

## **BAB IV**

### **ANALISIS HASIL**

### **PENGUKURAN**

Skripsi ini bertujuan untuk melihat perbedaan hasil pengukuran yang didapat dengan menjumlahkan hasil pengukuran menggunakan kWh-meter satu fasa pada jalur fasa-fasa dengan penggunaan kWh-meter pada fasa-netral dengan hasil pengukuran yang didapat dari pengukuran energi terpakai menggunakan kWh-meter tiga fasa. Nilai keduanya mempunyai selisih yang dikaitkan dengan ketidakseimbangan beban yang dicatu pada sistem tiga fasa.

Nilai ketidakseimbangan dihitung dengan membandingkan selisih terbesar dari daya beban antara dua jalur. Jadi, ketidakseimbangan ditentukan berdasarkan selisih beban antar fasa yang terbesar. Nilai ketidakseimbangan berkisar dari angka 0% sampai 100%. Ketidakseimbangan sebesar 0% jika seluruh beban sama nilainya, sedangkan ketidakseimbangan 100% jika ada salah satu atau dua fasa yang tidak berbeban dan fasa yang lain memiliki suatu nilai.

Secara garis besar, pengambilan data dibagi menjadi :

- 1) Pembebanan linier seimbang
  - Pembebanan Linier Seimbang
  - Pembebanan Linier tidak seimbang
- 2) Pembebanan Harmonik
  - Pembebanan Non Linier seimbang
  - Pembebanan Non Linier tidak seimbang

Berikut adalah data %error (perbedaan) pengukuran pada kwhmeter 3 fasa dengan penjumlahan kwhmeter 1 fasa akibat pemasangan trafo :

No	Beban (VA)	W1 (KW)	W2 (KW)	$\Sigma KWH$ 1 $\phi$ (kWh)	$KWH$ 3 $\phi$ (kWh)	Beda akibat trafo (P1-P2)	%error
1	1000	0,9216	0,8473	1,847	1,73	0,0743	9,9
2	800	0,7390	0,6795	1,455	1,38	0,0595	8,85
3	600	0,5630	0,5203	1,094	1,05	0,0427	7,57
4	400	0,3876	0,3540	0,740	0,71	0,0336	8,15
5	200	0,2010	0,1860	0,374	0,36	0,0150	7,94
6	0	0,0267	0,0004	0	0	0,0263	100

Catatan : W1 = besar nilai daya terukur antara trafo dengan kwhmeter 3 fasa pada jalur a

W2 = besar nilai daya terukur antara trafo dengan kwh meter 1 fasa pada jalur a

Tabel di atas menunjukkan %error (perbedaan) akibat pemasangan trafo. Data besar nilai kwhmeter 1 fasa dan 3 fasa diambil dari tabel pembebanan linier seimbang. Contoh perhitungan untuk mendapatkan %error adalah sebagai berikut:

Data no 1.

$$\%error = \frac{(1,847 + 0,0743) - 1,73}{(1,847 + 0,073)} \times 100\% = 9,92\%$$

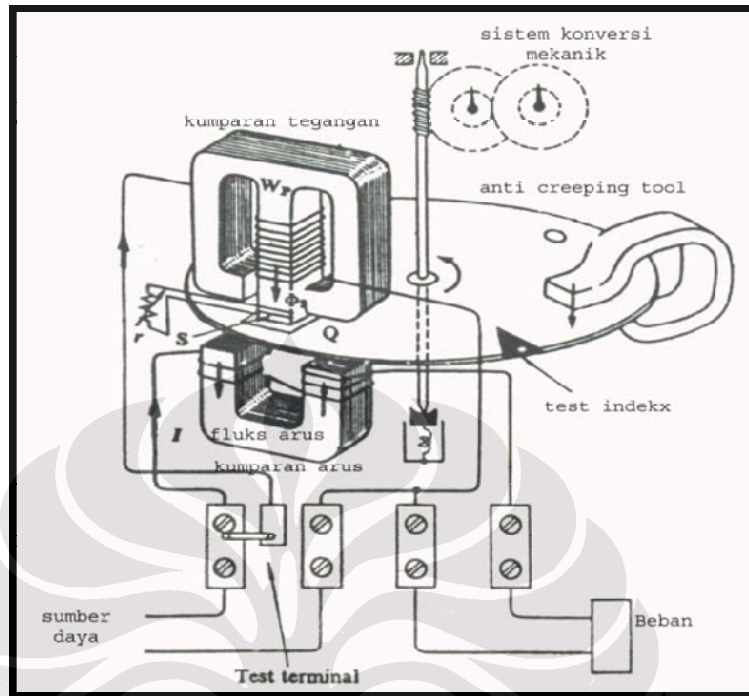
Atau dapat juga dikatakan =

$$\frac{(\sum KWH_{1fasa} + Daya_{ditarik_{oleh_{trafo}}}) - Nilai_{terukur_{pada_{kwh}_{3_{fasa}}}}}{(\sum KWH_{1fasa} + Daya_{ditarik_{oleh_{trafo}}})} \times 100\%$$

