

# Desain dan Implementasi Analisis Kualitas Daya Berbasis Fast S-Transform

Sidang Tesis, 9 Januari 2015

Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, ITS

Oleh :  
**Dimas Okky Anggriawan**  
**2213201018**



**Dosen Pembimbing**  
**Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng**  
**Dr. Eng. Ardyono Priyadi, S.T., M.Eng**





**Latar Belakang**

**Pemodelan dan Desain *Prototype***

**Analisis Simulasi Gangguan Kualitas Daya**

**Analisis Pengujian Kualitas Daya**

**Kesimpulan dan Penelitian Selanjutnya**

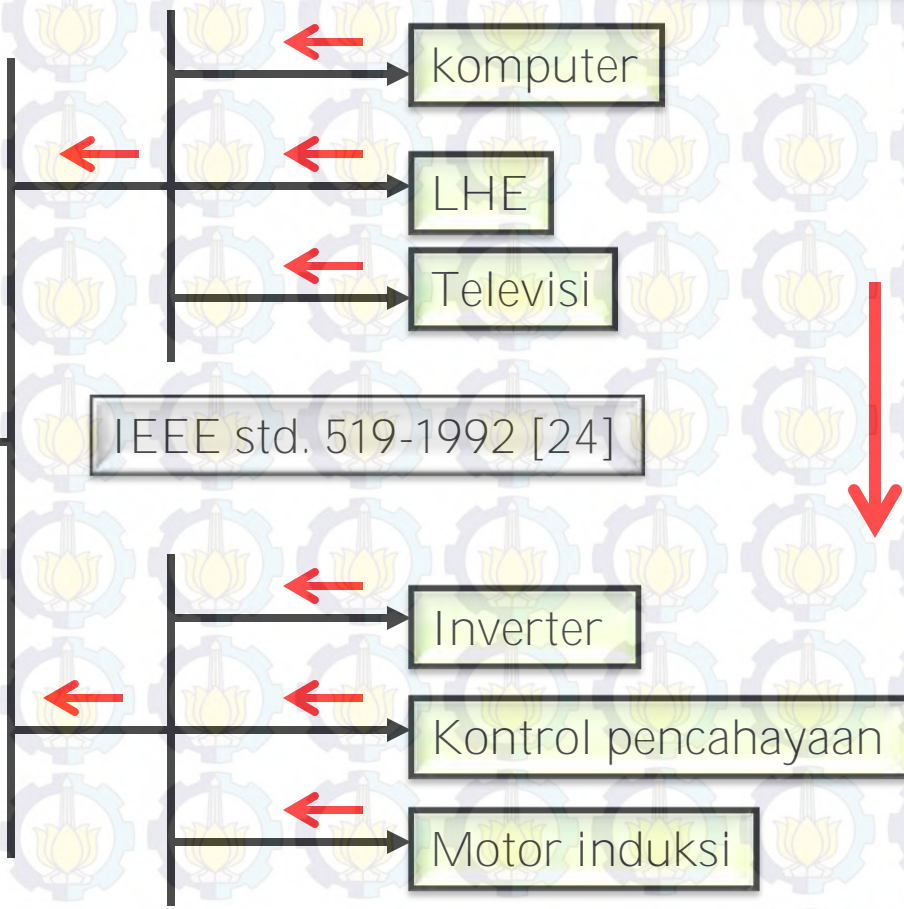
**Daftar Pustaka**





# Latar Belakang

Power Quality



Penurunan Kualitas Daya

IEEE std. 159:2009 [18]





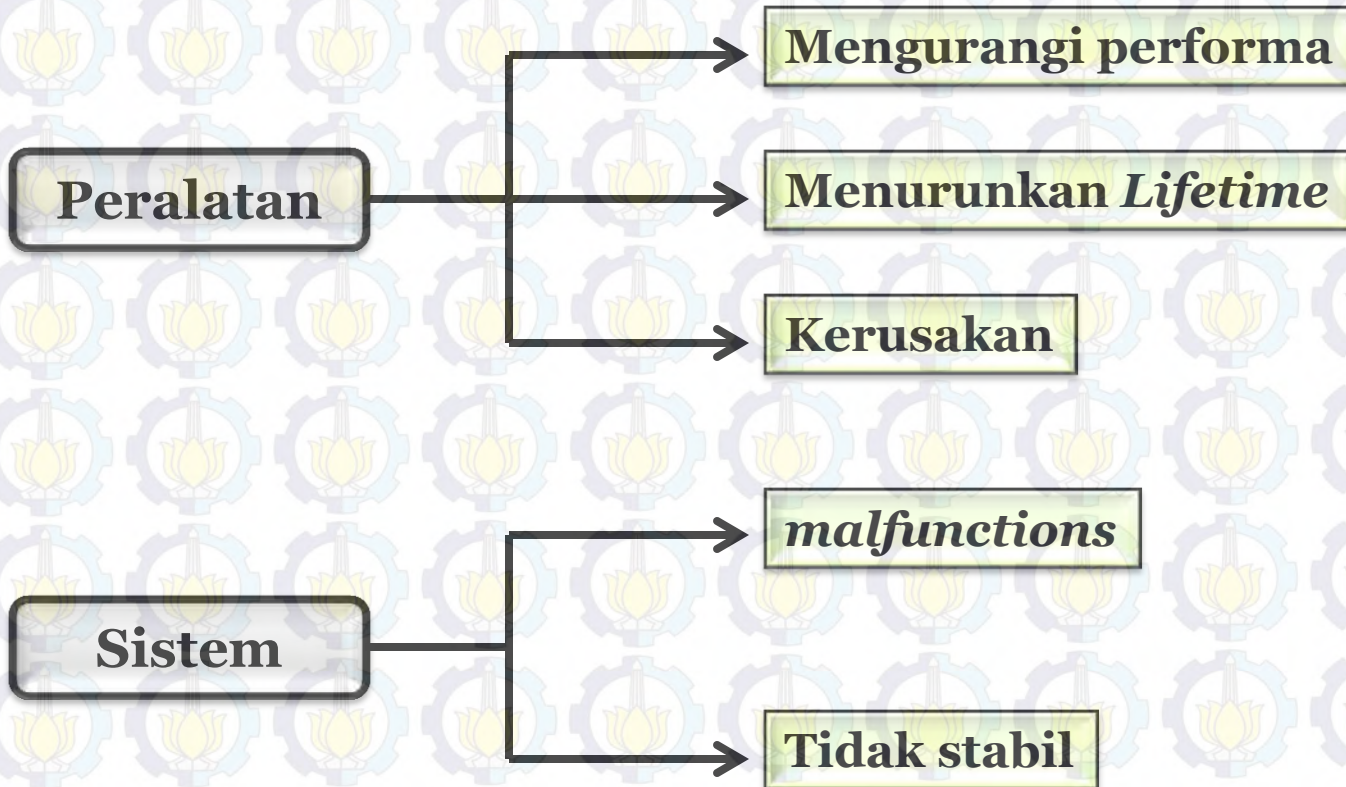


# Latar Belakang

Power Quality



Kerugian Penurunan Kualitas Daya [1],[2],[3],[4]

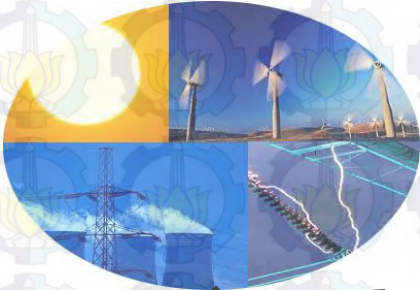




# Latar Belakang

Power Quality

Gangguan kualitas daya



Perlu

Pendeteksian

Action

Secara efisien dan akurat

1. Identifikasi
2. Klasifikasi
3. Diagnosis
4. Mitigasi





# Latar Belakang

FFT tidak sesuai digunakan untuk sinyal yang non-stasioner

STFT tidak mampu melacak sinyal dinamis dengan benar karena keterbatasan lebar *window* [6]

WT memiliki Resolusi frekuensi dan waktu yang baik tetapi kemampuan WT sering terdegradasi secara signifikan karena sensitif terhadap *noise* [7],[8],[9],[10],[11]

ST mampu mendeteksi sinyal dengan baik dalam kondisi lingkungan yang *noise* dan menjamin akurasi yang memuaskan tetapi komputasi lama [12],[13],[14]

Fast ST mempercepat komputasi ST [15],[16]





# Fenomena dan kategori Gangguan Kualitas Daya [18]

kategori	konten yang khas	Durasi waktu	Besaran tegangan
<b>Transient</b>			
<i>impulsive transient</i>		50 ns < t < 1 ms	
<i>Oscillatory transient</i>	f < 5 MhZ	5 us < t < 50 ms	0 - 8 pu
<b>Short Duration (rms) variatons</b>			
<i>interruption</i>		0,5 <i>cycles</i> < t < 1 menit	< 0,1 pu
<i>sag</i>		0,5 <i>cycles</i> < t < 1 menit	0,1 - 0,9 pu
<i>swell</i>		0,5 <i>cycles</i> < t < 1 menit	1,1 - 1,8 pu
<b>Long Duration (rms) variatons</b>			
<i>undervoltage</i>		> 1 menit	
<i>overvoltage</i>		> 1 menit	
<b>Imbalance</b>			
<i>Voltage</i>		<i>steady state</i>	
<i>current overload</i>		<i>steady state</i>	
<b>Waveform distortion</b>			
<i>DC offset</i>		<i>Steady state</i>	0-0.1%
<i>Harmonics</i>	0 - 9 kHz	<i>Steady state</i>	0-20%
<i>Interharmonics</i>	0 - 9 kHz	<i>Steady state</i>	0-2%
<i>Notching</i>		<i>Steady state</i>	
<i>Noise</i>	<i>broadband</i>	<i>Steady state</i>	0 - 1 %
<i>Voltage fluctuations</i>	< 25 Hz	<i>Intermittent</i>	0.1 - 7%
<i>Power frequency variations</i>		< 10 s	± 0.1 Hz





# Batasan Masalah

1

- Desain dan implementasi analisis kualitas daya menggunakan perangkat elektronika yang terdiri dari ACS712 sebagai sensor arus, AMC1100 sebagai sensor tegangan, STM32F407 sebagai perangkat utama untuk perhitungan, LCD-32PTU sebagai perangkat *display* hasil.

2

- Metode yang digunakan untuk analisis kualitas daya adalah *fast S-transform*.

3

- Parameter yang dianalisis oleh *prototype* adalah tegangan r.m.s, arus r.m.s, frekuensi, faktor daya, daya aktif, daya reaktif, daya semu, THD<sub>v</sub>, THD<sub>i</sub>, Waktu komputasi

4

- Metode yang dibandingkan adalah metode DFT dan metode ST serta *hardware* yang dibandingkan adalah Osiloskop DL850 dan FLUKE 43B





