Max	%THD V L3N Max
4/8/2016	15:21:34 252msec	1.33	1.36	1.37
4/8/2016	15:21:44 252msec	1.34	1.36	1.36
4/8/2016	15:21:54 252msec	1.34	1.35	1.35
4/8/2016	15:22:04 252msec	1.34	1.35	1.35
4/8/2016	15:22:14 252msec	1.34	1.36	1.35
4/8/2016	15:22:34 252msec	1.37	1.38	1.38
4/8/2016	15:22:44 252msec	1.36	1.38	1.37
4/8/2016	15:22:54 252msec	1.35	1.37	1.37
4/8/2016	15:23:04 252msec	1.37	1.37	1.37
4/8/2016	15:23:14 252msec	1.35	1.36	1.36
4/8/2016	15:23:24 252msec	1.35	1.36	1.35
4/8/2016	15:23:34 252msec	1.34	1.35	1.35
4/8/2016	15:23:44 252msec	1.34	1.35	1.35
4/8/2016	15:23:54 252msec	1.34	1.35	1.34
4/8/2016	15:24:04 252msec	1.34	1.35	1.35
4/8/2016	15:24:14 252msec	1.34	1.35	1.35
4/8/2016	15:24:24 252msec	1.35	1.36	1.35
4/8/2016	15:24:34 252msec	1.33	1.35	1.34
4/8/2016	15:24:44 252msec	1.35	1.37	1.37
4/8/2016	15:24:54 252msec	1.35	1.36	1.36
4/8/2016	15:25:04 252msec	1.34	1.36	1.35

Date	Time	%THD V L1N Max	%THD V L2N Max	%THD V L3N Max
4/8/2016	15:25:14 252msec	1.34	1.35	1.35
4/8/2016	15:25:24 252msec	1.34	1.35	1.35
4/8/2016	15:25:34 252msec	1.34	1.35	1.37
4/8/2016	15:25:44 252msec	1.35	1.36	1.35
4/8/2016	15:25:54 252msec	1.34	1.36	1.35
4/8/2016	15:26:04 252msec	1.36	1.36	1.38
4/8/2016	15:26:14 252msec	1.36	1.38	1.38
4/8/2016	15:26:24 252msec	1.34	1.36	1.35
4/8/2016	15:26:34 252msec	1.35	1.37	1.35
4/8/2016	15:26:44 252msec	1.35	1.37	1.36
4/8/2016	15:26:54 252msec	1.34	1.37	1.35
4/8/2016	15:27:14 252msec	1.35	1.36	1.35
4/8/2016	15:27:24 252msec	1.35	1.37	1.36
4/8/2016	15:27:34 252msec	1.34	1.35	1.35
4/8/2016	15:27:44 252msec	1.34	1.35	1.35
4/8/2016	15:27:54 252msec	1.34	1.35	1.35
4/8/2016	15:28:04 252msec	1.34	1.35	1.35
4/8/2016	15:28:14 252msec	1.35	1.36	1.36
4/8/2016	15:28:24 252msec	1.35	1.36	1.35
4/8/2016	15:28:34 252msec	1.35	1.37	1.36
4/8/2016	15:28:44 252msec	1.35	1.36	1.36

