

Sidang Tugas Akhir

Analisa Harmonisa dan Rancang Filter Single Tuned pada Sistem Kelistrikan Bandara Internasional Juanda

M. Aris Maulana Rifa'i
2213106092

Dosen Pembimbing :
Dr. Ardyono Priyadi, ST, M.Eng
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT,

Latar Belakang

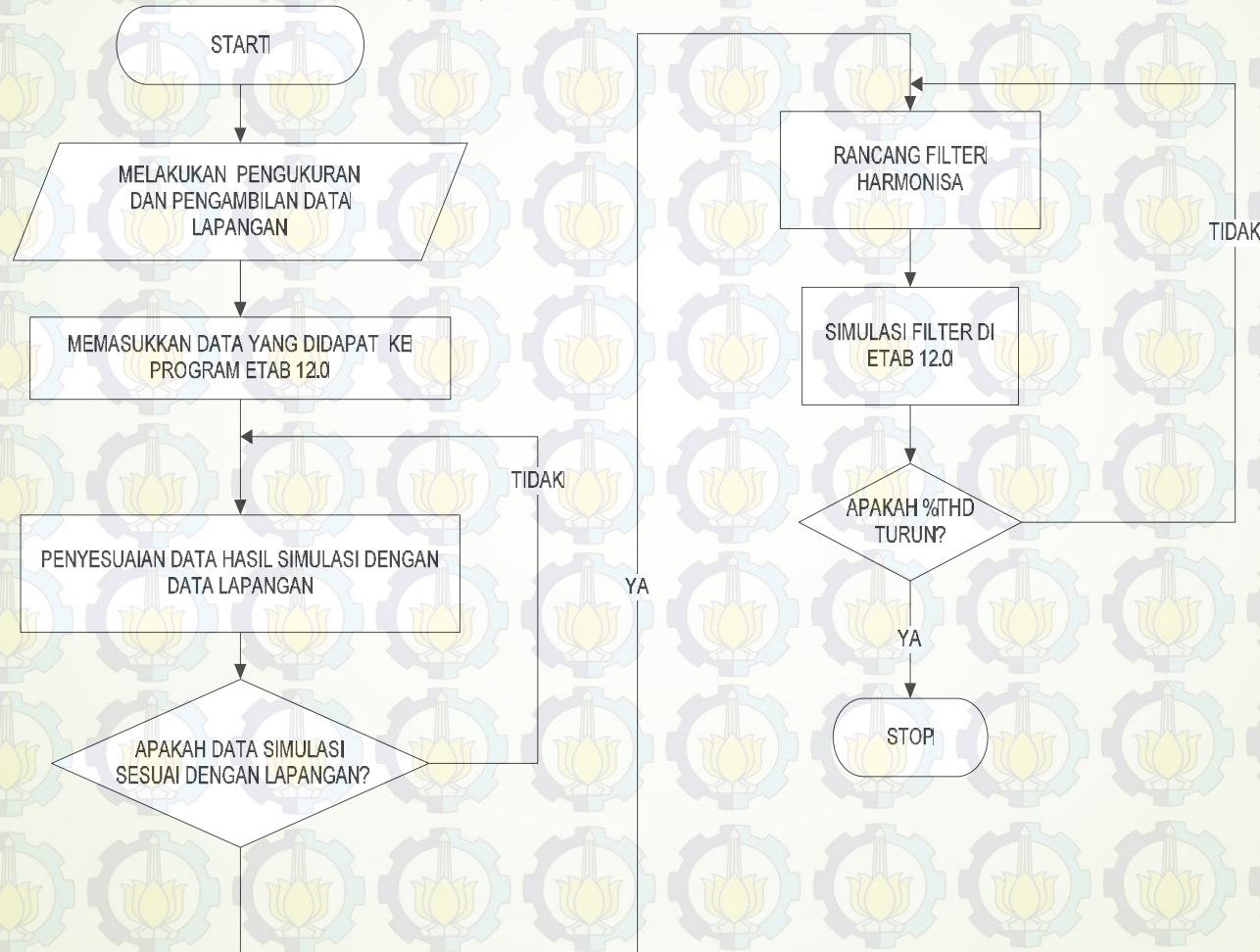
- Sebagai pekerja aktif
- Terdapat beberapa masalah seperti kerusakan modul kontrol motor, kegagalan rele proteksi, dan kerusakan PLC yang salah satu faktor penyebabnya adalah harmonisa yang tinggi.
- Belum pernah dilakukan pengukuran maupun kajian khusus mengenai dampak harmonisa di sistem kelistrikan juanda.
- Dari hasil pengukuran didapat nilai harmonisa yang didapat di beberapa bus tinggi.