**Latar Belakang**

**Pemodelan dan Desain *Prototype***

**Analisis Simulasi Gangguan Kualitas Daya**

**Analisis Pengujian Kualitas Daya**

**Kesimpulan dan Penelitian Selanjutnya**

**Daftar Pustaka**





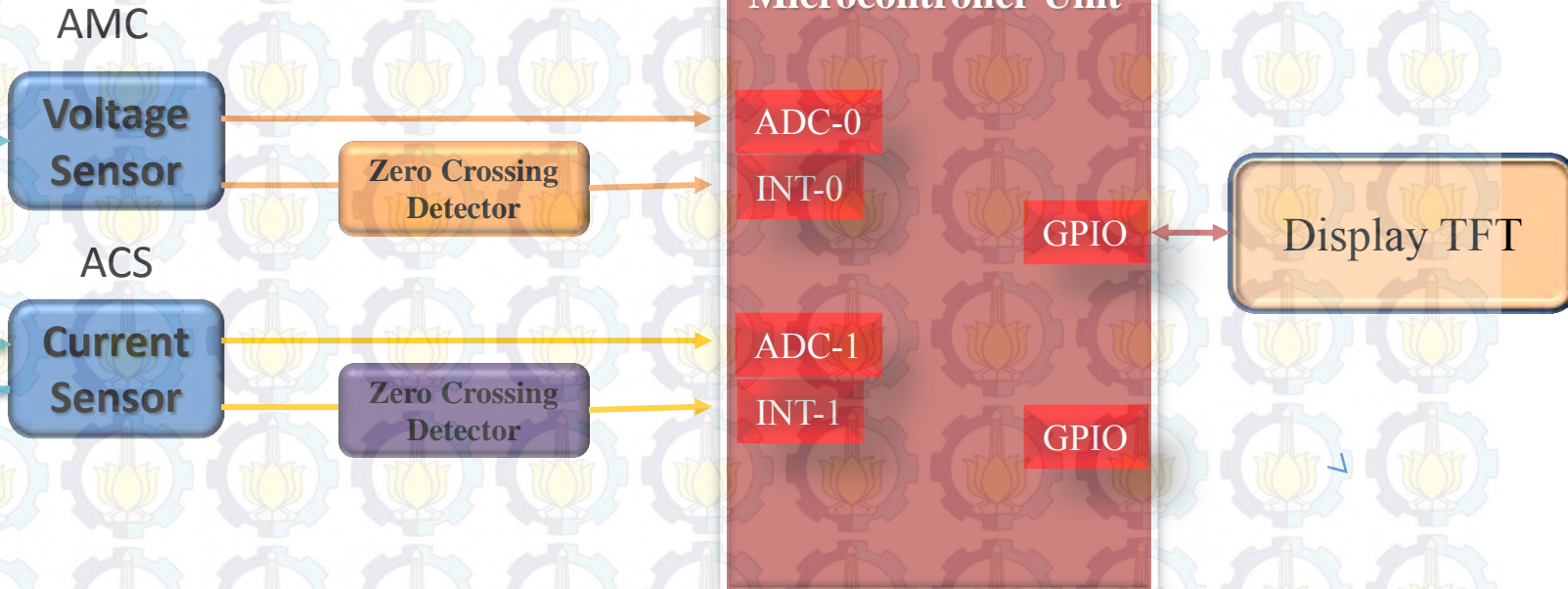
# Pemodelan Gangguan Kualitas Daya

Kualitas Daya	Persamaan Kualitas Daya	Parameter
Sinus murni	$V(t) = A \sin(\omega t)$	$A=1(\text{pu}), \omega = 2\pi f$
Voltage sag	$V(t) = (1 - \alpha(u(t-t_1) - u(t-t_2))) \sin \omega t$	$0,1 \leq \alpha \leq 0,9, T \leq t_2 - t_1 \leq 9T$
Voltage swell	$V(t) = (1 + \alpha(u(t-t_1) - u(t-t_2))) \sin \omega t$	$0,1 \leq \alpha \leq 0,8, T \leq t_2 - t_1 \leq 9T$
Interruption	$V(t) = (1 - \alpha(u(t-t_1) - u(t-t_2))) \sin \omega t$	$0,9 \leq \alpha \leq 1,0, T \leq t_2 - t_1 \leq 9T$
flicker	$V(t) = (1 + \alpha_f \sin(\beta \omega t)) \sin \omega t$	$0,1 \leq \alpha \leq 0,2, 5 \leq \beta \leq 20$ Hz
Oscillatory Transient	$V(t) = \sin \omega t + \alpha e^{-\frac{(t-t_1)}{\tau}} \sin \omega_n (t-t_1) \{u(t_2) - u(t_1)\}$	$0,1 \leq \alpha \leq 0,8, T \leq t_2 - t_1 \leq 9T,$ $8\text{ms} \leq \tau \leq 40\text{ms},$ $300 \leq f_n \leq 900\text{Hz}$
Notch	$V(t) = \sin(\omega t) - \text{sign}(\sin(\omega t)) x$ $\left[ \sum_{n=0}^9 Kx \{u(t - (t_1 + 0,02n)) - u(t - (t_2 - 0,02n))\} \right]$	$0,1 \leq K \leq 0,4, 0 \leq t_1,$ $t_2 \leq 0,5T, 0,01T \leq t_2 -$ $t_1 \leq 0,05T$
Spike	$V(t) = \sin(\omega t) + \text{sign}(\sin(\omega t)) x$ $\left[ \sum_{n=0}^9 Kx \{u(t - (t_1 + 0,02n)) - u(t - (t_2 - 0,02n))\} \right]$	$0,1 \leq K \leq 0,4, 0 \leq t_1,$ $t_2 \leq 0,5T, 0,01T \leq t_2 -$ $t_1 \leq 0,05T$
Harmonics	$i(t) = \alpha_1 \sin(\omega t) + \alpha_3 \sin(3\omega t) + \alpha_5 \sin(5\omega t) + \alpha_7 \sin(7\omega t)$	$0,05 \leq \alpha_3, \alpha_2, \alpha_1 \leq 0,15,$ $\sum \alpha_i^2 = 1$





# Desain Prototype Analisis Kualitas Daya





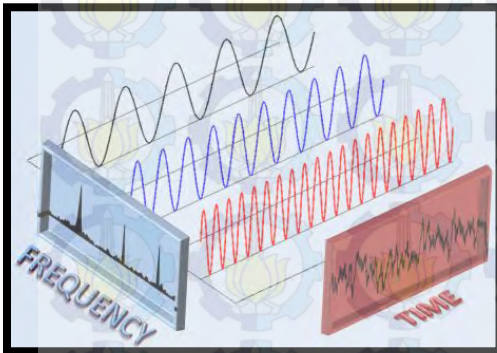


## Cara Analisis Harmonik

Umumnya analisis harmonik dilakukan dengan **mentransformasikan sinyal arus dari domain waktu ke domain frekuensi.**



Analisis harmonik selanjutnya merupakan **proses perhitungan *magnitude* dari komponen dasar dan komponen-komponen harmonik** pada orde yang lebih tinggi dari suatu gelombang.



sumber : <http://img.felixonline.co.uk>



# S-Transform

$$G(n, m) = e^{-(2\pi^2 m^2 / n^2)}$$

$$S\left[\frac{n}{NT}, jT\right] = \sum_{m=0}^{N-1} P\left[\frac{m+n}{NT}\right] \cdot G(n, m) \cdot e^{i2\pi mj / N}$$

$$S\left[\frac{n}{NT}, jT\right] = \sum_{m=0}^{N-1} P\left[\frac{m+n}{NT}\right] G(n, m) \left[ \cos\left(\frac{2\pi mj}{N}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi mj}{N}\right) \right]$$

$$\left| S\left(\frac{n}{NT}, jT\right) \right| = \sqrt{\left( \operatorname{Re} \left\{ S\left(\frac{n}{NT}, jT\right) \right\} \right)^2 + \left( \operatorname{Im} \left\{ S\left(\frac{n}{NT}, jT\right) \right\} \right)^2}$$

$$\operatorname{Arg} \left\{ S\left(\frac{n}{NT}, jT\right) \right\} = \frac{\operatorname{Im} \left\{ S\left(\frac{n}{NT}, jT\right) \right\}}{\operatorname{Re} \left\{ S\left(\frac{n}{NT}, jT\right) \right\}}$$

Magnitudo  
Fasa







# Fast S-Transform

$$G(n, m) = e^{-(2\pi^2 m^2 / n^2)}$$

$$S\left[\frac{n}{NT}, jT\right] = \sum_{m=0}^{N-1} P\left[\frac{m+n}{NT}\right] \cdot G(n, m) \cdot e^{i2\pi mj/N}$$

Waktu komputasi dari  $O(N^3)$  menjadi  $O(N^2 \log N)$  [15]



genap

$$S\left[\frac{n}{NT}, jT\right] = \sum_{n=0}^{\left(\frac{N-1}{2}\right)} P\left[2x\left(\frac{m+n}{NT}\right)\right] \cdot G(n, m) \cdot e^{i2\pi m(2xj)/N} +$$

$$\sum_{n=0}^{\left(\frac{N-1}{2}\right)} P\left[2x\left(\frac{m+n}{NT}\right) + 1\right] \cdot G(n, m) \cdot e^{i2\pi m(2xj+1)/N}$$

ganjil







# Fast S-Transform

genap

$$S\left[\frac{n}{NT}, jT\right] = \sum_{n=0}^{\left(\frac{N}{2}-1\right)} P\left[2x\left(\frac{m+n}{NT}\right)\right] \cdot G(n, m) \cdot e^{i2\pi m(2xj)/N} +$$

$$e^{i2\pi mj/N} x \sum_{n=0}^{\left(\frac{N}{2}-1\right)} P\left[2x\left(\frac{m+n}{NT}\right)\right] \cdot G(n, m) \cdot e^{i2\pi m(2xj)/N}$$

ganjil

$$S(m) = F_1(m) + e^{i2\pi mj/N} x F_2(m), \quad k = 0, 1, \dots, \frac{N}{2} - 1$$

$$S\left(m + \frac{N}{2}\right) = F_1(m) - e^{i2\pi mj/N} x F_2(m), \quad k = 0, 1, \dots, \frac{N}{2} - 1$$

**FST**





**Latar Belakang**

**Pemodelan dan Desain *Prototype***

**Analisis Simulasi Gangguan Kualitas Daya**

**Analisis Pengujian Kualitas Daya**

**Kesimpulan dan Penelitian Selanjutnya**

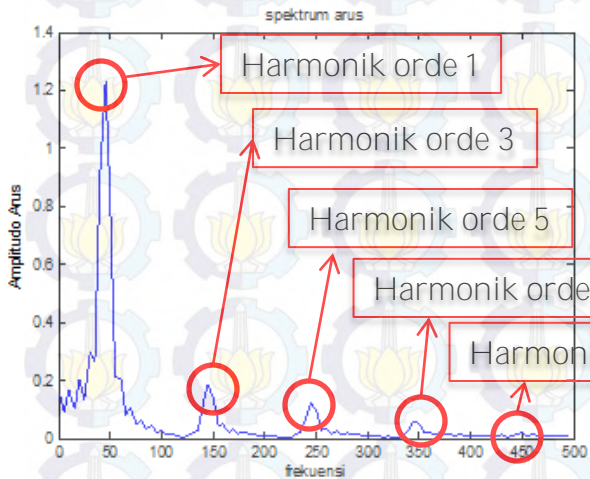
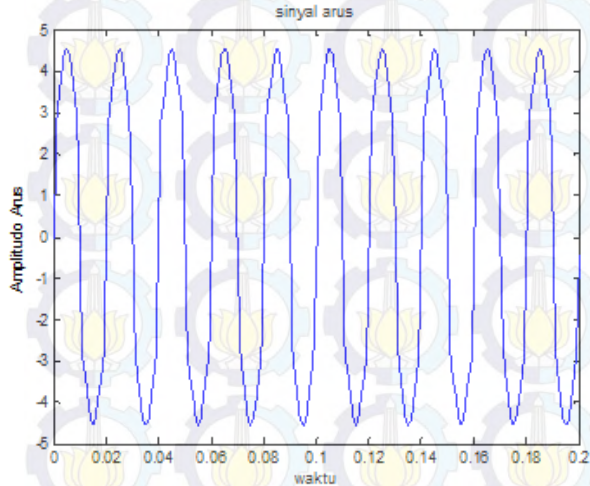
**Daftar Pustaka**



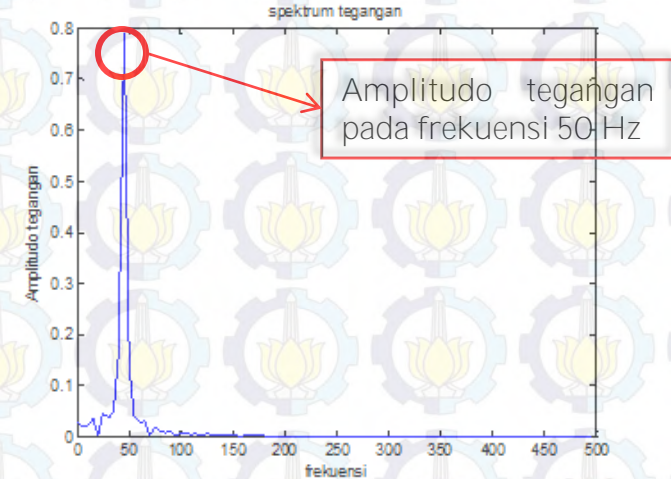
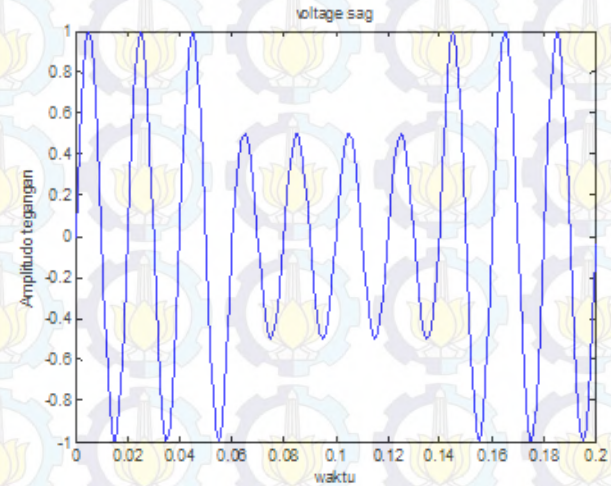


# Simulasi Gangguan Analisis Kualitas Daya

## Harmonik



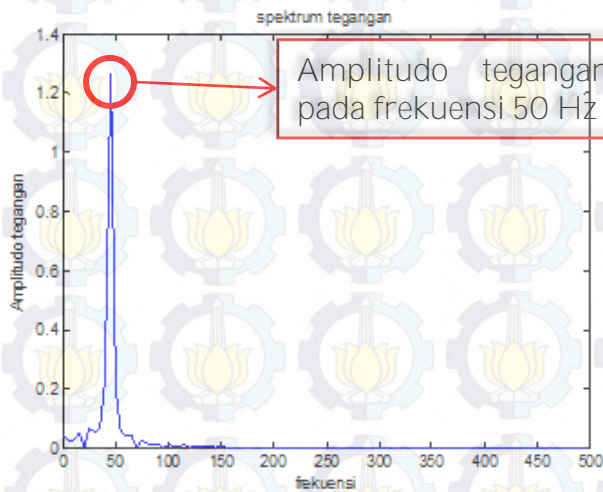
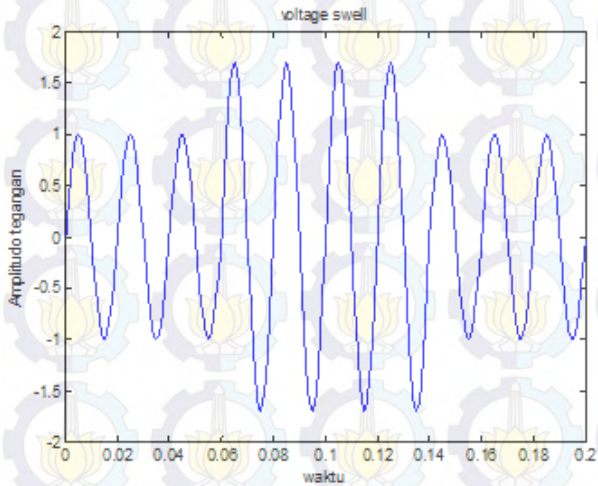
## Voltage sag