Date	Time	%THD V L1N Max	%THD V L2N Max	%THD V L3N Max
4/8/2016	15:28:54 252msec	1.35	1.36	1.36
4/8/2016	15:29:04 252msec	1.35	1.35	1.35
4/8/2016	15:29:14 252msec	1.33	1.35	1.35
4/8/2016	15:29:24 252msec	1.35	1.36	1.35
4/8/2016	15:29:34 252msec	1.35	1.36	1.35
4/8/2016	15:29:44 252msec	1.35	1.37	1.35
4/8/2016	15:29:54 252msec	1.34	1.36	1.35
4/8/2016	15:30:04 252msec	1.36	1.37	1.36
4/8/2016	15:30:14 252msec	1.36	1.37	1.36
4/8/2016	15:30:24 252msec	1.36	1.37	1.36
4/8/2016	15:30:34 252msec	1.36	1.37	1.36
4/8/2016	15:30:44 252msec	1.37	1.38	1.37
4/8/2016	15:30:54 252msec	1.36	1.37	1.36
4/8/2016	15:31:04 252msec	1.36	1.37	1.36
4/8/2016	15:31:14 252msec	1.36	1.37	1.36
4/8/2016	15:31:24 252msec	1.34	1.35	1.35
4/8/2016	15:31:34 252msec	1.34	1.35	1.34
4/8/2016	15:31:54 252msec	1.36	1.37	1.36
4/8/2016	15:32:04 252msec	1.35	1.36	1.36
4/8/2016	15:32:14 252msec	1.36	1.37	1.35
4/8/2016	15:32:24 252msec	1.36	1.37	1.36

Date	Time	%THD V L1N Max	%THD V L2N Max	%THD V L3N Max
4/8/2016	15:32:34 252msec	1.35	1.37	1.35
4/8/2016	15:32:44 252msec	1.36	1.37	1.35
4/8/2016	15:32:54 252msec	1.36	1.37	1.36
4/8/2016	15:33:04 252msec	1.36	1.37	1.36
4/8/2016	15:33:14 252msec	1.35	1.36	1.35
4/8/2016	15:33:24 252msec	1.35	1.36	1.35
4/8/2016	15:33:34 252msec	1.34	1.36	1.35
4/8/2016	15:33:44 252msec	1.35	1.35	1.35
4/8/2016	15:33:54 252msec	1.36	1.37	1.36
4/8/2016	15:34:04 252msec	1.35	1.36	1.35
4/8/2016	15:34:14 252msec	1.35	1.36	1.35
4/8/2016	15:34:24 252msec	1.36	1.37	1.36
4/8/2016	15:34:34 252msec	1.37	1.38	1.37
4/8/2016	15:34:44 252msec	1.36	1.38	1.37
4/8/2016	15:34:54 252msec	1.36	1.38	1.37
4/8/2016	15:35:04 252msec	1.38	1.4	1.38
4/8/2016	15:35:14 252msec	1.38	1.4	1.39
4/8/2016	15:35:24 252msec	1.39	1.41	1.4
4/8/2016	15:35:34 252msec	1.39	1.4	1.39
4/8/2016	15:35:44 252msec	1.38	1.4	1.38
4/8/2016	15:35:54 252msec	1.37	1.38	1.37

Date	Time	%THD V L1N Max	%THD V L2N Max	%THD V L3N Max
4/8/2016	15:36:04 252msec	1.37	1.38	1.37
4/8/2016	15:36:14 252msec	1.37	1.37	1.36
4/8/2016	15:36:34 252msec	1.32	1.32	1.31
4/8/2016	15:36:44 252msec	1.32	1.33	1.31
4/8/2016	15:36:54 252msec	1.32	1.32	1.3
4/8/2016	15:37:04 252msec	1.32	1.33	1.31
4/8/2016	15:37:14 252msec	1.32	1.32	1.3
4/8/2016	15:37:24 252msec	1.31	1.32	1.31
4/8/2016	15:37:34 252msec	1.33	1.33	1.32
4/8/2016	15:37:44 252msec	1.32	1.32	1.32
4/8/2016	15:37:54 252msec	1.32	1.32	1.31
4/8/2016	15:38:04 252msec	1.34	1.34	1.33
4/8/2016	15:38:14 252msec	1.34	1.34	1.32
4/8/2016	15:38:24 252msec	1.35	1.35	1.36
4/8/2016	15:38:34 252msec	1.33	1.34	1.34
4/8/2016	15:38:44 252msec	1.33	1.34	1.33
4/8/2016	15:38:54 252msec	1.33	1.34	1.32
4/8/2016	15:39:04 252msec	1.33	1.34	1.32
4/8/2016	15:39:14 252msec	1.33	1.34	1.32
4/8/2016	15:39:24 252msec	1.32	1.33	1.32
4/8/2016	15:39:34 252msec	1.31	1.32	1.31