Tujuan yang Ingin Dicapai

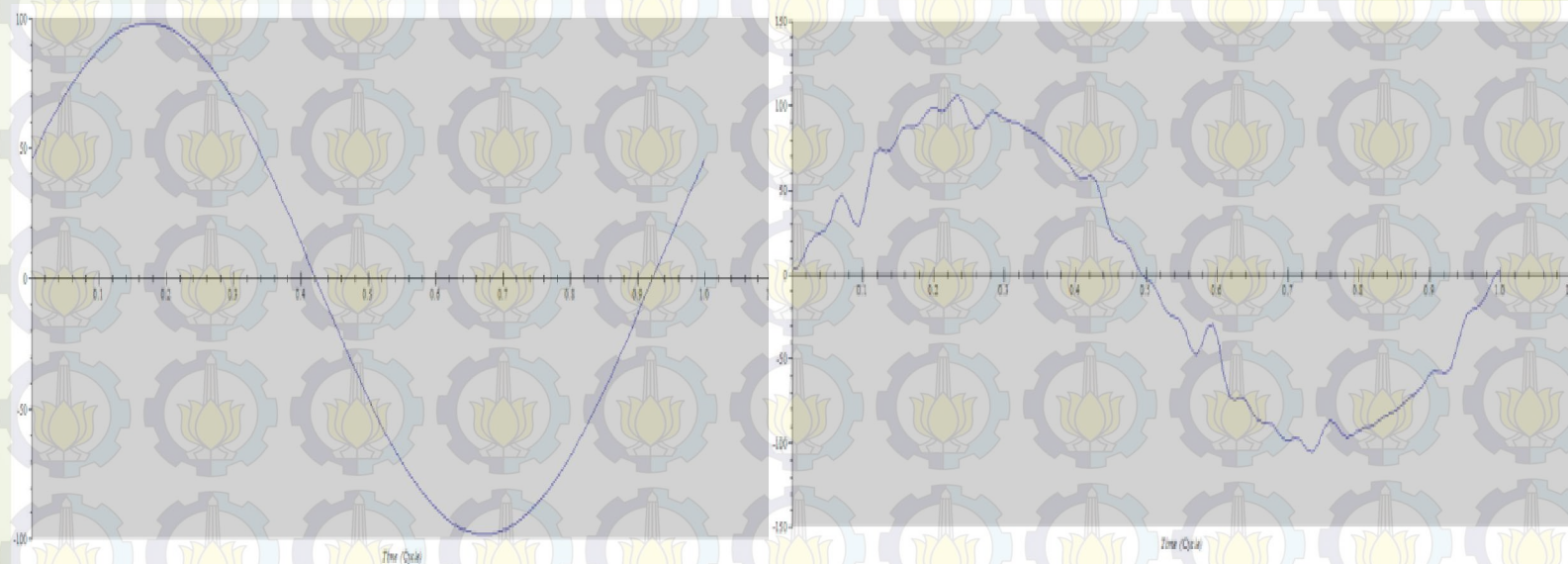
- Mencari sumber harmonik dominan dengan melakukan pengukuran.
- Mendapatkan besaran harmonik dominan dari beberapa bus bus.
- Merancang filter harmonik pada bus dominan.
- Menurunkan %THD dibawah toleransi maksimal sehingga dampak dari harmonisa dapat diturunkan.

Konsep Tugas Akhir



Definisi Harmonisa

Harmonisa dapat didefinisikan sebagai distorsi periodik dari gelombang sinus tegangan, arus, atau daya dengan bentuk gelombang dan frekwensinya merupakan kelipatan diluar bilangan satu terhadap frekwensi fundamental (frekuensi 50 Hz atau 60 Hz).



Glombang Fundamental

Glombang Terdistorsi

Definisi Harmonisa

- **Total Harmonic Distortion (THD)** merupakan nilai prosentase antara total komponen harmonisa dengan komponen fundamentalnya
- **Individual Harmonic Distortion (IHD)** merupakan besaran harmonisa di tiap-tiap orde.

$$\text{THD}_v = \frac{\sqrt{\sum_h^N (V_h^2)}}{V_s}$$

$$\text{THD}_i = \frac{\sqrt{\sum_h^N (I_h^2)}}{I_s}$$

Keterangan:

V_h = Tegangan harmonisa orde ke-h.

V_s = Tegangan fundamental dari sistem.

I_h = Arus harmonisa orde ke-h.

I_s = Arus fundamental sistem.