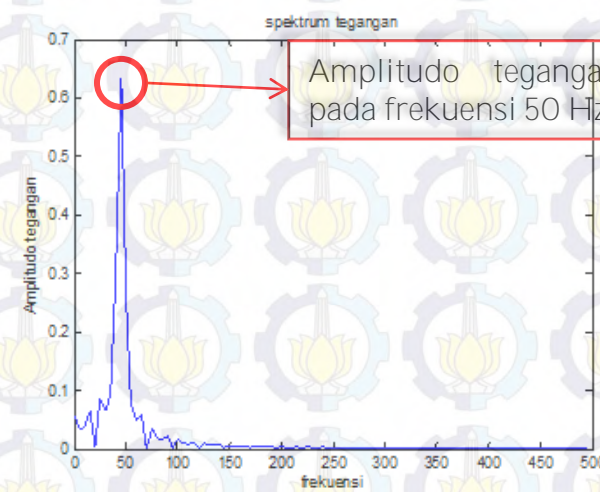
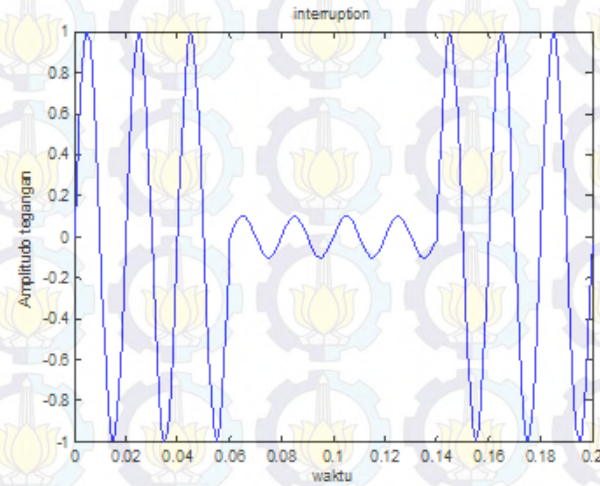


# Simulasi Gangguan Analisis Kualitas Daya

## Voltage swell



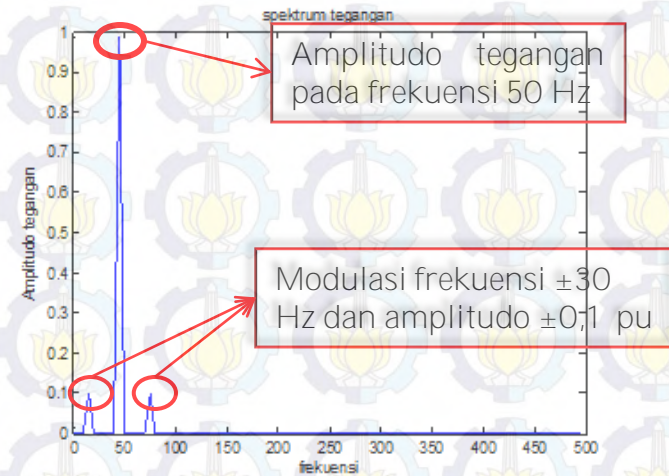
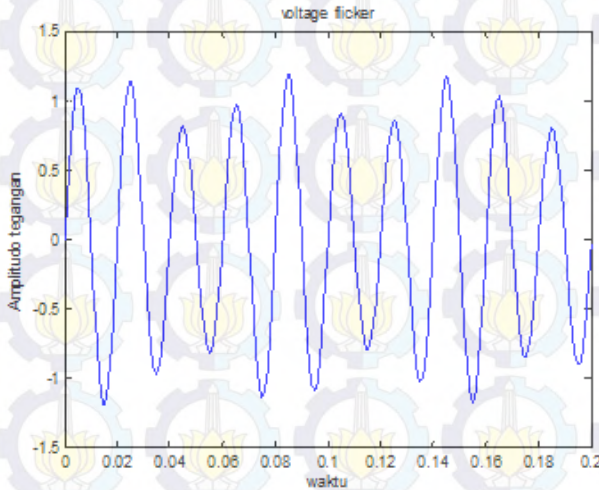
## Interruption



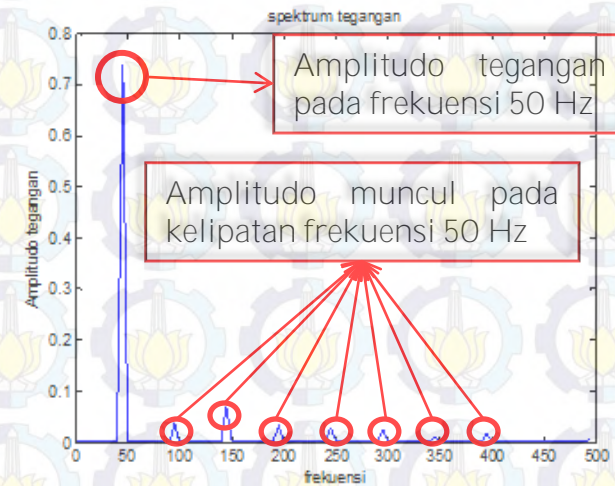
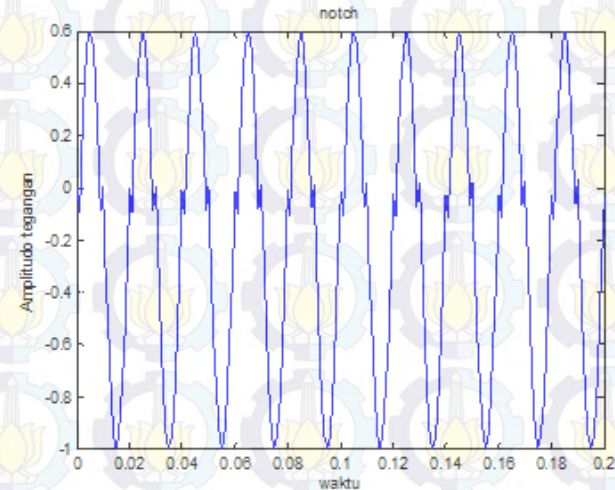


# Simulasi Gangguan Analisis Kualitas Daya

## Voltage flicker



## Notch



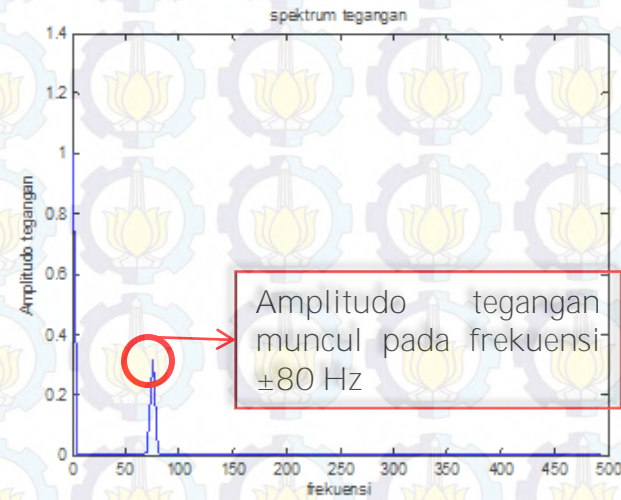
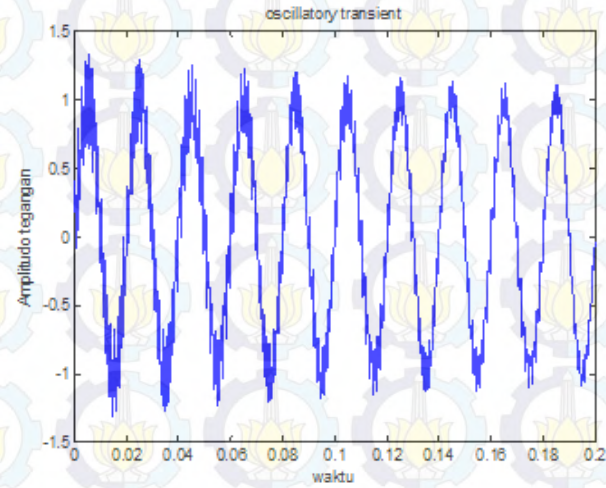
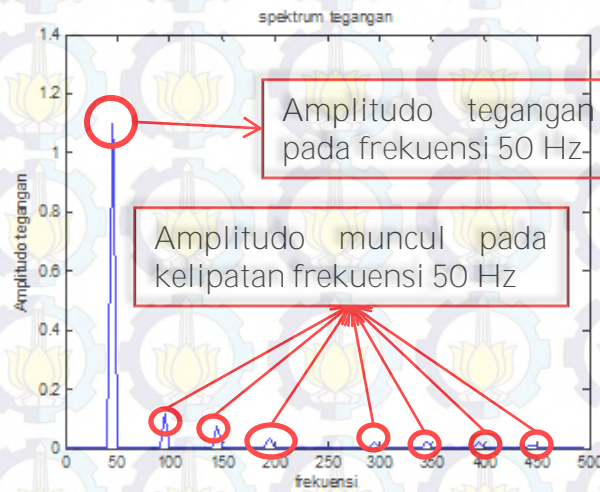
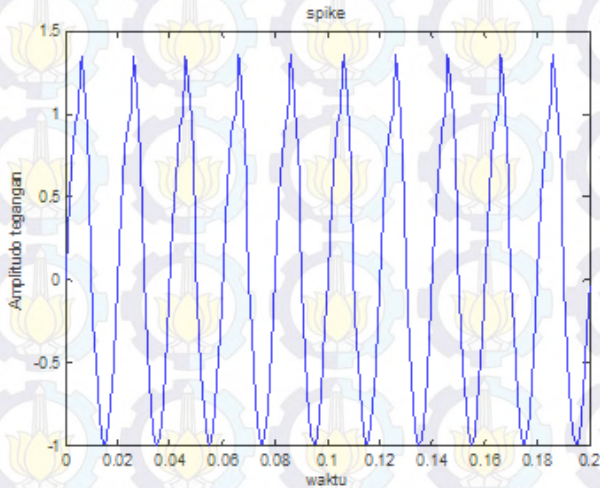




# Simulasi Gangguan Analisis Kualitas Daya

## Spike

## Oscillatory transient





**Latar Belakang**

**Pemodelan dan Desain *Prototype***

**Analisis Simulasi Gangguan Kualitas Daya**

**Analisis Pengujian Kualitas Daya**

**Kesimpulan dan Penelitian Selanjutnya**

**Daftar Pustaka**





# Pengujian *Prototype* Analisis Kualitas Daya

## spesifikasi alat ukur standar

Alat ukur standar	parameter	akurasi	
Osiloskop DL850 <i>scopecorder</i>	Arus r.m.s	$\pm 0,3 \%$	
Osiloskop DL850 <i>scopecorder</i>	Tegangan r.m.s	$\pm 0,3 \%$	
Osiloskop DL850 <i>scopecorder</i>	frekuensi	$\pm 0,1 \%$	
FLUKE 43B	Arus r.m.s	$\pm 1\%$	
FLUKE 43B	Tegangan r.m.s	$\pm 1\%$	
FLUKE 43B	frekuensi	$\pm 0,5\%$	
FLUKE 43B	Faktor daya	$\pm 0,04\%$	
FLUKE 43B	THD	Fundamental	$\pm 3 \%$
		Orde 2 sampai 31	$\pm 5 \%$
		Orde 31 sampai 50	$\pm 15 \%$
FLUKE 43B	Daya aktif	$\pm 2 \%$	
FLUKE 43B	Daya reaktif	$\pm 2 \%$	
FLUKE 43B	Daya semu	$\pm 2 \%$	