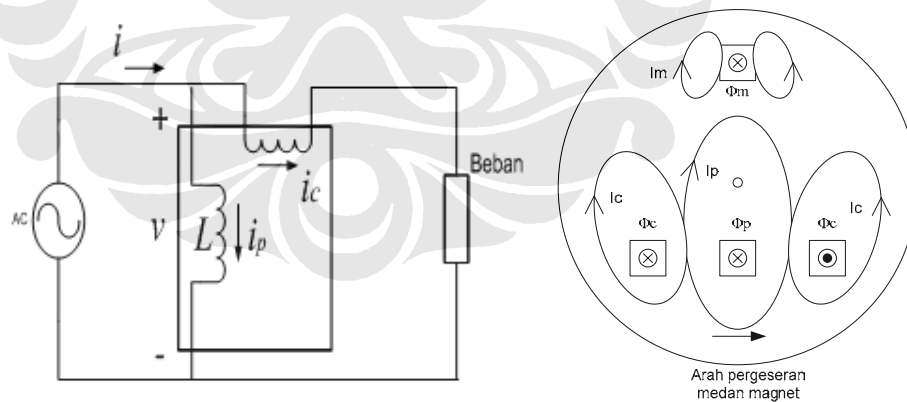


Dari grafik di atas dapat kita lihat bahwa error akibat pemasangan trafo pada kisaran nilai beban total (jumlah total beban ke 2 jalur) 400 VA hingga 2000 VA kurang lebih dapat dikatakan sama, yakni berkisar antara 7,57% - 9,9%. Namun nilai error yang ekstrem sebesar 100% dapat kita lihat pada data ke-1 yakni dengan pembebanan sebesar 0 KVA. Hal ini karena trafo dianggap sebagai error, sehingga ketika kondisi tidak berbeban, hanya terdapat nilai beban akibat trafo sehingga %error sebesar 100%.

Berikut adalah prinsip kerja kwh meter analog:



**Gambar 4.2** Konstruksi KWh meter analog tipe induksi



**Gambar 4.3** Ilustrasi besaran-besaran pada KWh meter

Tegangan beban,  $v = V \cdot \sin \omega t$

Arus beban,  $i = I \cdot \sin(\omega t - \varphi)$

Dimana  $\varphi$  adalah sudut fasa antara  $v$  dan  $i$ ,  $V$  dan  $I$  adalah nilai maksimum dari tegangan dan arus.

Kumparan tegangan  $L$  adalah reaktansi murni ( $X_L \gg R$ ), sehingga arus dari kumparan tegangan adalah

$$i_p = \frac{V}{X_L} \cdot \sin(\omega t - 90^\circ)$$

Dan arus dari kumparan arus diasumsikan tetap

$$i_c = I \cdot \sin(\omega t - \varphi)$$

Kedua arus ini menghasilkan fluks magnetis sebagai berikut :

$$\phi_p = B_p \cdot A_p = K_p \cdot i_p = K_p \cdot V \cdot \sin(\omega t - 90)$$

$$\phi_c = B_c \cdot A_c = K_c \cdot i_c = K_c \cdot I \sin(\omega t - \varphi)$$

Dimana  $K$  adalah konstanta fluks dari KWh meter,  $K = \frac{\mu \cdot n \cdot A}{l}$ , kecuali untuk fluks tegangan yang dipengaruhi oleh reaktansi kepingan  $X_L$ , dan indeks P dan C menandakan sumber dari fluks, yaitu P untuk tegangan dan C untuk arus.