Standar Batasan Harmonisa IEEE Std. 519-1992

Tegangan Bus	IHD (%)	THD(%)
Dibawah 69 kV	3,0	5,0
69.001 kV sampai 161kV	1,5	2,5
Diatas 161.001kV	1,0	1,5

Dimana :

I_{SC} = Arus *Short Circuit* maksimum

I_L = Arus beban maksimum pada dasar frekuensi di bus.

I_{SC}/I_L	Harmonik preorde (%)					THD
	<11	11<h<17	17<h<23	23<h<35	>35	
<20*	4	2	1,5	0,6	0,3	5
20-50	7	3,5	2,5	1	0,5	8
50-100	10	4,5	4	1,5	0,7	12
100-1000	12	5,5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2,5	1,4	20



Dampak Harmonisa

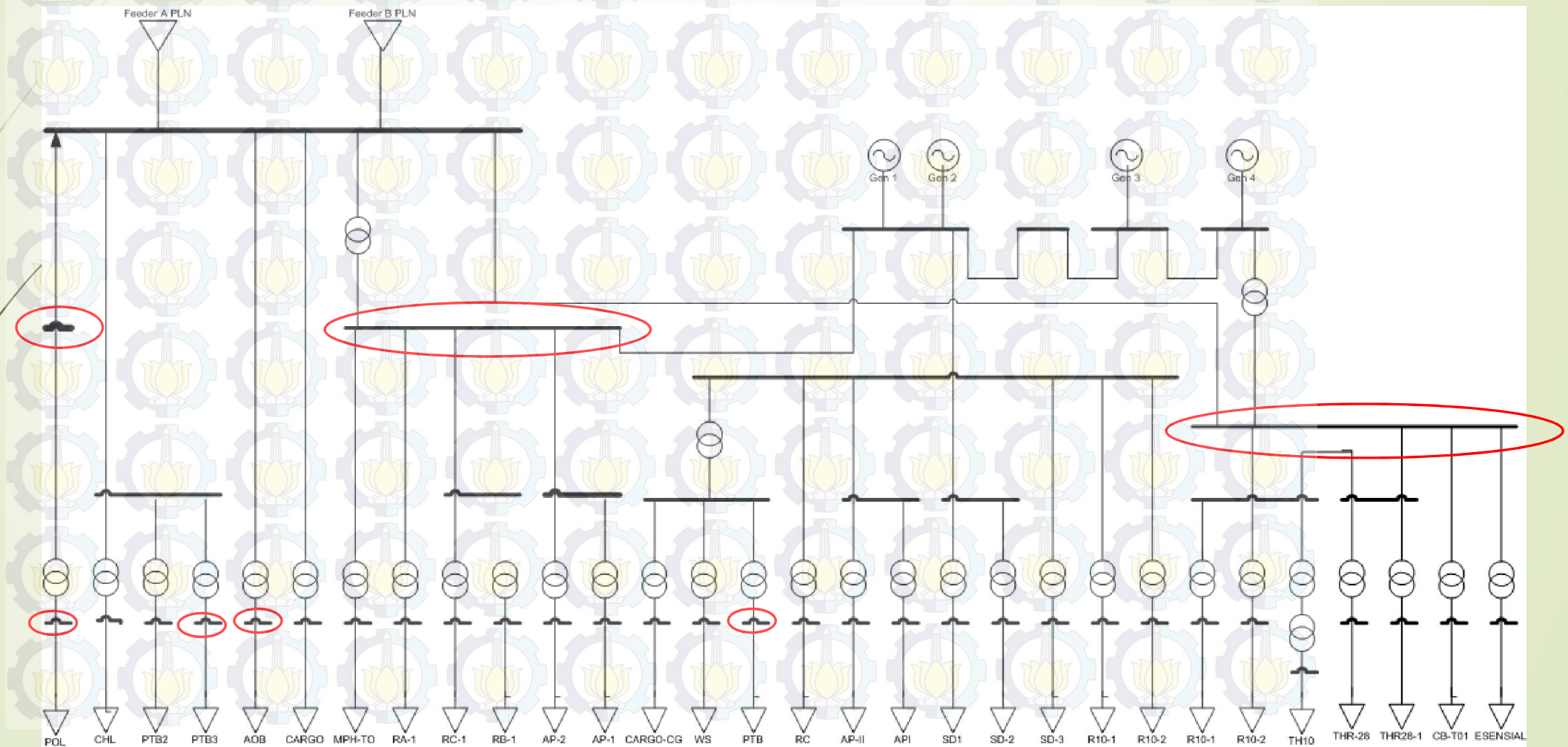
- Menambah rugi-rugi saluran disebabkan oleh adanya arus harmonisa pada saluran
- Menyebabkan panas pada transformator
- Pengaruh pada rele pengaman
- Terjadinya overheat pada motor listrik
- Terjadinya kesalahan ukur pada KWH meter
- Terbakarnya konduktor penghantar