Date	Time	%THD V L1N Max	%THD V L2N Max	%THD V L3N Max
4/8/2016	15:39:44 252msec	1.3	1.31	1.3
4/8/2016	15:39:54 252msec	1.32	1.34	1.33
4/8/2016	15:40:04 252msec	1.34	1.34	1.33
4/8/2016	15:40:14 252msec	1.32	1.33	1.32
4/8/2016	15:40:24 252msec	1.32	1.33	1.31
4/8/2016	15:40:34 252msec	1.32	1.32	1.32
4/8/2016	15:40:44 252msec	1.31	1.32	1.3
4/8/2016	15:40:54 252msec	1.31	1.33	1.31
4/8/2016	15:41:14 252msec	1.31	1.32	1.31
4/8/2016	15:41:24 252msec	1.33	1.34	1.33
4/8/2016	15:41:34 252msec	1.31	1.32	1.31
4/8/2016	15:41:44 252msec	1.3	1.32	1.29
4/8/2016	15:41:54 252msec	1.3	1.32	1.3
4/8/2016	15:42:04 252msec	1.3	1.32	1.3
4/8/2016	15:42:14 252msec	1.29	1.31	1.29
4/8/2016	15:42:24 252msec	1.29	1.3	1.29
4/8/2016	15:42:34 252msec	1.28	1.29	1.29
4/8/2016	15:42:44 252msec	1.29	1.32	1.3
4/8/2016	15:42:54 252msec	1.3	1.32	1.31
4/8/2016	15:43:04 252msec	1.3	1.31	1.3
4/8/2016	15:43:14 252msec	1.3	1.32	1.3

Date	Time	%THD V L1N Max	%THD V L2N Max	%THD V L3N Max
4/8/2016	15:43:24 252msec	1.29	1.31	1.3
4/8/2016	15:43:34 252msec	1.28	1.3	1.29
4/8/2016	15:43:44 252msec	1.28	1.29	1.29
4/8/2016	15:43:54 252msec	1.3	1.31	1.32
4/8/2016	15:44:04 252msec	1.32	1.33	1.32
4/8/2016	15:44:14 252msec	1.3	1.31	1.32
4/8/2016	15:44:24 252msec	1.31	1.33	1.34
4/8/2016	15:44:34 252msec	1.31	1.34	1.33
4/8/2016	15:44:44 252msec	1.31	1.33	1.34
4/8/2016	15:44:54 252msec	1.32	1.33	1.33
4/8/2016	15:45:04 252msec	1.3	1.32	1.32
4/8/2016	15:45:14 252msec	1.3	1.32	1.31
4/8/2016	15:45:24 252msec	1.3	1.32	1.31
4/8/2016	15:45:34 252msec	1.3	1.31	1.32
4/8/2016	15:45:54 252msec	1.3	1.31	1.3
4/8/2016	15:46:04 252msec	1.29	1.31	1.31
4/8/2016	15:46:14 252msec	1.3	1.32	1.32
4/8/2016	15:46:24 252msec	1.3	1.31	1.32
4/8/2016	15:46:34 252msec	1.3	1.31	1.31
4/8/2016	15:46:44 252msec	1.29	1.31	1.32
4/8/2016	15:46:54 252msec	1.31	1.31	1.32



Date	Time	%THD V L1N Max	%THD V L2N Max	%THD V L3N Max
4/8/2016	15:47:04 252msec	1.31	1.32	1.33
4/8/2016	15:47:14 252msec	1.33	1.34	1.34
4/8/2016	15:47:24 252msec	1.33	1.34	1.34
4/8/2016	15:47:34 252msec	1.33	1.34	1.34
4/8/2016	15:47:44 252msec	1.32	1.33	1.33
4/8/2016	15:47:54 252msec	1.32	1.33	1.33
4/8/2016	15:48:04 252msec	1.31	1.33	1.32
4/8/2016	15:48:14 252msec	1.3	1.32	1.31
4/8/2016	15:48:24 252msec	1.3	1.32	1.31
4/8/2016	15:48:34 252msec	1.3	1.32	1.31