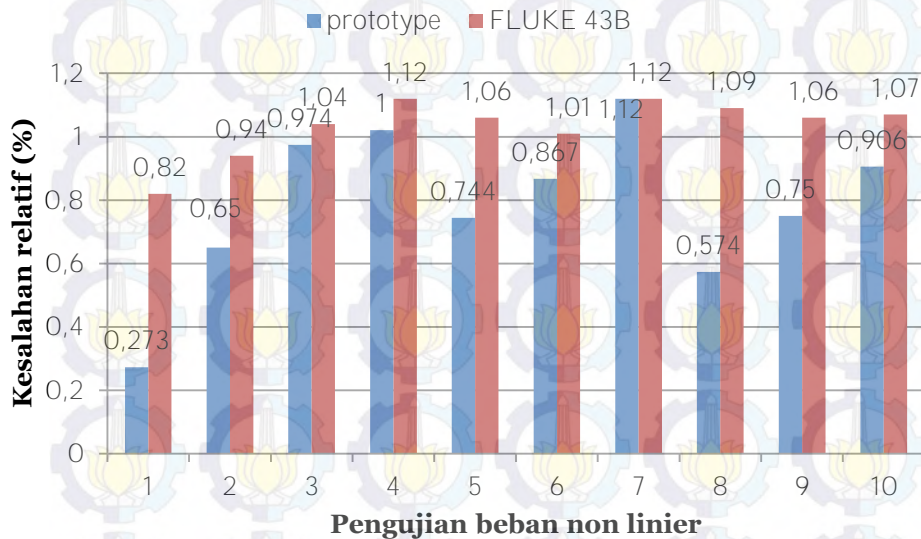




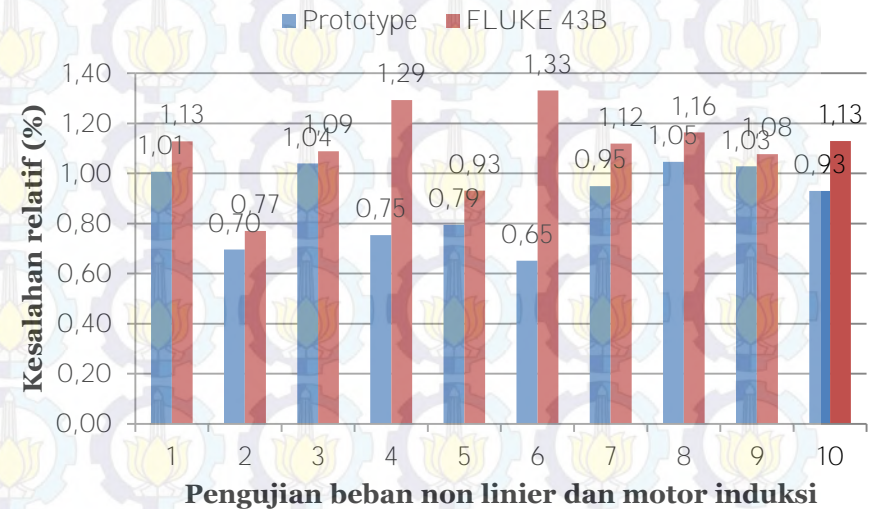


# Pengujian *Prototype* tegangan r.m.s

## Pengujian pada beban non linier Dibandingkan osiloskop DL850



## Pengujian pada beban non linier dan motor induksi Dibandingkan osiloskop DL850



**Kesalahan relatif rata  
– rata prototype (%)**

0,8201

**Kesalahan relatif rata  
– rata FLUKE 43B (%)**

1,0336139

**Kesalahan relatif rata  
– rata prototype (%)**

0,92136972

**Kesalahan relatif rata  
– rata FLUKE 43B (%)**

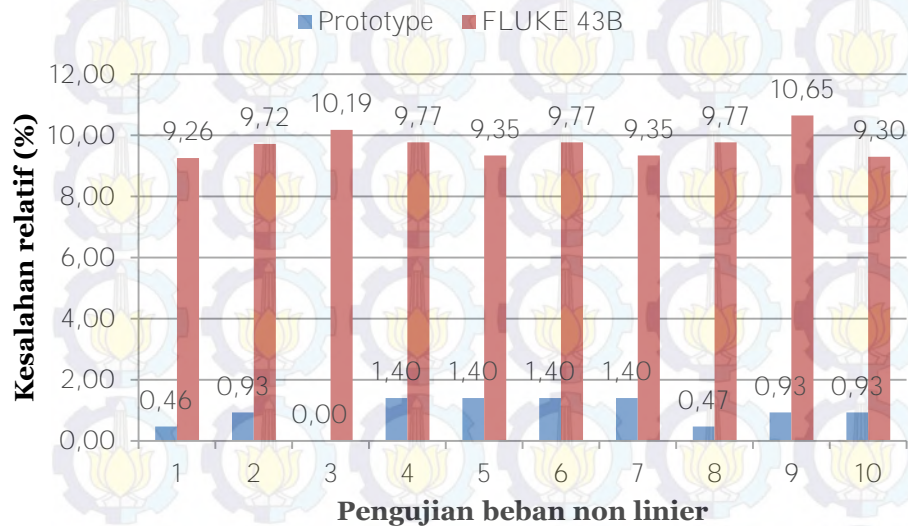
1,10321486



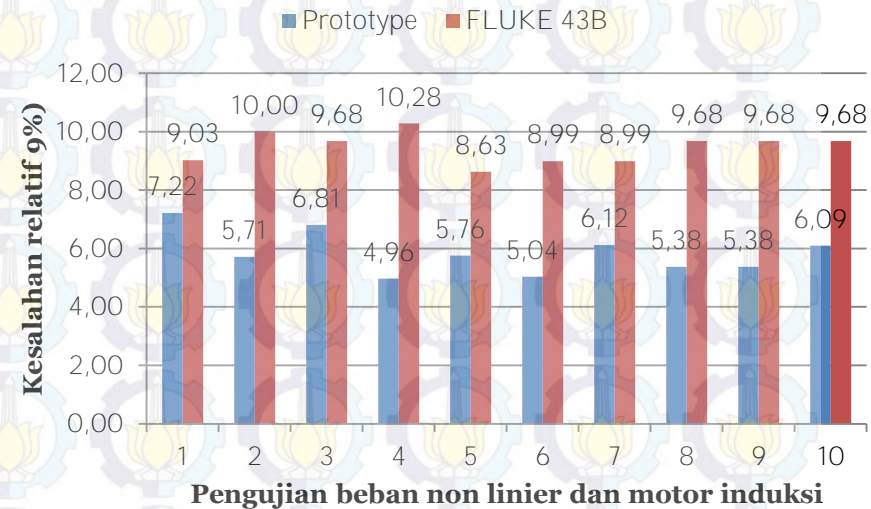


# Pengujian *Prototype* Arus r.m.s

## Pengujian pada beban non linier Dibandingkan osiloskop DL850



## Pengujian pada beban non linier dan motor induksi Dibandingkan osiloskop DL850



**Kesalahan relatif rata  
– rata prototype (%)**

0,93046

**Kesalahan relatif rata  
– rata FLUKE 43B (%)**

9,7111055

**Kesalahan relatif rata  
– rata prototype (%)**

5,846143

**Kesalahan relatif rata  
– rata FLUKE 43B (%)**

9,463734

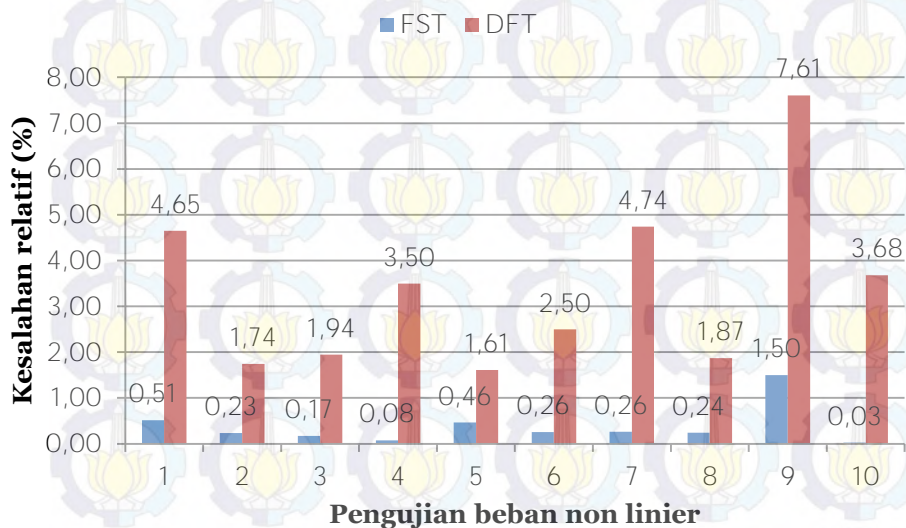




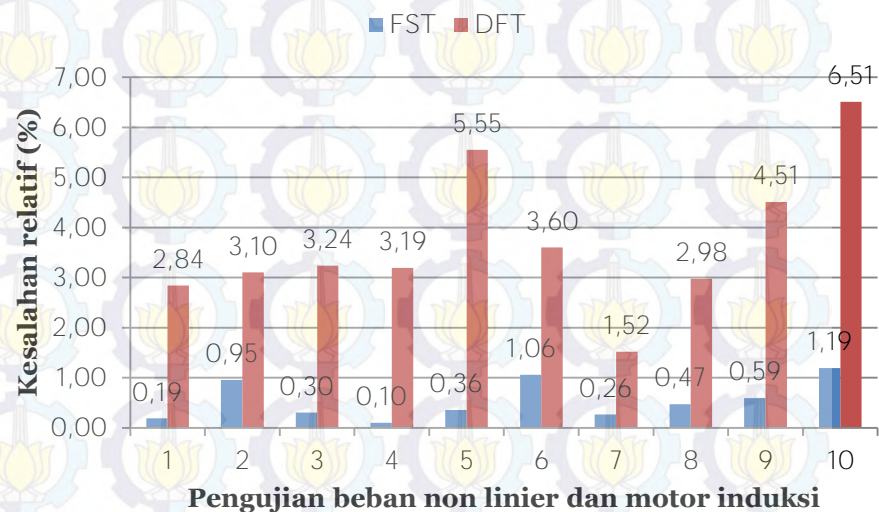


# Pengujian *Prototype* THD<sub>i</sub>

## Pengujian pada beban non linier Dibandingkan FLUKE 43B



## Pengujian pada beban non linier dan motor induksi Dibandingkan FLUKE 43B



**Kesalahan relatif rata  
– rata FST (%)**

0,374284

**Kesalahan relatif rata  
– rata DFT (%)**

3,383698

**Kesalahan relatif rata  
– rata FST (%)**

0,548021

**Kesalahan relatif rata  
– rata DFT (%)**

3,704522

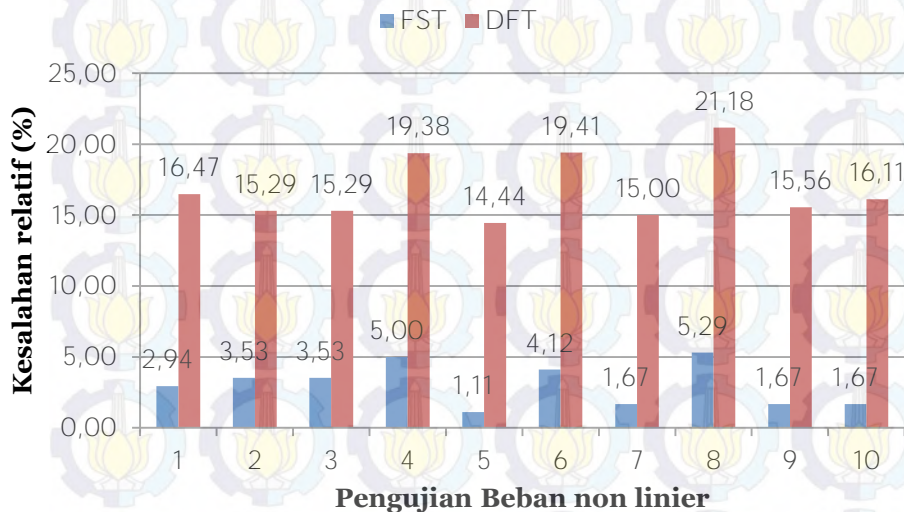




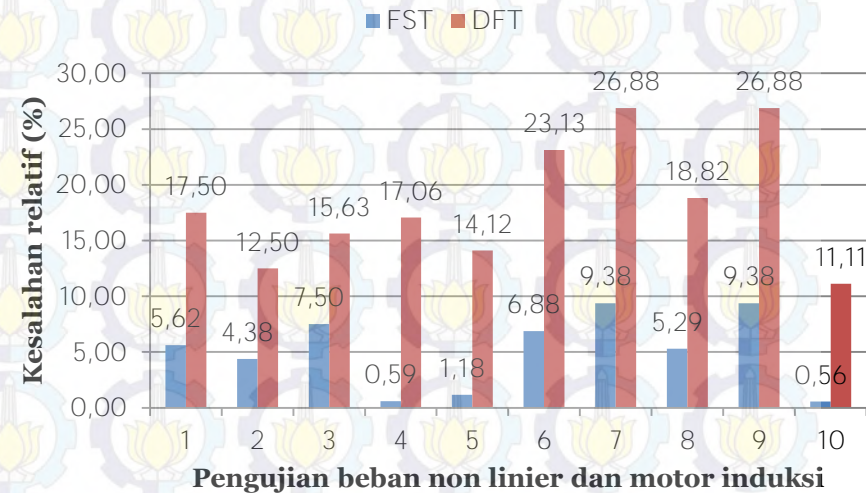


# Pengujian *Prototype* THD<sub>v</sub>

## Pengujian pada beban non linier Dibandingkan FLUKE 43B



## Pengujian pada beban non linier dan motor induksi Dibandingkan FLUKE 43B



**Kesalahan relatif rata  
– rata FST (%)**

3,052288

**Kesalahan relatif rata  
– rata DFT (%)**

16,81332

**Kesalahan relatif rata  
– rata FST (%)**

5,073938

**Kesalahan relatif rata  
– rata DFT (%)**

18,36111







# Pengujian Waktu Komputasi

Hasil waktu komputasi  
antara FST dengan ST

Jumlah data	waktu (s)	
	ST	FST
2000	0,3456	0,2601
5000	3,0233	2,2923
10000	12,0865	8,3864