Pengambilan Data

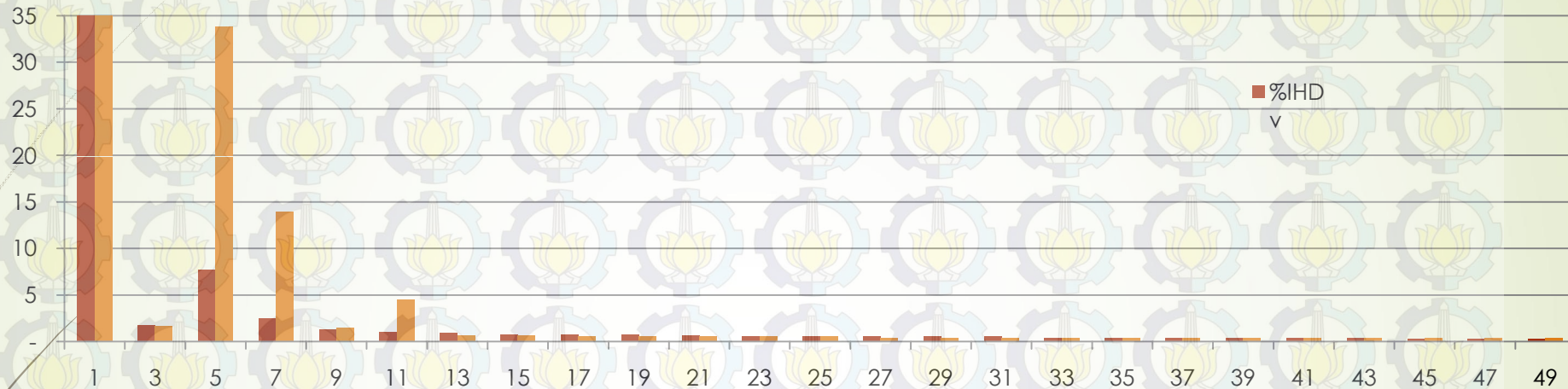
- Data diambil menggunakan FLUKE-434
- Pengambilan data dilakukan di tujuh bus, yaitu bus 17, bus POL, bus Bus panel PTB, bus MPH 11, Bus MPH3, Bus PTB3, Bus PTB.
- Ada tiga data yang yang digunakan untuk bahan simulasi karena selain memiliki harmonisa yang tinggi, letak panel yang langsung kesumber beban sehingga memudahkan simulasi.
- Bus yang memiliki nilai harmonisa tinggi yaitu bus POL, Bus PTB, dan Bus PTB3
- Pada hasil pengukuran didapat nilai IHD di orde ke-5 dan ke-7 tinggi .