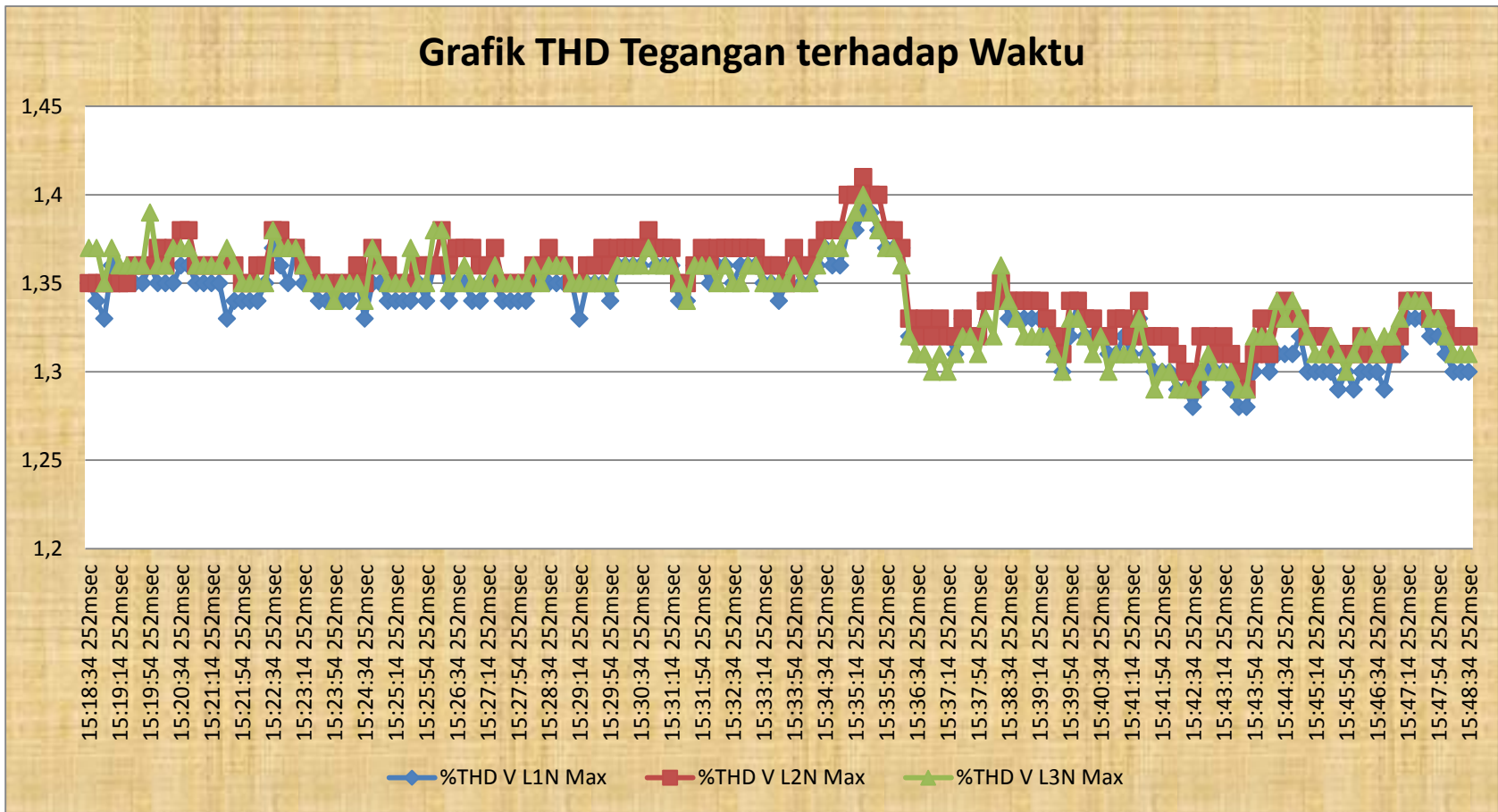
Keterangan :