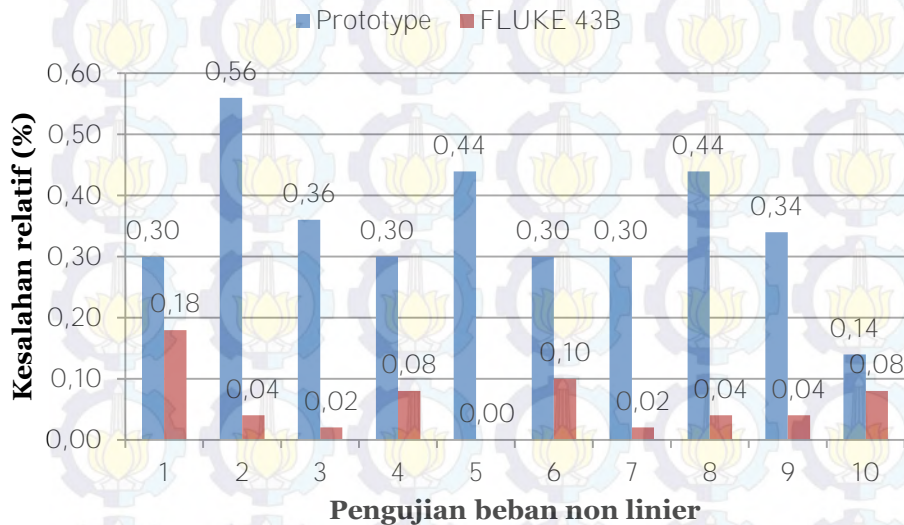




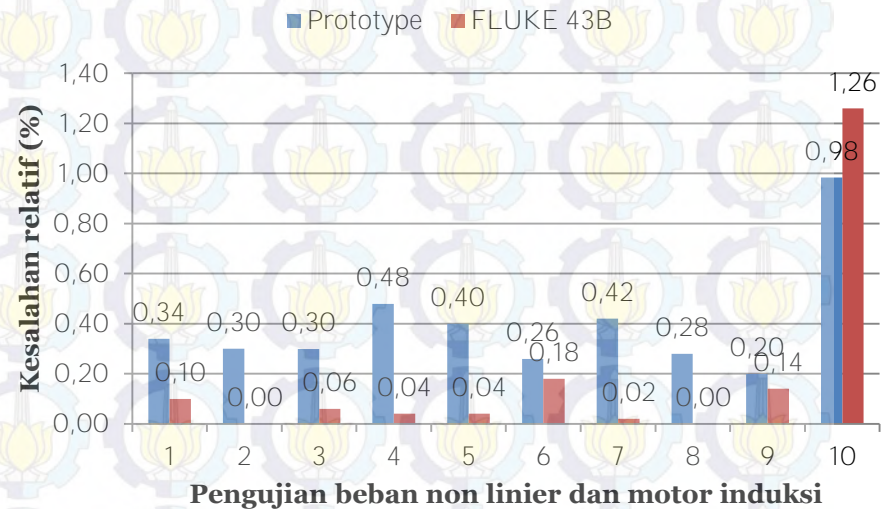


# Pengujian *Prototype* Frekuensi

## Pengujian pada beban non linier Dibandingkan osiloskop DL850



## Pengujian pada beban non linier dan motor induksi Dibandingkan osiloskop DL850



Kesalahan relatif rata – rata prototype (%)	Kesalahan relatif rata – rata FLUKE 43B (%)
0,3476226	0,0599161

Kesalahan relatif rata – rata prototype (%)	Kesalahan relatif rata – rata FLUKE 43B (%)
0,3956627	0,1838045







# Pengujian *Prototype* Faktor daya

Pengujian pada beban non linier  
Dibandingkan FLUKE 43B

Beban non-linier	Sudut beda fasa (°)	Faktor daya		Kesalahan Relatif <i>Prototype</i>	Kesalahan Relatif <i>Prototype</i> (%)
	<i>Prototype</i>	<i>prototype</i>	FLUKE 43B		
2 LHE + 6 lampu pijar	0	0,995	0,99	0,005051	0,505051
2 LHE + 6 lampu pijar	0	0,994	0,99	0,00404	0,40404
2 LHE + 6 lampu pijar	0	0,994	0,99	0,00404	0,40404
2 LHE + 6 lampu pijar	0	0,995	0,99	0,005051	0,505051
2 LHE + 6 lampu pijar	0	0,994	0,99	0,00404	0,40404
2 LHE + 6 lampu pijar	0	0,994	0,99	0,00404	0,40404
2 LHE + 6 lampu pijar	0	0,995	0,99	0,005051	0,505051
2 LHE + 6 lampu pijar	0	0,995	0,99	0,00404	0,40404
2 LHE + 6 lampu pijar	0	0,994	0,99	0,005051	0,505051
2 LHE + 6 lampu pijar	0	0,994	0,99	0,00404	0,40404
				0,004444	0,444444

Rata – rata kesalahan relatif







# Pengujian *Prototype* Faktor daya

Pengujian pada beban non linier dan motor induksi Dibandingkan FLUKE 43B

Beban	Sudut beda fasa (°)	Faktor daya		Kesalahan Relatif <i>Prototype</i>	Kesalahan Relatif <i>Prototype</i> (%)
	<i>Prototype</i>	<i>prototype</i>	FLUKE 43B		
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	11,53	0,98	0,99	0,01	1,01
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	9,66	0,98	0,99	0,01	1,01
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	9,82	0,98	0,99	0,01	1,01
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	9,85	0,98	0,99	0,01	1,01
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	10,68	0,98	0,99	0,01	1,01
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	10,43	0,98	0,99	0,01	1,01
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	10,61	0,98	0,99	0,01	1,01
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	10,89	0,98	0,99	0,01	1,01
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	10,57	0,98	0,99	0,01	1,01
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	10,87	0,98	0,99	0,01	1,01
				0,01	1,01

Rata – rata kesalahan relatif





# Pengujian *Prototype* daya aktif

Pengujian pada beban non linier  
Dibandingkan FLUKE 43B

Beban non-linier	Daya Aktif (Watt)		Kesalahan Relatif <i>Prototype</i>	Kesalahan Relatif <i>Prototype</i> (%)
	<i>prototype</i>	FLUKE 43B		
2 LHE + 6 lampu pijar	440,63	390	0,13	12,98
2 LHE + 6 lampu pijar	441,98	390	0,133	13,33
2 LHE + 6 lampu pijar	445,02	390	0,141	14,11
2 LHE + 6 lampu pijar	437,91	390	0,123	12,28
2 LHE + 6 lampu pijar	434,85	390	0,115	11,5
2 LHE + 6 lampu pijar	436,40	390	0,119	11,9
2 LHE + 6 lampu pijar	448,06	390	0,149	14,89
2 LHE + 6 lampu pijar	440,19	390	0,129	12,87
2 LHE + 6 lampu pijar	440,67	390	0,13	12,99
2 LHE + 6 lampu pijar	438,79	390	0,125	12,51
			0,129	12,94

Rata – rata kesalahan relatif





# Pengujian *Prototype* daya aktif

## Pengujian pada beban non linier dan motor induksi Dibandingkan FLUKE 43B

Beban	Daya Aktif (Watt)		Kesalahan Relatif <i>Prototype</i>	Kesalahan Relatif <i>Prototype</i> (%)
	<i>prototype</i>	FLUKE 43B		
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	589,5	510	0,156	15,58
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	590,4	510	0,158	15,77
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	595,3	510	0,167	16,72
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	593,1	510	0,163	16,28
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	586,1	510	0,149	14,93
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	585,6	510	0,148	14,82
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	587,6	510	0,152	15,21
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	584,4	510	0,146	14,6
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	584,8	510	0,147	14,66
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	589,4	510	0,156	15,57
			0,154	15,41

Rata – rata kesalahan relatif





# Pengujian *Prototype* daya reaktif

Pengujian pada beban non linier  
Dibandingkan FLUKE 43B

Beban non-linier	Daya Reaktif (Var)		Kesalahan Relatif <i>Prototype</i>	Kesalahan Relatif <i>Prototype</i> (%)
	<i>prototype</i>	FLUKE 43B		
2 LHE + 6 lampu pijar	45,62	60	0,24	23,97
2 LHE + 6 lampu pijar	47,84	60	0,203	20,27
2 LHE + 6 lampu pijar	48,59	60	0,19	19,02
2 LHE + 6 lampu pijar	46,02	60	0,233	23,3
2 LHE + 6 lampu pijar	47,18	60	0,214	21,37
2 LHE + 6 lampu pijar	47,44	60	0,209	20,93
2 LHE + 6 lampu pijar	46,72	60	0,221	22,13
2 LHE + 6 lampu pijar	48,10	60	0,198	19,83
2 LHE + 6 lampu pijar	45,62	60	0,24	23,97
2 LHE + 6 lampu pijar	46,53	60	0,225	22,45

Rata – rata kesalahan relatif





# Pengujian *Prototype* daya reaktif

Pengujian pada beban non linier dan motor induksi Dibandingkan FLUKE 43B

Beban	Daya Reaktif (Var)		Kesalahan Relatif <i>Prototype</i>	Kesalahan Relatif <i>Prototype</i> (%)
	<i>prototype</i>	FLUKE 43B		
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	53,15	50	0,063	6,3
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	52,45	50	0,049	4,9
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	53,14	50	0,063	6,28
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	52,83	50	0,057	5,66
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	51,17	50	0,023	2,34
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	52,08	50	0,042	4,16
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	53,33	50	0,067	6,66
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	52,26	50	0,045	4,52
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	50,59	50	0,012	1,18
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	50,1	50	0,002	0,2
			0,042	4,22

Rata – rata kesalahan relatif





# Pengujian *Prototype* daya semu

## Pengujian pada beban non linier Dibandingkan FLUKE 43B

Beban non-linier	Daya Semu (VA)		Kesalahan Relatif <i>Prototype</i>	Kesalahan Relatif <i>Prototype</i> (%)
	<i>prototype</i>	FLUKE 43B		
2 LHE + 6 lampu pijar	442,99	400	0,1075	10,747
2 LHE + 6 lampu pijar	444,56	400	0,1114	11,141
2 LHE + 6 lampu pijar	447,66	400	0,1192	11,915
2 LHE + 6 lampu pijar	440,32	400	0,1008	10,081
2 LHE + 6 lampu pijar	437,40	400	0,0935	9,3508
2 LHE + 6 lampu pijar	438,97	400	0,0974	9,7418
2 LHE + 6 lampu pijar	450,49	400	0,1262	12,623
2 LHE + 6 lampu pijar	442,81	400	0,107	10,702
2 LHE + 6 lampu pijar	443,02	400	0,1076	10,756
2 LHE + 6 lampu pijar	441,25	400	0,1031	10,313
			0,1074	10,737

Rata – rata kesalahan relatif







# Pengujian *Prototype* daya semu

## Pengujian pada beban non linier dan motor induksi Dibandingkan FLUKE 43B

Beban	Daya Semu (VA)		Kesalahan Relatif <i>Prototype</i>	Kesalahan Relatif <i>Prototype</i> (%)
	<i>prototype</i>	FLUKE 43B		
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	591,85	520	0,1382	13,817
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	592,76	520	0,1399	13,992
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	597,63	520	0,1493	14,929
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	595,39	520	0,145	14,498
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	588,35	520	0,1314	13,144
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	587,90	520	0,1306	13,058
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	589,97	520	0,1346	13,456
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	586,77	520	0,1284	12,84
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	586,96	520	0,1288	12,877
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	591,55	520	0,1376	13,76
			0,1364	13,637

Rata – rata kesalahan relatif





**Latar Belakang**

**Pemodelan dan Desain *Prototype***

**Analisis Simulasi Gangguan Kualitas Daya**

**Analisis Pengujian Kualitas Daya**

**Kesimpulan dan Penelitian Selanjutnya**

**Daftar Pustaka**







# Kesimpulan

Dalam penelitian ini, metode FST untuk melakukan analisis kualitas daya memiliki hasil yang lebih akurat pada beberapa parameter yang dianalisis dan secara signifikan mengurangi waktu komputasi.

1. Kesalahan relatif pengukuran tegangan r.m.s dengan osiloskop DL850 pada beban non linier sebesar **0,8201 %** sedangkan pada beban non linier dan motor induksi sebesar **0,92136972 %**.
2. Kesalahan relatif pengukuran arus r.m.s dengan osiloskop DL850 pada beban non linier sebesar **0,93046 %** sedangkan pada beban non linier dan motor induksi sebesar **5,846143 %**.
3. Kesalahan relatif pengukuran  $THD_i$  dengan FLUKE 43B pada beban non linier sebesar **0,374284 %** sedangkan pada beban non linier dan motor induksi sebesar **3,052288 %**.
4. Kesalahan relatif pengukuran  $THD_v$  dengan FLUKE 43B pada beban non linier sebesar **0,548021 %** sedangkan pada beban non linier dan motor induksi sebesar **5,073938 %**.
5. Metode FST memiliki waktu komputasi masing – masing **0,0855** detik, **0,731** detik dan **3,7001** detik lebih cepat dengan jumlah data sebesar 2000 data, 5000 data dan 10000 data dibandingkan dengan *Stockwell transform*.