Sehingga dapat dikatakan

$$V \approx \Phi_p \text{ dan } I \approx \Phi_c, \text{ dengan fasa } \phi_p \text{ ketinggalan } (90 - \varphi) \text{ dari } \phi_c$$

Fluks magnetis bolak-balik ini menghasilkan tegangan induksi pada piringan yang bergantung dari lilitan kumparan  $N$  arus dan tegangan, yaitu :

$$\varepsilon_p = -N_p \cdot \left( \frac{d\phi_p}{dt} \right) = -N_p \cdot K_p \cdot V \cdot \omega \cdot \cos(\omega t - 90) = -K_p' \cdot \omega V \cdot \sin \omega t$$

$$\varepsilon_c = -N_c \cdot \left( \frac{d\phi_c}{dt} \right) = -N_c \cdot K_c \cdot I \cdot \omega \cdot \cos(\omega t - \varphi) = K_c' \cdot \omega I \cdot \sin(\omega t - \varphi - 90)$$

Dapat dikatakan,  $\varepsilon_p \approx \omega V$  dan  $\varepsilon_c \approx \omega I$

Pada akhirnya, tegangan induksi ini menghasilkan arus-arus putar pada piringan, sesuai dengan persamaan berikut :

$$i_{eP} = -K_p' \cdot \frac{\omega V}{Z} \cdot \sin(\omega t - \beta) = -K_p'' \cdot \omega V \cdot \sin(\omega t - \beta)$$

$$i_{eC} = K_c' \cdot \frac{\omega I}{Z} \cdot \sin((\omega t - \varphi - 90) - \beta) = -K_c'' \cdot \omega I \cdot \sin((\omega t - \varphi - 90) - \beta)$$

Dimana  $Z$  adalah impedansi piringan (yang merupakan konstanta KWh meter) dan  $\beta$  adalah sudut impedansi piringan

Diagram vektor dari penjelasan diatas adalah sebagai berikut

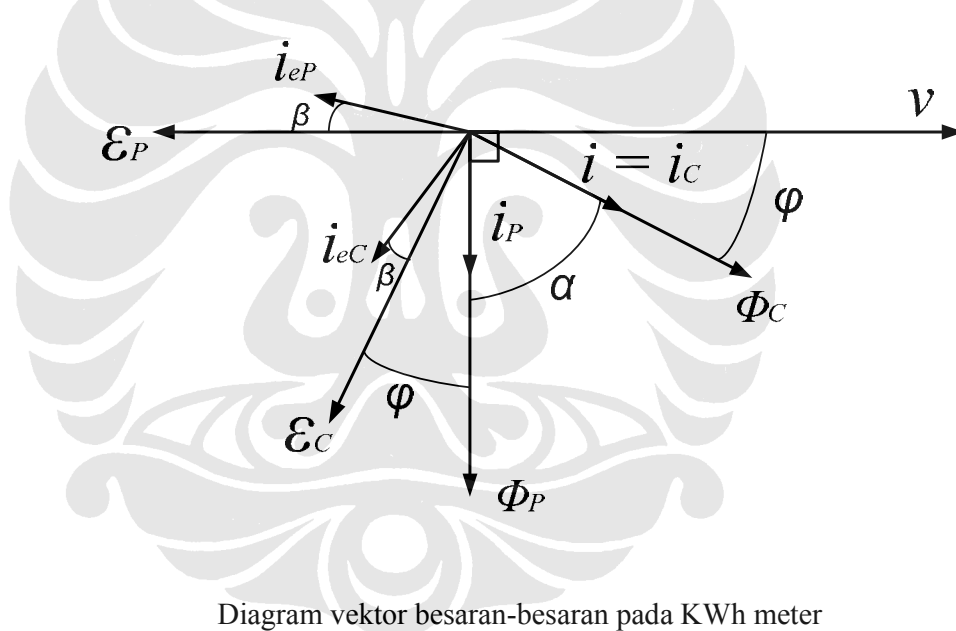


Diagram vektor besaran-besaran pada KWh meter

Tampak bahwa  $\varphi = 90 - \alpha$

Sesuai dengan hukum Lorentz, maka interaksi antara arus-arus putar dengan fluks-fluks magnetis akan menghasilkan suatu torsi mekanis berikut,

$$\tau = F \cdot d = (n \cdot B \cdot i \cdot l \cdot \cos \delta) \cdot d = \left( n \cdot \frac{\phi}{A} \cdot i \cdot l \cdot \cos \delta \right) \cdot d = \frac{n \cdot l \cdot d \cdot \cos \delta}{A} \cdot \phi \cdot i$$

Karena  $n$ ,  $l$ ,  $d$ ,  $\cos \delta$  adalah konstanta yang tergantung dari KWh meter, maka,  $T \approx \phi.i$