Date/Time : Tanggal dan waktu pada saat merekam data

%THD V L1 Max : Persen THD Tegangan maksimum orde 1 sampai 50 pada fasa  
Line 1

%THD V L2 Max : Persen THD Tegangan maksimum orde 1 sampai 50 pada fasa  
Line 2

%THD V L3 Max : Persen THD Tegangan maksimum orde 1 sampai 50 pada fasa  
Line 3



Gambar 4.15 grafik THD tegangan terhadap waktu

#### 4.9 Deskripsi Tabel Pengukuran THD Tegangan

Dari hasil pengukuran table 4.5 dapat diketahui bahwa nilai THD tegangan harmonisa maksimum pada line 1 yaitu berada pada waktu 15:35:24 dengan nilai 1.39%, sedangkan nilai THD tegangan harmonisa minimum berada pada waktu 15:42:34 dengan nilai 1.28%. Pada line 2 nilai THD tegangan maksimum berada pada waktu 15:35:24 dengan nilai 1.41%, sedangkan nilai THD tegangan minimum berada pada waktu 15:43:44 dengan nilai 1.29%. Kemudian pada line 3 nilai THD tegangan maksimum berada pada waktu 15:35:24 dengan nilai 1.4%, sedangkan THD tegangan minimum berada pada waktu 15:43:34 dengan nilai 1.29%. Sehingga dari data tersebut dapat dilihat bahwa nilai THD tegangan maksimum berada pada waktu 15:35:24 dengan nilai sebesar 1.41% pada line 2 dan THD tegangan minimum berada pada waktu 15:42:34 dengan nilai sebesar 1.28% pada line 1.

#### 4.10 Perbandingan THD Tegangan dengan Standar Harmonisa IEEE

Pada table pengukuran 4.5 diatas dapat dilihat bahawa THD tegangan maksimum yang timbul pada motor induksi 3-fasa masih dalam batas yang diijinkan dari standar IEEE yaitu kurang dari 5%. Dan data yang terekam pada THD tegangan nilai maksimum pada line 2 yaitu berada pada waktu 15:35:24 dengan nilai sebesar 1.41%. Dan nilai THD tegangan harmonisa minimum berada pada waktu 15:42:34 dengan nilai 1.28% pada line 1.

Tabel 4.6 standar IEEE THD<sub>v</sub> 519-1992 Tegangan

Bus Voltage	IHD <sub>v</sub> (%)	THD <sub>v</sub> (%)
<69 kV	3.0	5.0
69 - 161 kV	1.5	2.5
≥161 kV	1.0	1.5

Keterangan

Bus Voltage : Tegangan pada bus

IHD : Individual Harmonik Distortion

THD : Total Harmonik Distortion

#### **4.11 Analisis Dampak Harmonisa yang Timbul pada Motor Induksi 3-fasa**

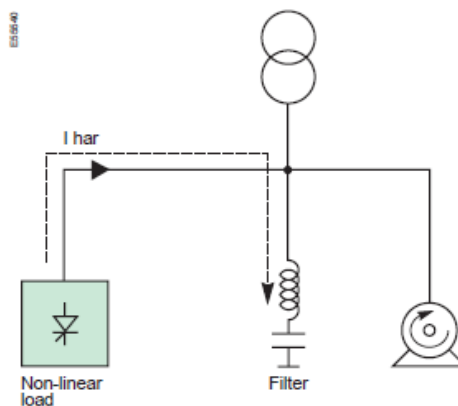
Karena pada hasil pengukuran yang diperoleh terdapat harmonisa yang melebihi batas standar IEEE maka dampak yang timbul dari harmonisa motor induksi 3-fasa seperti :

1. kerugian tembaga dan besi meningkat mengakibatkan pemanasan.
2. Getaran torsi disebabkan karena interaksi medan magnet harmonik dasar. Hal ini menjadikan kebisingan suara yang lebih tinggi.
3. Menyebabkan tambahan thermal stress pada motor-motor listrik yang berdampak pada pengurangan umur isolasi motor