Single Line Diagram Sistem Tenaga Listrik Bandara internasional Juanda

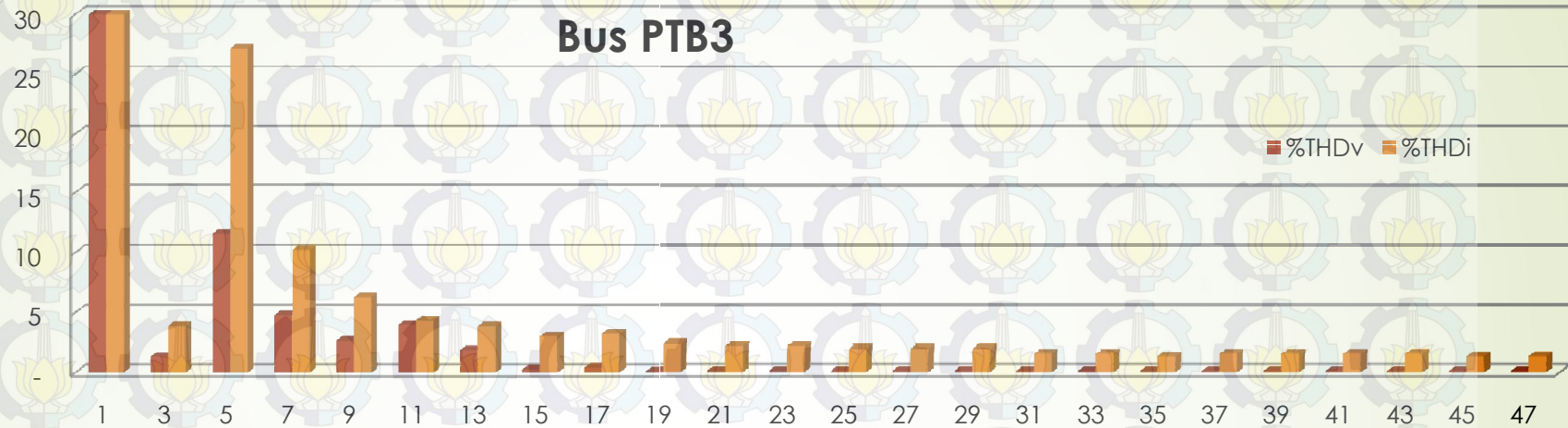


Data Pengukuran di Bus POL



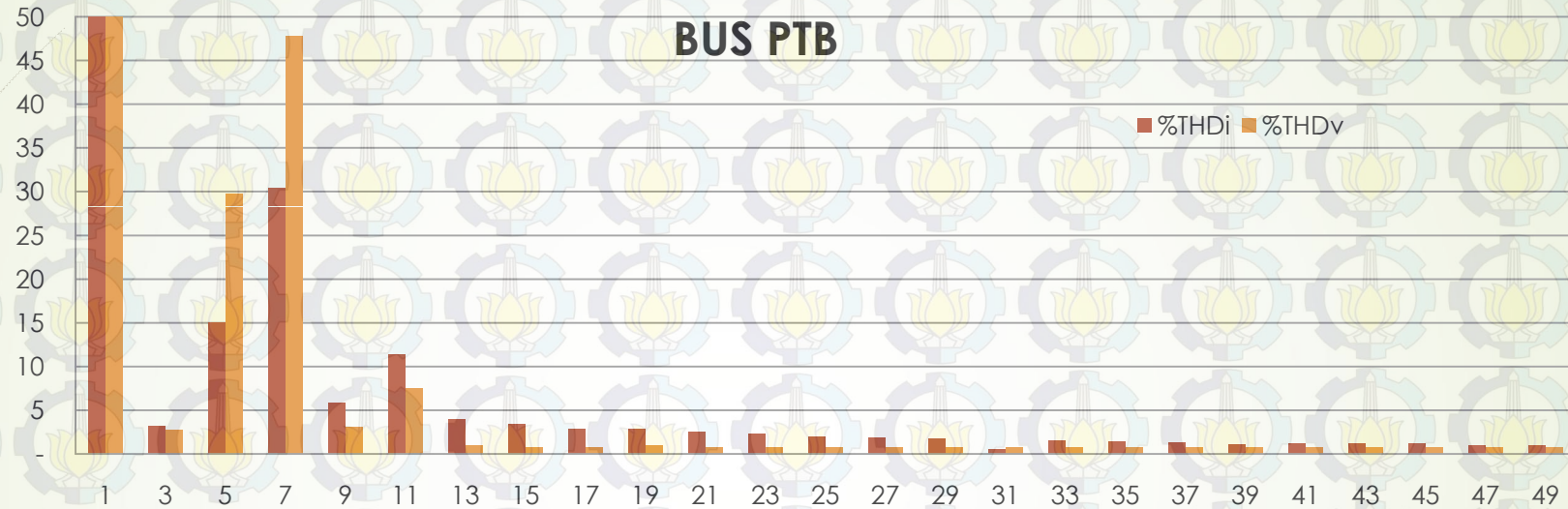
Orde	%THD		Orde	%THD	
	Tegangan	Arus		Tegangan	Arus
3	1,74	1,64	27	0,54	0,41
5	7,76	33,84	29	0,54	0,41
7	2,54	13,97	31	0,54	0,41
9	1,34	1,51	33	0,40	0,41
11	1,07	4,52	35	0,40	0,41
13	0,94	0,68	37	0,40	0,41
15	0,80	0,68	39	0,40	0,41
17	0,80	0,55	41	0,40	0,41
19	0,80	0,55	43	0,40	0,41
21	0,67	0,55	45	0,27	0,41
23	0,54	0,55	47	0,27	0,41
25	0,54	0,55	49	0,27	0,41

Data Pengukuran di Bus PTB3



Orde	% THD		Orde	% THD	
	Tegangan	Arus		Tegangan	Arus
3	1,33	3,91	27	0,13	1,96
5	11,60	27,17	29	0,13	1,96
7	4,80	10,22	31	0,13	1,52
9	2,67	6,30	33	0,13	1,52
11	4,00	4,35	35	0,13	1,30
13	1,87	3,91	37	0,13	1,52
15	0,27	3,04	39	0,13	1,52
17	0,40	3,26	41	0,13	1,52
19	0,13	2,39	43	0,13	1,52
21	0,13	2,17	45	0,13	1,30
23	0,13	2,17	47	0,13	1,30
25	0,13	1,96	49	0,13	1,30