Untuk torsi akibat interaksi antara arus putar dari arus beban ( $i_{eC}$ ) dengan fluks magnetis dari tegangan beban ( $\phi_p$ ) disebut  $\tau_1$ , dan torsi akibat interaksi antara arus putar dari tegangan beban ( $i_{eP}$ ) dengan fluksi magnetis dari arus beban ( $\phi_C$ ) disebut  $\tau_2$ .

$$\tau_1 \approx i_{eC} \cdot \phi_p \approx \{ \omega \cdot I \cdot \sin((\omega t - \varphi - 90) - \beta) \} \cdot \{ V \cdot \sin(\omega t - 90) \}$$

$$\tau_2 \approx i_{eP} \cdot \phi_C \approx \{ -\omega \cdot V \cdot \sin(\omega t - \beta) \} \cdot \{ I \cdot \sin(\omega t - \varphi) \}$$

Dengan bantuan persamaan matematis sinusoidal, maka dihasilkan :

$$\tau_1 \approx \frac{1}{2} \omega \cdot V \cdot I \{ \cos(\varphi + \beta) + \cos(2\omega t - \varphi - \beta) \}$$

$$\tau_2 \approx -\frac{1}{2} \omega \cdot V \cdot I \{ \cos(-\varphi + \beta) - \cos(2\omega t - \varphi - \beta) \}$$

Jadi kepingan logam akan mendapatkan suatu gaya, yang berbanding lurus terhadap  $i_{eC} \phi_p$ , dan akan mempunyai tendensi berputar pada sumbunya. Akan tetapi seperti telah sering dijelaskan sampai saat ini, bila frekuensi kerjanya adalah diatas beberapa hertz (Hz), maka pengaruh dari unsur kedua dalam kurung diatas, dapat diabaikan, dan kepingan dapat dianggap berputar sebanding dengan unsur pertama saja.

Demikian pula maka kepingan logam akan berputar dibawah pengaruh dari  $i_{eP}$  dan  $\phi_C$  didalam arah yang berlawanan dengan keadaan sebelumnya. Jadi pada akhirnya kepingan logam akan menerima suatu momen yang berbanding lurus terhadap perbedaan dari pada kedua momen yang berlawanan ini, dan dengan momen perbedaan inilah maka kepingan akan berputar pada sumbunya.

Momen tersebut diberikan dengan persamaan dibawah ini

$$\begin{aligned}\tau_D &\approx \tau_1 - \tau_2 \\ \tau_D &\approx \frac{1}{2} \omega V \cdot I \cdot \{(\cos(\varphi + \beta)) - (-\cos(-\varphi + \beta))\} \\ \tau_D &\approx \frac{1}{2} \omega V \cdot I \{2 \cdot \cos \beta \cdot \cos \varphi\} \\ \tau_D &\approx \omega V \cdot I \cdot \cos \beta \cdot \cos \varphi\end{aligned}$$

Dimana  $\cos \beta$  adalah konstanta yang ditentukan oleh impedansi dari piringan metal terhadap arus-arus putar  $i_{eC}$  dan  $i_{eP}$ , dan pula oleh konstruksi dari pada alat ukur. Dan apabila konstanta-konstanta disatukan, maka

$$\tau_D = K \cdot \omega \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Misalkan karena torsi ini, piringan aluminium berputar dengan kecepatan putaran  $N$ . Sambil berputar ini, piringan akan memotong garis-garis fluks magnetis dari magnet permanen  $\phi_m$ , hal ini akan menghasilkan arus-arus putar yang baru pada piringan yang sesuai dengan :

$$\varepsilon_m = B \cdot l \cdot N = \frac{\phi_m}{A} \cdot l \cdot N$$

$$i_m = \frac{\varepsilon_m}{Z} = \frac{l}{Z} \cdot N \cdot \phi_m$$

Sehingga  $i_m \approx N \cdot \phi_m$

Arus-arus putar ini akan berinteraksi dengan fluks magnetis yang dihasilkan magnet permanen, akibatnya piringan yang berputar mendapat torsi redaman

$$\tau_d \approx N \cdot \phi_m \cdot \phi_m \approx N \cdot \phi_m^2 \xrightarrow{\text{menjadi}} \tau_d = K_m \cdot N \cdot \phi_m^2$$