#### 4.12 Filter pasif *single tuned*

Filter pasif sebagian besar didesain untuk memberikan bagian khusus untuk mengalihkan arus harmonik yang tidak diinginkan dalam system tenaga listrik. Filter pasif berfungsi untuk mengurangi frekuensi tertentu dari sebuah tegangan atau arus. Dengan cara menyediakan jalur rendah untuk impedansinya pada frekuensi-frekuensi harmonisa. Komponen utama yang terdapat pada filter pasif adalah kapasitor (C) dan inductor (L) . Kapasitor dihubungkan seri atau paralel untuk memperoleh sebuah total rating tegangan dan daya reaktif (KVAR) yang diinginkan, sedangkan inductor digunakan dalam rangkaian filter dirancang mampu menahan selubung frekuensi tinggi yaitu efek kulit (skin effect). Pemasangan filter pasif biasanya di letakan di dekat daya listrik hal ini di maksudkan untuk mencegah harmonic menuju sumber.

Untuk merancang filter ini dibutuhkan data distorsi harmonic tegangan (THD V) dan arus (THD I) yang terbesar pada system. Data harmonic tegangan terbesar digunakan untuk menentukan arus harmonic dari orde berapa yang akan di filter dari system. Kriteria yang didasarkan pada tegangan harmonic lebih tepat untuk desain filter. Hal ini disebabkan karena lebih mudah menjamin berada dalam batas tegangan yang layak daripada membatasi tingkat arus akibat adanya impedansi jaringan AC,.



Gambar 4.13 skema pemasangan *filter pasif single tuned*

## Perancangan Filter Singel Tuned

- a. Reaktansi kapasitor bank

$$X_c = \frac{kV^2}{Q_c}$$

Keterangan :

kV : tegangan pada motor

Q<sub>c</sub> : Daya Reaktif pada kapasitor bank

- b. Untuk meredam harmonik n, reaktor harus memiliki ukuran

$$X_L = \frac{X_c}{H_n^2}$$

Keterangan :

X<sub>c</sub> : reaktansi kapasitive

H<sub>n</sub><sup>2</sup> : Orde harmonic

- c. Reaktansi reaktor yang diberikan oleh

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

Keterangan :

X<sub>n</sub> : reaktansi orde

Q : factor kualitas filter

d. 
$$L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f}$$

keterangan :

L : inductor

X<sub>L</sub> : reaktansi induktif

e. 
$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_c}$$

keterangan :

L : inductor

X<sub>c</sub> : reaktansi kapasitif

- f. Dimana Q adalah faktor kualitas filter itu,  $30 < Q < 100$  reaktansi karakteristik diberikan oleh

$$X_n = X_{Ln} = X_{Cn} = \sqrt{X_L \cdot X_C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Keterangan :

- $X_n$  : reaktansi orde  
 $X_{Ln}$  : impedansi dari reaktansi induktif  
 $X_{Cn}$  : impedansi dari reaktansi kapasitive  
 $X_L$  : reaktansi induktif  
 $X_C$  : reaktansi kapasitive  
L : induktor  
C : kapasitor

- g. Ukuran filter

$$Q_{\text{filter}} = \frac{kV^2}{X_C - X_L}$$

Keterangan :

- kV : tegangan pada motor  
 $X_L$  : reaktansi induktif  
 $X_C$  : reaktansi kapasitive

#### **4.13 Perancangan *Filter Pasif Singel Tuned***

Untuk merancang suatu filter terlebih dahulu diperlukan proses identifikasi terhadap orde harmonic yang hendak diredam. Karena filter pasif single tuned hanya dapat meredam satu orde maka harmonic tegangan terbesar yang akan digunakan untuk merancang *filter pasif single tuned*.