# Kesimpulan

6. Kesalahan relatif pengukuran frekuensi dengan osiloskop DL850 pada beban non linier sebesar **0,3476226 %** sedangkan pada beban non linier dan motor induksi sebesar **0,39566 %**.
7. Kesalahan relatif pengukuran faktor daya dengan FLUKE 43B pada beban non linier sebesar **0,444444 %** sedangkan pada beban non linier dan motor induksi sebesar **1,01 %**.
8. Kesalahan relatif pengukuran daya aktif dengan FLUKE 43B pada beban non linier sebesar **12,94 %** sedangkan pada beban non linier dan motor induksi sebesar **15,41%**.
9. Kesalahan relatif pengukuran daya reaktif dengan FLUKE 43B pada beban non linier sebesar **22,45 %** sedangkan pada beban non linier dan motor induksi sebesar **4,22 %**.
10. Kesalahan relatif pengukuran daya semu dengan FLUKE 43B pada beban non linier sebesar **10,737 %** sedangkan pada beban non linier dan motor induksi sebesar **13,367 %**.







# Penelitian Selanjutnya

---

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengatasi kekurangan pada *prototype* yang sudah dibuat seperti dalam pengukuran frekuensi, faktor daya, daya aktif, daya reaktif, daya semu.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mampu melakukan pengukuran secara *real time* pada berbagai elemen kualitas daya seperti *voltage flicker*, *voltage sag*, *voltage swell*, *inrush current*, *oscillatory transient*, *notch* dan *spike*.





**Latar Belakang**

**Pemodelan dan Desain *Prototype***

**Analisis Simulasi Gangguan Kualitas Daya**

**Analisis Pengujian Kualitas Daya**

**Kesimpulan dan Penelitian Selanjutnya**

**Daftar Pustaka**







# Daftar Pustaka

---

- [1] Dash, P.K., Panigrahi, B.K., Panda, G., “**Power** Quality Analysis Using S-**Transform**”, IEEE Trans. Power Del., Vol. 18, No. 2, Apr. 2003
- [2] Mishra, S., Bhende, C.N., Panigrahi, B.K., “**Detection** and Classification of Power Quality Disturbances Using S-Transform and Probabilistic Neural **Network**”, IEEE Trans. Power Del., Vol. 23, No.1, Jan. 2008
- [3] Santoso, S., Hofmann, P., “**Power** Quality Assessment Via Wavelet Transform **Analysis**”, IEEE Trans. Power Del., Vol. 11, No.2, Apr. 1996
- [4] Santoso, S., Powers, E.J., Grady, W.M., “**Power** Quality Disturbance Data Compression Using Wavelet Transform **Methods**”, IEEE Trans. Power Del., Vol. 12, No. 3, Jul. 1997
- [5] Lieberman, D.G., Tronsoco, R.J.R., Rios, R.A.O., Perez, A.G. Yepez, E.C., “**Techniques** and Methodologies for Power Quality Analysis and Disturbances Classification in Power Systems: a **Review**”, IET Gener. Transm. Distrib., Vol.5, Iss.4, pp. 519-529, 2011
- [6] Rodriguez, M.V., Tronsoco, R.J.R., Perez, A.G., Lieberman, D.G., Rios, R.A.O., “**Reconfigurable** Instrument for Neural Network Based Power Quality Monitoring in 3 phase Power **Systems**”, IET Gener. Transm. Distrib., Vol.7, Iss.12, pp. 1298-1207, 2013
- [7] Masoum, M.A.S., Jamali, S., Ghafarzadeh, N., “**Detection** and Classification of Power Quality Disturbances Using Discrete Wavelet Transform and Wavelet **Networks**”, IET Sci. Meas. Technol., 2010, Vol. 4, Iss. 4, pp. 193–205
- [8] Poisson, O., Rioual, P., Meunier, M., “**Detection** and Measurement of Power Quality Disturbances Using Wavelet **Transform**”, IEEE Trans. Power Del, Vol. 15, No.3, Jul. 2013
- [9] Santoso, S., Powers, E.J., Grady, W.M., Parsons, A.C., “**Power** Quality Disturbances Waveform Recognition Using Wavelet Based Naural Classifier-Part 1: Theoretical **Foundation**”, IEEE Trans. Power Del. Vol. 15, No. 1, Jan. 2000
- [10] Lin, C.H., Wang, C.H., “**Adaptive** Wavelet Networks for Power-Quality Detection and Discrimination in a Power **System**”, IEEE Trans. Power Del. Vol. 21, No.3, Jul. 2006
- [11] Biswal, B., Mishra, S., “**Power** Signal Disturbance Identification and Classification Using a Modified Frequency Slice Wavelet **Transform**”, IET Gener. Transm. Distrib, Vol. 8, Iss. 2, pp. 353–362, 2014
- [12] Reddy, M.J.B., Sagar, K., Mohanda, D.K., “**A** Multifunctional Real-time Power Quality Monitoring System using Stockwell **Transform**”, IET Sci. Meas. Technol., 2014, Vol. 8, Iss. 4, pp. 155–169
- [13] He, S., Li, K., Zhang, M., “**A** Real-Time Power Quality Disturbances Classification Using Hybrid Method Based on S-Transform and **Dynamics**”
- [14] Zhao, F., Yang, R., “**Power**-Quality Disturbance Recognition Using S-**Transform**”, IEEE. Trans. Power Del., Vol. 22, No. 2, Apr. 2007
- [15] Yao, W., Tang, Q., Teng, Z., Gao, Y., Wen, He., “**Fast** S-Transform for Time Varying Voltage Flicker **Analysis**”, IEEE Trans. Instrum. Meas., Vol. 63, No. 1, Jan. 2014







# Daftar Pustaka

- [16] Biswal, M., Dash, P.K., “**Estimation** of Time Varying Power Quality Indices with an Adaptive Window Based Fast Generalised S-Transform”, IET Sci. Meas. Technol., Vol. 6, Iss. 4, pp. 189–197, 2012
- [17] Dugan, R.C., Mcgranaghan, M.F., Santoso, S., Beaty, H.W., “**Electrical Power Systems Quality**”, McGraw Hill
- [18] IEEE std. 1159-2009., “**IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality**”
- [19] Baki, S.R.S., Abdullah, M.Z., Abidin, A.F., “**Combination** Wavelets and Artificial Intelligent For Classification and Detection Transient **Overvoltage**”, Student Conference on Research and Development Proceedings, Shah Alam, Malaysia, 2002
- [20] Naidoo, R., Pillay, P., “**A new Method of Voltage Sag and Swell Detection**” IEEE Trans. Power Del., Vol. 22, No. 2, Apr. 2007
- [21] Thakur, P., Singh, A.K., Bansal, R.C., “**Novel Way for Classification and Type Detection of Voltage Sag**”, IET Gener. Transm. Distrib., Vol. 7, Iss. 4, pp. 398–404, 2013
- [22] IEEE std. 1250 – 1995, “**IEEE Guide for Service to Equipment Sensitive to Momentary Voltage Disturbances**”
- [23] IEEE P1668™/D3Q, “**IEEE Draft Trial Use Recommended Practice for Voltage Sag and Short Interruption Ride-Through Testing for End Use Electrical Equipment Rated Less than 1,000 Volts**”
- [24] IEEE Std. 519-1992, “**IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems**”
- [25] Eghtedarpour, N., Farjah, E., Khayatian, A., “**Effective Voltage Flicker Calculation Based on Multiresolution S-Transform**”, IEEE Trans. Power Del. Vol. 27, No. 2, Apr. 2012
- [26] Biswal, M., Dash, P.K., “**Estimation** of Time Varying Power Quality Indices with an Adaptive Window Based Fast Generalized S-transform”, IET Sci. Meas. Technol., 2012, Vol. 6, Iss. 4, pp. 189–197
- [27] Kumar, R., Singh, B., Shahani, D.T., Chandra, A., Al-haddad, K., “**Recognition** of Power Quality Disturbances Using S-Transform Based ANN Classifier and Rule Based Decision **Tree**”, IEEE Trans. Industrial App., 2014
- [28] Norman, C.F.Tse, John, Y.C.C., Lau, W.H., Poon, J.T.Y., Lai, L.L., “**Real-Time Power Quality Monitoring With Hybrid Sinusoidal and Lifting Wavelet Compression Algorithm**”, IEEE Trans. Power Del., Vol. 27, No. 4, Oct. 2012
- [29] Nath, S., Sinha, P., Goswami, S.K., “**A wavelet Based Novel Method for the Detection of Harmonic Sources in Power Systems**”, Electrical Power and Energy Systems, 2012, 40, 54 – 61
- [30] Norman, C.F.T., John, Y.C.C., Lau, W.H., Lai, L.L., “**Hybrid Wavelet and Hilbert Transform with Frequency-Shifting Decomposition for Power Quality Analysis**”, IEEE Trans. Instrum. Meas., Vol. 61, No. 12, Dec. 2012







# Daftar Pustaka

---

- [31] Cho, S.H., Jang, G., Kwon, S.H., “**Time** Frequency Analysis of Power Quality Disturbances via the Gabor-Wigner **Transform**”, IEEE Trans. Power Del., Vol. 25, No. 1, Jan. 2010
- [32] Radil, T., Ramos, P.M., Janeiro, F.M., Serra, A.C., “**PQ** Monitoring System for Real Time Detection and Classification of Disturbances in a Single Phase Power **System**”, IEEE Trans. Instrum. Meas.,
- [33] Lin, H.C., “**Intelligent** Neural Network Based Fast Power System Harmonic **Detection**”, IEEE Trans. Industrial Elec. Vol. 54, No. 1, Feb. 2007
- [34] Voltage transducer AMC1100.[online].Available:[www.ti.com/lit/ds/symlink/amc1100.pdf](http://www.ti.com/lit/ds/symlink/amc1100.pdf)
- [35] Current Transducer ACS712.[online]. Available.<https://www.mpja.com/download/acs712.pdf>
- [36] DL850Scopecorder.[online].Available.<http://tmi.yokogawa.com/discontinuedproducts/oscilloscopes/scopecorders/dl850dl850v-scopecorder/>
- [37] FLUKE 43B datasheet.[online].available.[www.farnell.com/datasheets/1663916.pdf](http://www.farnell.com/datasheets/1663916.pdf)







# Terima Kasih

LIPIST B.204

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Email : [dimas.okky09@gmail.com](mailto:dimas.okky09@gmail.com)





# Latar Belakang

Power Quality



❑ Kualitas Daya menjadi isu penting untuk perusahaan penyedia listrik dan Pelanggan [1],[2],[3],[4]

❑ Penurunan kualitas daya secara normal disebabkan oleh

1. *Voltage Sag*
2. *Voltage Swell*
3. Harmonik
4. *Voltage Flicker*
5. *Momentary interruption*
6. *Notch* dan *Spike*
7. *Oscillatory Transient*







# Standar IEEE std. 519-1992

**Tabel 2.2** Batas distorsi arus (dalam %  $I_L$ ) untuk sistem distribusi (level tegangan 120-69.000 V) IEEE std. 519-1992

$I_L$	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \geq h$	TDD
<20	2.0	2.0	0.75	0.30	0.15	2.5
20-50	3.5	3.5	1.25	0.50	0.25	4.0
50-100	5.0	4.5	2.00	0.75	0.35	6.0
100-1000	6.0	5.5	2.50	1.00	0.50	7.5
>1000	7.5	7.0	3.00	1.25	0.70	10.0

**Tabel 2.3** Batas distorsi arus (dalam %  $I_L$ ) untuk sistem sub transmisi (level tegangan 69.001-161.000 V) IEEE std. 519-1992

$I_L$	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \geq h$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20-50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50-100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100-1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

**Tabel 2.4** Batas distorsi arus (dalam %  $I_L$ ) untuk sistem transmisi (level tegangan >161.000 V) IEEE std. 519-1992

$I_L$	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \geq h$	TDD
<50	2.0	1.0	0.75	0.30	0.15	2.50
$\geq 50$	3.0	1.5	1.15	0.45	0.22	3.75





# Standar IEEE std. 519-1992

**Table 1. IEEE Std 519-1992 Harmonic Voltage Limits**

## Voltage Distortion Limits

Bus Voltage at PCC	Individual Voltage Distortion (%)	Total Voltage Distortion THD (%)
Below 69 kV	3.0	5.0
69 kV to 161 kV	1.5	2.5
161 kV and above	1.0	1.5

NOTE: High-voltage systems can have up to 2.0% THD where the cause is an HVDC terminal that will attenuate by the time it is tapped for a user.