Data Pengukuran di Bus PTB



Orde	% THD		Orde	% THD	
	Tegangan	Arus		Tegangan	Arus
3	3,23	2,75	27	1,83	0,75
5	15,05	29,75	29	1,72	0,75
7	30,43	47,75	31	0,54	0,75
9	5,81	3,00	33	1,51	0,75
11	11,40	7,50	35	1,40	0,75
13	3,98	1,00	37	1,29	0,75
15	3,44	0,75	39	1,08	0,75
17	2,80	0,75	41	1,18	0,75
19	2,80	1,00	43	1,18	0,75
21	2,47	0,75	45	1,18	0,75
23	2,26	0,75	47	0,97	0,75
25	1,94	0,75	49	0,97	0,75

Perhitungan Fiter single Tuned Orde ke-5 di Bus POL

Total daya reaktif 3 fasa:

$$\Delta Q_{3fasa} = S(\sin(\cos^{-1}f)) = 788kVA(\sin(\cos^{-1}0,85))$$

$$\Delta Q_{3fasa} = 788(\sin 31,79) = 415,12 \text{ kVar}$$

Total daya reaktif 1 fasa:

$$\Delta Q_{1fasa} = \frac{415,12 \cdot 10^3}{3} = 138,37 \text{ kVar}$$

$$\Delta Q = \frac{V_{1fasa}^2}{X_c} = V_{1Fasa}^2 \cdot \omega_0 \cdot C$$

$$C = \frac{\Delta Q_{1fasa}}{V_{1Fasa}^2 \cdot \omega_0} = \frac{138 \times 10^3}{(2\pi \times 50) \times 220^2}$$

$$C = \frac{138000}{(2 \times 3,14 \times 50) \times 48400} = 9,07578 \times 10^{-3} F = 9075,78 \text{ uF}$$

$$X_L = X_c = X_0$$

$$\omega_n L = \frac{1}{\omega_n C}$$

$$L = \frac{1}{(\omega_n)^2 C} = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot 350)^2 \times 9,07578 \times 10^{-3}} = 2,28 \times 10^{-6} \text{ Farad}$$

$$X_L = \omega L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (2,28 \times 10^{-6}) = 0,00715765 \Omega$$

Nilai resistor (R):

Filter quality factor (Q) untuk filter single tuned dipilih antara 30 dan 60. Dalam perancangan filter ini nilai Q dipilih 30. Sehingga nilai resistor adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{X_0}{R} = \frac{X_L}{R}$$

$$R = \frac{X}{Q} = \frac{0,00715765}{30} = 0,0002385882 \Omega$$

Perhitungan Fiter single Tuned Orde ke-7 di Bus POL

Total daya reaktif 3 fasa:

$$\Delta Q_{3fasa} = S(\sin(\cos^{-1}f)) = 788kVA(\sin(\cos^{-1}0,85))$$

$$\Delta Q_{3fasa} = 788(\sin 31,79) = 415,12 \text{ kVar}$$

Total daya reaktif 1 fasa:

$$\Delta Q_{1fasa} = \frac{415,12 \cdot 10^3}{3} = 138,37 \text{ kVar}$$

$$\Delta Q = \frac{V_{1fasa}^2}{X_C} = V_{1fasa}^2 \cdot \omega_0 \cdot C$$

$$C = \frac{\Delta Q_{1fasa}}{V_{1fasa}^2 \cdot \omega_0} = \frac{138 \times 10^3}{(2\pi \times 50) \times 220^2}$$

$$C = \frac{138000}{(2 \times 3,14 \times 50) \times 48400} = 9,07578 \times 10^{-3} F = 9075,78 \text{ uF}$$

Nilai induktor (L):

$$X_L = X_C = X_0$$

$$\omega_n L = \frac{1}{\omega_n C}$$

$$L = \frac{1}{(\omega_n)^2 C} = \frac{1}{(2\pi \cdot 250)^2 \times 9,07578 \times 10^3} = 44,68 \times 10^{-6} \text{ Farad}$$

$$X_L = \omega L = 2\pi \cdot 50 \cdot (9,07578 \times 10^3) = 0,01402899 \Omega$$

Nilai resistor (R):