Tabel 4.7 THD orde 3

<b>Orde 3 Max</b>	
<b>Tegangan (V)</b>	<b>THD %</b>
Line 1	0.25
Line 2	0.14
Line 3	0.17
<b>Arus (A)</b>	<b>THD %</b>
Line 1	1.52
Line 2	2.6
Line 3	4.98

Tabel 4.8 THD orde 5

<b>Orde 5 Max</b>	
<b>Tegangan (V)</b>	<b>THD %</b>
Line 1	0.68
Line 2	0.75
Line 3	0.72
<b>Arus (A)</b>	<b>THD %</b>
Line 1	2.96
Line 2	2.92
Line 3	3.83

Tabel 4.9 THD orde 7

Orde 7 Max	
Tegangan (V)	THD %
Line 1	0.78
Line 2	0.74
Line 3	0.75
Arus (A)	THD %
Line 1	1.82
Line 2	1.93
Line 3	2.81

#### 4.14 Perhitungan Filter Pasif Singel Tuned

Berdasarkan data pengukuran dari table diatas yang diperoleh dapat dilihat bahwa harmonic tegangan yang terbesar yaitu pada orde 7, sehingga filter pasif yang akan dirancang akan meredam harmonic orde 7.

Dik : Tegangan motor : 6.6 kV

Daya reaktif pada kapasitor (Qc) : 0,4 MVAr

Orde harmonic (n) : 7

- a. Untuk menghitung reaktansi kapasitive nilai Qc berasal dari nilai kapasitas daya reaktif pada kapasitor bank yang digunakan.

$$\begin{aligned}
 X_C &= \frac{kV^2}{Q_c} \\
 &= \frac{6.6^2 kV}{400 kVA_r} \\
 &= 0.1089 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

b. 
$$\begin{aligned}
 X_L &= \frac{X_C}{n^2} \\
 &= \frac{108.9 \Omega}{7^2} \\
 &= 2.22 \Omega
 \end{aligned}$$

$$X_n = \sqrt{X_L \cdot X_C}$$

$$\begin{aligned} X_n &= \sqrt{2.22 \times 108.9} \\ &= 15.5 \, \Omega \end{aligned}$$

c. Untuk menghitung resistansi reactor nilai factor kualitas filter  $Q = 100$

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

$$R = \frac{15.5}{100}$$

$$= 0.155 \, \Omega$$

d.  $L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f}$

$$= \frac{2.22}{2.3,14.50}$$

$$= 7.07 \times 10^{-3} \, \text{H}$$

e.  $C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C}$

$$= \frac{1}{2.3,14.50 \cdot 108.9}$$

$$= 2.92 \times 10^{-5} \, \text{F}$$

f.  $Q_{\text{filter}} = \frac{kV^2}{X_C - X_L}$

$$Q_{\text{filter}} = \frac{6.6^2}{108.9 - 2.22}$$

$$= 0.408 \, \text{MVar}$$

Tabel 4.10 spesifikasi *filter pasif single tuned* :

<b>Spesifikasi filter single tuned</b>	
<b>Spesifikasi</b>	<b>Nilai</b>
Xc	108.9 $\Omega$
X <sub>L</sub>	2.22 $\Omega$
Xn	15.5 $\Omega$
R	0.155 $\Omega$
L	7.07 x 10 <sup>-3</sup> H
C	2.92 x 10 <sup>-5</sup> F
Q <sub>filter</sub>	0.408 MVA <sub>r</sub>

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan spesifikasi untuk filter single tuned yaitu nilai reaktansi kapasitor  $X_c = 108,9 \Omega$ , nilai reaktansi inductor  $X_L = 2.22 \Omega$ , nilai reaktansi karakteristik orde yang diredam  $X_n = 15.5 \Omega$ , reaktansi reactor  $R = 0.155 \Omega$ , nilai induktor  $L = 7.07 \times 10^{-3} \text{ H}$ , nilai kapasitor  $C = 2.92 \times 10^{-5} \text{ F}$  kemudian kapasitas filter pasif  $Q_{\text{filter}} = 0.408 \text{ MVA}_r$ .