# Persamaan Parameter Kualitas Daya

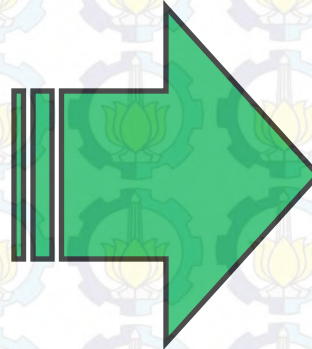
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} [V_n]^2}$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} [I_n]^2}$$

$$P = V_{rms} \times I_{rms} \times \cos \varphi$$

$$S = V_{rms} \times I_{rms}$$

$$Q = V_{rms} \times I_{rms} \times \sin \varphi$$



**Ket. persamaan**

tegangan *true rms*

arus *true rms*

daya aktif

daya semu

daya reaktif

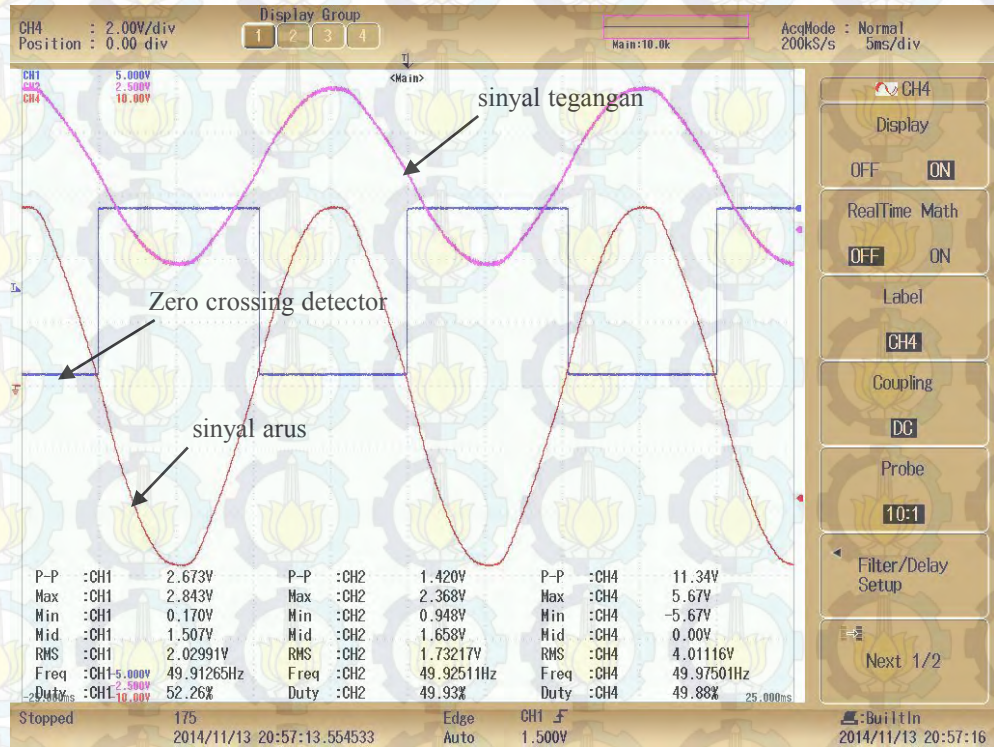






# ACS712

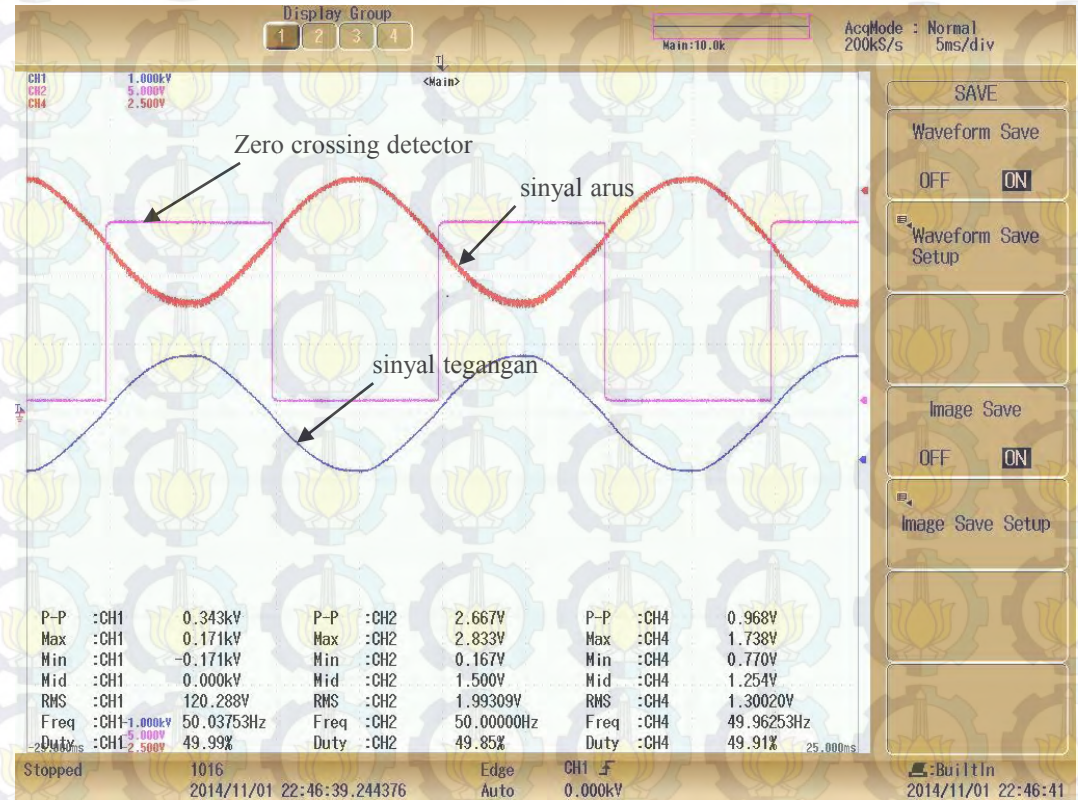
No	karakteristik	nilai
1	Resistansi keluaran	4,7 k $\Omega$
2	Resistansi primer	1,2 m $\Omega$
3	Waktu sampling	3,5 $\mu$ s
4	<i>Bandwidth</i>	80 kHz
5	Tegangan isolasi	2,1 kV
6	sensitivitas	185 mV/A
7	Tegangan suplai	5 V
8	Arus nominal	5 A
9	Akurasi	1,5%





# AMC1100

No	karakteristik	nilai
1	Waktu sampling	3,6 $\mu$ s
2	Bandwidth	60 kHz
3	Tegangan isolasi	4,2 kV
4	sensitivitas	185 mV/A
5	Tegangan suplai	3.3 V
6	Tegangan nominal	1,2 kV
7	Akurasi	0,5 %







# Spesifikasi STM32F407

Karakteristik	Minimum	Maksimum
Tegangan <i>input</i>	0	5 V
A/D <i>converter</i>	-	12 bit
Frekuensi	-	168 MHz
Memori	-	1 MByte



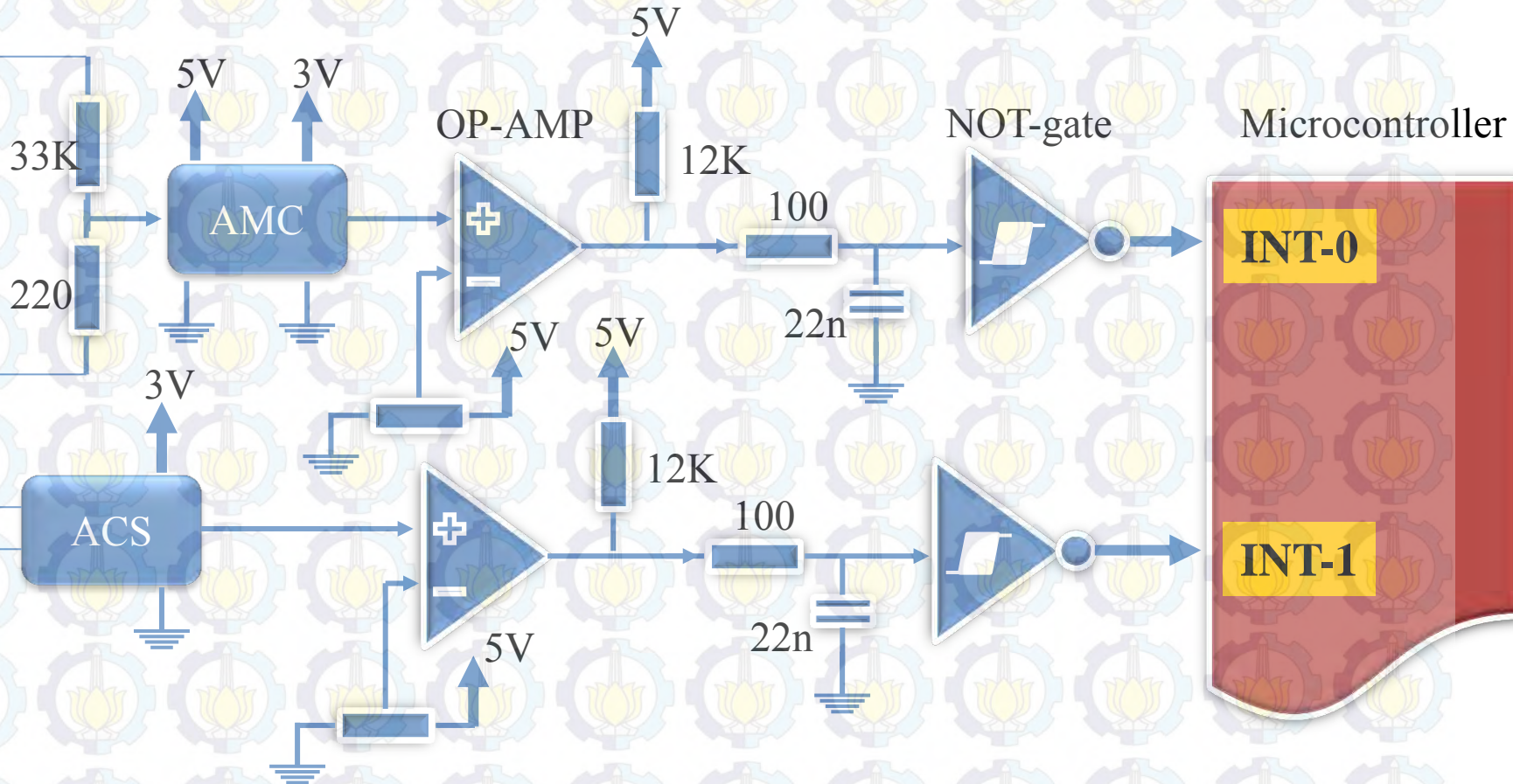


# Rangkaian Hardware



S

L







# Persamaan Parameter Kualitas Daya

Power faktor

$$pf = [\cos \phi_1] DF$$

$$pf_{true} \approx \frac{P_{avg}}{V_{rms} I_{rms}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (THD_I / 100)^2}} = pf_{dsp} \cdot pf_{dst}$$

Daya semu

$$S = P + jQ$$

Daya Aktif

$$P = V_{rms} \times I_{rms} \times \cos \varphi \times DF$$

Daya Aktif

$$Q = V_{rms} \times I_{rms} \times \sin \varphi \times DF$$

True Power Factor Representation - Expanded

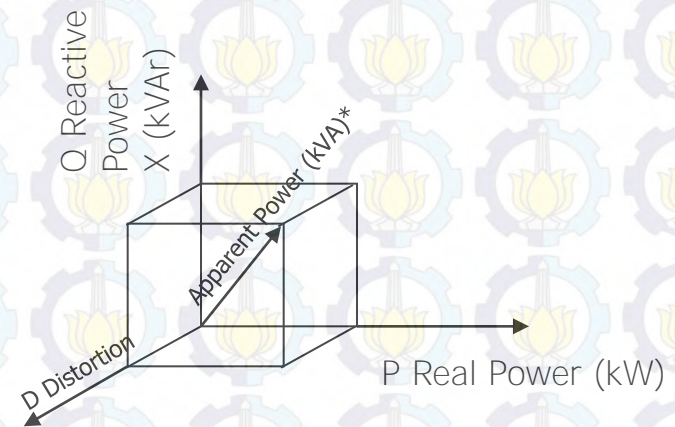


Figure 54.1





# Analisis Harmonik

Power Quality



## Besaran harmonik arus

$$THDi = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N i_n^2}}{i_1} \times 100\%$$

## Besaran harmonik tegangan

$$THDv = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N V_n^2}}{V_1} \times 100\%$$

## Keterangan persamaan

$I_n$  adalah arus harmonik orde  $n$   
 $N$  adalah orde harmonik yang dianalisa  
 $i_1$  adalah arus pada frekuensi dasar

## Keterangan persamaan

$V_n$  adalah tegangan harmonik orde  $n$   
 $N$  adalah orde harmonik yang dianalisa  
 $V_1$  adalah tegangan pada frekuensi dasar







# Tegangan true rms

Power Quality



## Non linier

Beban non-linier	Tegangan r.m.s (V)			Kesalahan Relatif Prototype	Kesalahan Relatif FLUKE 43B	Kesalahan Relatif Prototype (%)	Kesalahan Relatif FLUKE 43B (%)
	Prototype	FLUKE 43B	Osiloskop DL850				
2 LHE + 6 lampu pijar	206,04	203,8	205,48	0,00273	0,00817598	0,273	0,8175978
2 LHE + 6 lampu pijar	207,74	203,8	205,74	0,00972	0,00942938	0,972	0,9429377
2 LHE + 6 lampu pijar	207,25	203,1	205,25	0,00974	0,01047503	0,974	1,047503
2 LHE + 6 lampu pijar	207,7	203,3	205,60	0,01021	0,01118677	1,021	1,118677
2 LHE + 6 lampu pijar	207,3	203,6	205,77	0,00744	0,01054575	0,744	1,0545755
2 LHE + 6 lampu pijar	207,06	203,2	205,28	0,00867	0,0101325	0,867	1,0132502
2 LHE + 6 lampu pijar	207,60	203	205,3	0,0112	0,01120312	1,12	1,1203117
2 LHE + 6 lampu pijar	206,92	203,5	205,74	0,00574	0,01088753	0,574	1,0887528
2 LHE + 6 lampu pijar	207,02	203,3	205,48	0,00750	0,01060931	0,75	1,0609305
2 LHE + 6 lampu pijar	207,16	203,1	205,3	0,00906	0,01071603	0,906	1,0716025
				0,002094	0,01033614	0,8201	1,0336139