Filter quality factor (Q) untuk filter single tuned dipilih antara 30 dan 60. Dalam perancangan filter ini nilai Q dipilih 30. Sehingga nilai resistor adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{X_0}{R} = \frac{X_L}{R}$$

$$R = \frac{X}{Q} = \frac{0,01402899}{30} = 0,000467632 \Omega$$

Perhitungan Fiter Past Damped orde ke-11 pada bus PTB3

Total daya reaktif 3 fasa:

$$\Delta Q_{3fasa} = S(\sin(\cos^{-1}f)) = 1287kVA(\sin(\cos^{-1}0,85)) \quad X_L = X_C = X_0$$

$$\Delta Q_{3fasa} = 1287(\sin 31,79) = 678 \text{ kVar}$$

Total daya reaktif 1 fasa:

$$\Delta Q_{1fasa} = \frac{678 \cdot 10^3}{3} = 226 \text{ kVar}$$

$$\Delta Q = \frac{V_{1fasa}^2}{X_C} = V_{1Fasa}^2 \cdot \omega_0 \cdot C$$

$$C = \frac{\Delta Q_{1fasa}}{V_{1Fasa}^2 \cdot \omega_0} = \frac{226 \times 10^3}{(2\pi \times 50) \times 220^2}$$

$$C = \frac{226000}{(2 \times 3,14 \times 50) \times 48400} = 14,87077 \times 10^{-3} F = 14870,77 \mu F$$

$$\omega_n L = \frac{1}{\omega_n C}$$

$$L = \frac{1}{(\omega_n)^2 C} = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot 550)^2 \times 0,01487077 F} = 5,64 \times 10^{-6} \text{ Henry}$$

$$X_L = \omega L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (5,64 \times 10^{-6}) = 0,00176991 \Omega$$

Nilai resistor (R):

Filter quality factor (Q) untuk filter high pass damped dipilih dengan nilai 20. Sehingga nilai resistor adalah sebagai berikut:

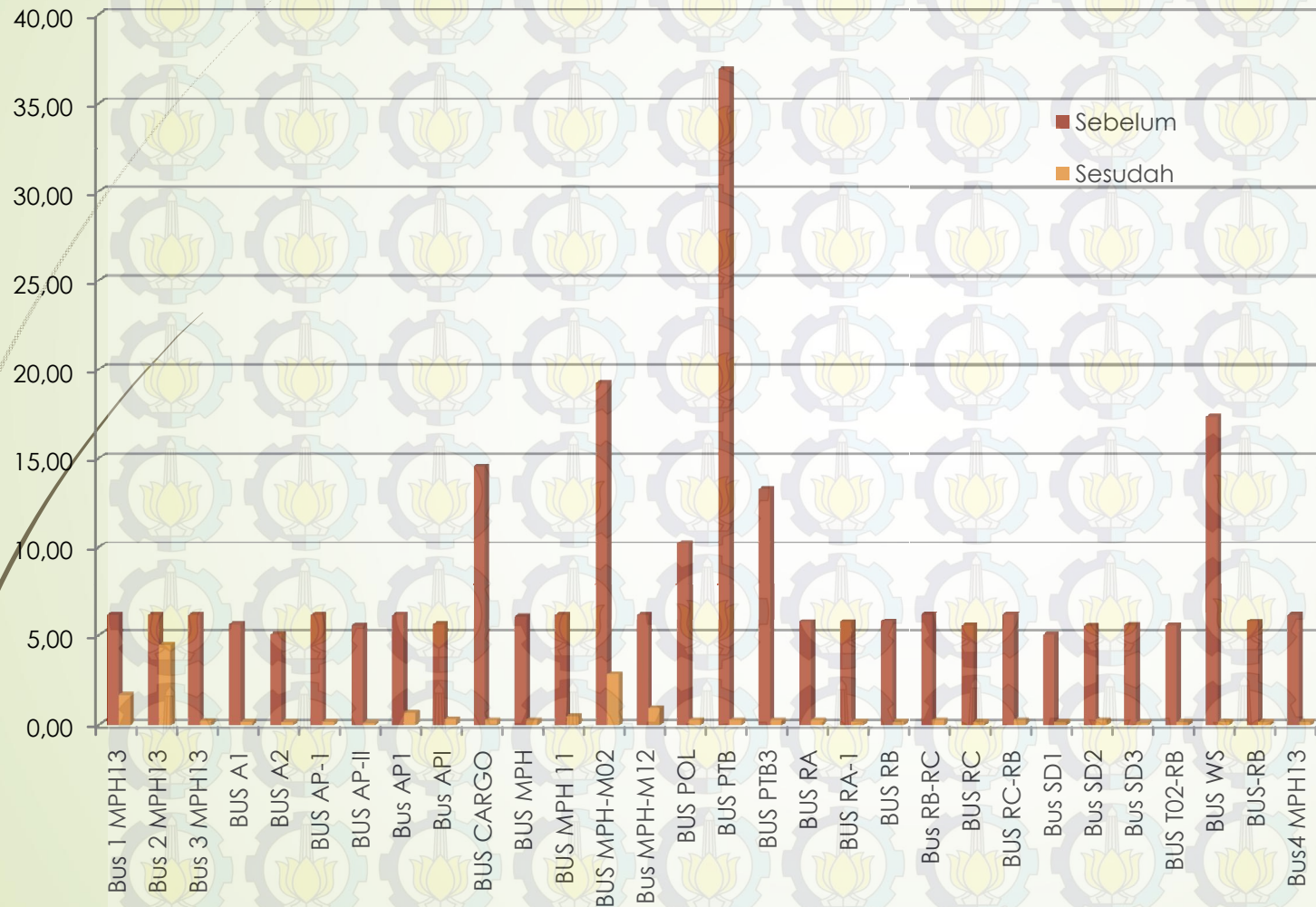
$$R = \frac{2}{\omega \cdot C} = \frac{2}{2 \cdot \pi \cdot f(\text{harm}) \cdot C}$$

$$R = \frac{2}{2 \times 3,14 \times 550 \times 14,877 \times 10^{-3}} = 0,038938 \Omega$$

Tabel Nilai Perhitungan di Beberapa Filter

	HF10	HF3	PTB 5th	HF4	HF6	5th	PTB 7th
	Filter Single Tuned			Damped		Filter Single tuned	
Q(fqf)	30	30	30	30	20	30	30
Orde	5	7	5	7	11	5	7
f	250	350	250	350	550	250	350
V-1p	220	220	220	220	220	220	220
Kvar	138	138	226	226	226	226	226
C	0,00908038	0,00908038	0,01487077	0,01487077	0,01487077	0,01487077	0,01487077
	9080,38	9080,38	14870,77	14870,77	14870,77	14870,77	14870,77
L	0,00004468	0,00002280	0,00002728	0,00001392	0,00000564	0,00002728	0,00001392
	44,68	22,80	27,28	13,92	5,64	27,28	13,92
XI	0,01402899	0,00715765	0,00856637	0,00437060	0,00176991	0,00856637	0,00437060
R	0,0004676329	0,0002385882	0,0002855457	0,0001456866	0,0389380531	0,0002855457	0,0001456866

Diagram dan Tabel Penurunan nilai %THD



No	Nama Bus	Sebelum	Sesudah
1	Bus 1 MPH13	6,17	1,69
2	Bus 2 MPH13	6,17	4,5
3	Bus 3 MPH13	6,17	0,25
4	BUS A1	5,63	0,19
5	BUS A2	5,07	0,17
6	BUS AP-1	6,17	0,19
7	BUS AP-II	5,56	0,13
8	Bus AP1	6,17	0,7
9	Bus API	5,63	0,33
10	BUS CARGO	14,56	0,29
11	BUS MPH	6,08	0,29
12	BUS MPH 11	6,17	0,51
13	BUS MPH-M02	19,25	2,84
14	Bus MPH-M12	6,17	0,95
15	BUS POL	10,25	0,29
16	BUS PTB	36,94	0,29
17	BUS PTB3	13,31	0,29
18	BUS RA	5,77	0,29
19	BUS RA-1	5,77	0,19
20	BUS RB	5,81	0,19
21	Bus RB-RC	6,17	0,29
22	BUS RC	5,59	0,17
23	BUS RC-RB	6,17	0,29
24	Bus SD1	5,07	0,17
25	Bus SD2	5,55	0,29
26	Bus SD3	5,60	0,13
27	BUS T02-RB	5,59	0,17
28	BUS WS	17,34	0,18
29	BUS-RB	5,81	0,17
30	Bus4 MPH13	6,17	0,18

Kesimpulan

- ❑ Dari hasil pengukuran pada sistem kelistrikan Bandara Juanda didapat nilai %THDi dan %THDv di beberapa bus tinggi. Keberadaan harmonisa disebabkan karena penggunaan beban nonlinier seperti penggunaan UPS, dan VSD dengan IHD dominan di orde ke-5 dan ke-7.
- ❑ *Filter single tuned* dapat efektif meredam harmonisa pada orde ke-5 dan ke-7
- ❑ Dari pemasangan filter pada orde 5 dan 7 menggunakan filter single tuned secara umum dapat menurunkan besaran THDv ke toleransi maksimal yang diperbolehkan yaitu 5% dari fundamentalnya.
- ❑ Pada bus POL sebelum pemasangan filter single tuned orde ke-5 dan ke-7 didapat 10,25% dan setelah dilakukan pemasangan filter nilai THDv nya menjadi 1,61%.



TERIMA KASIH