# Tegangan true rms

## Non linier dan motor induksi

Beban	Tegangan r.m.s (V)			Kesalahan	Kesalahan	Kesalahan	Kesalahan
	<i>Prototype</i>	FLUKE 43B	Osiloskop DL850	Relatif <i>Prototype</i>	Relatif FLUKE 43B	Relatif <i>Prototype</i> (%)	Relatif FLUKE 43B (%)
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	203,55	203,3	205,62	0,01006711	0,01128295	1,00671141	1,12829491
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	203,1	203,6	205,18	0,01013744	0,00770056	1,01374403	0,77005556
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	203,6	203,5	205,74	0,01040148	0,01088753	1,04014776	1,08875279
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	204,21	203,1	205,76	0,00753305	0,01292768	0,75330482	1,29276827
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	203,58	203,3	205,21	0,00794308	0,00930754	0,79430827	0,93075386
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	204,4	203	205,74	0,00651307	0,01331778	0,65130748	1,33177797
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	203,45	203,1	205,4	0,00949367	0,01119766	0,94936709	1,11976631
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	203,24	203	205,39	0,01046789	0,0116364	1,04678904	1,1636399
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	203,1	203	205,21	0,01028215	0,01076946	1,028215	1,07694557
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	203,51	203,1	205,42	0,00929802	0,01129393	0,92980236	1,12939344
				0,0092137	0,01103215	0,92136972	1,10321486







# Arus true rms

Power Quality



Non linier

Beban non-linier	Arus r.m.s (A)			Kesalahan Relatif <i>Prototype</i>	Kesalahan Relatif FLUKE 43B	Kesalahan Relatif <i>Prototype</i> (%)	Kesalahan Relatif FLUKE 43B (%)
	<i>Prototype</i>	FLUKE 43B	Osiloskop DL850				
2 LHE + 6 lampu pijar	2,15	1,96	2,16	0,0046296	0,0925926	0,462963	9,2592593
2 LHE + 6 lampu pijar	2,14	1,95	2,16	0,0092593	0,0972222	0,9259259	9,7222222
2 LHE + 6 lampu pijar	2,16	1,94	2,16	0	0,1018519	0	10,185185
2 LHE + 6 lampu pijar	2,12	1,94	2,15	0,0139535	0,0976744	1,3953488	9,7674419
2 LHE + 6 lampu pijar	2,11	1,94	2,14	0,0140187	0,0934579	1,4018692	9,3457944
2 LHE + 6 lampu pijar	2,12	1,94	2,15	0,0139535	0,0976744	1,3953488	9,7674419
2 LHE + 6 lampu pijar	2,17	1,94	2,14	0,0140187	0,0934579	1,4018692	9,3457944
2 LHE + 6 lampu pijar	2,14	1,94	2,15	0,0046512	0,0976744	0,4651163	9,7674419
2 LHE + 6 lampu pijar	2,14	1,93	2,16	0,0092593	0,1064815	0,9259259	10,648148
2 LHE + 6 lampu pijar	2,13	1,95	2,15	0,0093023	0,0930233	0,9302326	9,3023256
				0,0093046	0,0971111	0,93046	9,7111055







# Arus true rms

Power Quality



Non linier dan motor induksi

Beban	Arus r.m.s (A)			Kesalahan	Kesalahan	Kesalahan	Kesalahan
	<i>Prototype</i>	FLUKE 43B	Osiloskop DL850	Relatif <i>Prototype</i>	Relatif FLUKE 43B	Relatif <i>Prototype</i> (%)	Relatif FLUKE 43B (%)
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	2,97	2,52	2,77	0,072202	0,090253	7,220217	9,025271
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	2,96	2,52	2,8	0,057143	0,1	5,714286	10
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	2,98	2,52	2,79	0,0681	0,096774	6,810036	9,677419
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	2,96	2,53	2,82	0,049645	0,102837	4,964539	10,28369
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	2,94	2,54	2,78	0,057554	0,086331	5,755396	8,633094
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	2,92	2,53	2,78	0,05036	0,089928	5,035971	8,992806
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	2,95	2,53	2,78	0,061151	0,089928	6,115108	8,992806
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	2,94	2,52	2,79	0,053763	0,096774	5,376344	9,677419
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	2,94	2,52	2,79	0,053763	0,096774	5,376344	9,677419
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	2,96	2,52	2,79	0,060932	0,096774	6,09319	9,677419
				0,058461	0,094637	5,846143	9,463734







# Frekuensi

Power Quality



Non linier

Beban non-linier	Frekuensi (Hz)			Kesalahan	Kesalahan	Kesalahan	Kesalahan
	<i>Prototype</i>	FLUKE 43B	Osiloskop DL850	Relatif <i>Prototype</i>	Relatif FLUKE 43B	Relatif <i>Prototype</i> (%)	Relatif FLUKE 43B (%)
2 LHE + 6 lampu pijar	50,25	50,01	50,1	0,002994	0,0017964	0,2994012	0,1796407
2 LHE + 6 lampu pijar	50,28	50,02	50	0,0056	0,0004	0,56	0,04
2 LHE + 6 lampu pijar	50,18	50,01	50	0,0036	0,0002	0,36	0,02
2 LHE + 6 lampu pijar	50,18	50,07	50,03	0,0029982	0,0007995	0,2998201	0,079952
2 LHE + 6 lampu pijar	50,3	50,08	50,08	0,004393	0	0,4392971	0
2 LHE + 6 lampu pijar	50,23	50,13	50,08	0,0029952	0,0009984	0,2995208	0,0998403
2 LHE + 6 lampu pijar	50,23	50,07	50,08	0,0029952	0,0001997	0,2995208	0,0199681
2 LHE + 6 lampu pijar	50,3	50,1	50,08	0,004393	0,0003994	0,4392971	0,0399361
2 LHE + 6 lampu pijar	50,23	50,08	50,06	0,0033959	0,0003995	0,3395925	0,0399521
2 LHE + 6 lampu pijar	50,15	50,12	50,08	0,0013978	0,0007987	0,1397764	0,0798722
				0,0034762	0,0005992	0,3476226	0,0599161







# Frekuensi

Power Quality



## Non linier dan motor induksi

Beban	Frekuensi (Hz)			Kesalahan	Kesalahan	Kesalahan	Kesalahan
	<i>Prototype</i>	FLUKE 43B	Osiloskop DL850	Relatif <i>Prototype</i>	Relatif FLUKE 43B	Relatif <i>Prototype</i> (%)	Relatif FLUKE 43B (%)
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	50,3	50,08	50,13	0,0033912	0,0009974	0,3391183	0,0997407
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	50,28	50,13	50,13	0,0029922	0	0,299222	0
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	50,33	50,21	50,18	0,0029892	0,0005978	0,2989239	0,0597848
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	50,35	50,13	50,11	0,0047895	0,0003991	0,4789463	0,0399122
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	50,25	50,03	50,05	0,003996	0,0003996	0,3996004	0,03996
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	50,3	50,08	50,17	0,0025912	0,0017939	0,259119	0,1793901
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	50,28	50,08	50,07	0,0041941	0,0001997	0,4194128	0,019972
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	50,35	50,21	50,21	0,0027883	0	0,2788289	0
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	50,3	50,13	50,2	0,001992	0,0013944	0,1992032	0,1394422
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	50,3	50,16	50,8	0,0098425	0,0125984	0,984252	1,2598425
				0,0039566	0,001838	0,3956627	0,1838045







### Non linier

Beban non-linier	THD <sub>i</sub> (%)			Kesalahan n Relatif FST	Kesalahan Relatif DFT	Kesalahan Relatif FST (%)	Kesalahan Relatif DFT (%)
	FST	DFT	FLUKE 43B				
2 LHE + 6 lampu pijar	10,353	10,779	10,3	0,005146	0,046505	0,514563	4,650485
2 LHE + 6 lampu pijar	10,825	10,988	10,8	0,002315	0,017407	0,231481	1,740741
2 LHE + 6 lampu pijar	10,919	11,112	10,9	0,001743	0,01945	0,174312	1,944954
2 LHE + 6 lampu pijar	10,508	10,867	10,5	0,000762	0,034952	0,07619	3,495238
2 LHE + 6 lampu pijar	10,85	10,974	10,8	0,00463	0,016111	0,462963	1,611111
2 LHE + 6 lampu pijar	10,872	11,172	10,9	0,002569	0,024954	0,256881	2,495413
2 LHE + 6 lampu pijar	10,427	10,893	10,4	0,002596	0,047404	0,259615	4,740385
2 LHE + 6 lampu pijar	10,926	11,104	10,9	0,002385	0,018716	0,238532	1,87156
2 LHE + 6 lampu pijar	10,353	10,976	10,2	0,015	0,076078	1,5	7,607843
2 LHE + 6 lampu pijar	10,603	10,99	10,6	0,000283	0,036792	0,028302	3,679245
				0,003743	0,033837	0,374284	3,383698







## Non linier dan motor induksi

Beban non-linier	THD <sub>i</sub> (%)			Kesalahan	Kesalahan	Kesalahan Relatif	Kesalahan Relatif
	FST	DFT	FLUKE 43B	Relatif FST	Relatif DFT	FST (%)	DFT (%)
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	9,017	9,256	9	0,001889	0,028444	0,188889	2,844444
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	8,884	9,073	8,8	0,009545	0,031023	0,954545	3,102273
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	8,927	9,188	8,9	0,003034	0,03236	0,303371	3,235955
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	8,909	9,184	8,9	0,001011	0,03191	0,101124	3,191011
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	8,731	9,183	8,7	0,003563	0,055517	0,356322	5,551724
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	8,893	9,117	8,8	0,010568	0,036023	1,056818	3,602273
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	9,076	9,238	9,1	0,002637	0,015165	0,263736	1,516484
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	8,942	9,165	8,9	0,004719	0,029775	0,47191	2,977528
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	8,651	8,988	8,6	0,00593	0,045116	0,593023	4,511628
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	8,5	8,947	8,4	0,011905	0,065119	1,190476	6,511905
				0,00548	0,037045	0,548021	3,704522







### Non linier

Beban	THD <sub>v</sub> (%)			Kesalahan Relatif FST	Kesalahan Relatif DFT	Kesalahan Relatif FST (%)	Kesalahan Relatif DFT (%)
	FST	DFT	FLUKE 43B				
2 LHE + 6 lampu pijar	1,75	1,98	1,7	0,029412	0,164706	2,941176	16,47059
2 LHE + 6 lampu pijar	1,76	1,96	1,7	0,035294	0,152941	3,529412	15,29412
2 LHE + 6 lampu pijar	1,76	1,96	1,7	0,035294	0,152941	3,529412	15,29412
2 LHE + 6 lampu pijar	1,68	1,91	1,6	0,05	0,19375	5	19,375
2 LHE + 6 lampu pijar	1,82	2,06	1,8	0,011111	0,144444	1,111111	14,44444
2 LHE + 6 lampu pijar	1,77	2,03	1,7	0,041176	0,194118	4,117647	19,41176
2 LHE + 6 lampu pijar	1,83	2,07	1,8	0,016667	0,15	1,666667	15
2 LHE + 6 lampu pijar	1,79	2,06	1,7	0,052941	0,211765	5,294118	21,17647
2 LHE + 6 lampu pijar	1,83	2,08	1,8	0,016667	0,155556	1,666667	15,55556
2 LHE + 6 lampu pijar	1,83	2,09	1,8	0,016667	0,161111	1,666667	16,11111
				0,030523	0,168133	3,052288	16,81332







### Non linier dan motor induksi

Beban non-linier	THD <sub>v</sub> (%)			Kesalahan Relatif FST	Kesalahan Relatif DFT	Kesalahan Relatif FST (%)	Kesalahan Relatif DFT (%)
	FST	DFT	FLUKE 43B				
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	1,69	1,88	1,6	0,05625	0,175	5,625	17,5
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	1,67	1,8	1,6	0,04375	0,125	4,375	12,5
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	1,72	1,85	1,6	0,075	0,15625	7,5	15,625
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	1,71	1,99	1,7	0,005882	0,170588	0,588235	17,05882
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	1,72	1,94	1,7	0,011765	0,141176	1,176471	14,11765
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	1,71	1,97	1,6	0,06875	0,23125	6,875	23,125
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	1,75	2,03	1,6	0,09375	0,26875	9,375	26,875
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	1,79	2,02	1,7	0,052941	0,188235	5,294118	18,82353
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	1,75	2,03	1,6	0,09375	0,26875	9,375	26,875
2 LHE + 6 lampu pijar + motor induksi	1,81	2	1,8	0,005556	0,111111	0,555556	11,11111
				0,050739	1,836111	5,073938	18,36111