Apabila torsi-torsi  $\tau_D$  dan  $\tau_d$  berada dalam keadaan setimbang, maka

$$\tau_d = K_m \cdot N \cdot \phi_m^2$$



dan

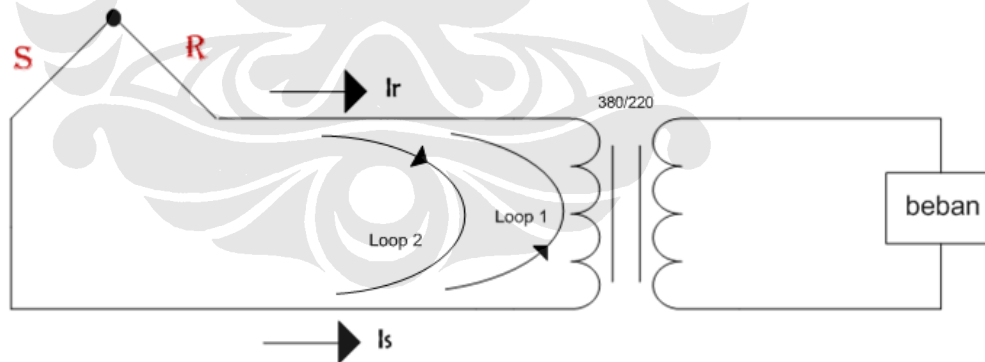
$$\tau_D = K \cdot \omega V I \cdot \cos \varphi$$

Sehingga,

$$N = \frac{K}{K_m \cdot \phi_m^2} \cdot \omega \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots \dots \dots (4.1)$$

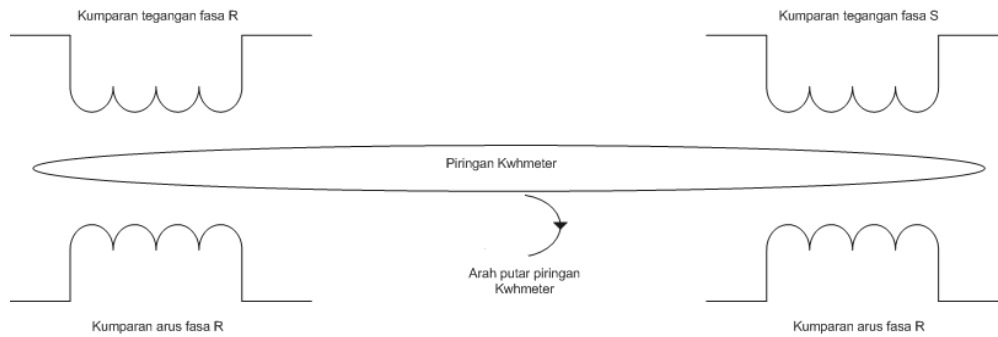
Sesuai dengan persamaan diatas maka torsi mekanik yang dihasilkan alat ukur tipe induksi berbanding lurus terhadap hasil kali tegangan beban dan arus beban serta faktor daya dari sistem.

Namun, persamaan yang didapatkan (persamaan 4.1) adalah nilai persamaan ketika kwhmeter bekerja dan tersambung dalam keadaan normal, yaitu terhubung secara fasa-netral. Sedangkan pada rangkaian percobaan di atas (pada jalur a), keluaran fasa R dan fasa S terhubung dengan masukan trafo sehingga, akan terjadi rangkaian tertutup yang akibatnya suplai arus dari fasa R akan melemahkan arus dari fasa S begitu juga sebaliknya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Dari gambar dapat kita lihat bahwa loop 1 adalah loop yang diakibatkan fasa S dan loop 2 diakibatkan fasa R. Maka dari gambar dapat dilihat bahwa antara loop 1 yang diakibatkan oleh nilai  $I_r$  bersifat melemahkan terhadap loop 2 yang terjadi oleh karena  $I_s$  begitupun sebaliknya.

Maka, apabila digambarkan rangkaian ganti kwhmeter menurut konstruksinya secara sederhana adalah sebagai berikut :



Pada kumparan arus fasa R, oleh karena terkena pengaruh akibat fasa S yang memiliki nilai sama besar dengannya maka terjadi hubungan yang saling menghilangkan. Begitu juga sebaliknya yang terjadi pada kumparan arus pada fasa S yang terpengaruh oleh fasa R. Hal tersebut mempengaruhi putaran piringan kwhmeter.

## 1. Pembebanan Linier

### a) Pembebanan Linier Seimbang

Pengujian dengan beban linier yang diatur seimbang dilakukan sebanyak 5 kali variasi data selama masing-masing selama 1 jam. Pengujian dilakukan secara berurutan dengan rentang waktu antara pengambilan data masing-masing selama kurang lebih 5-15 menit. Dari besar nilai tegangan dan arus pada jalur a (fasa-netral) dapat dilihat bahwa pengujian mengukur parameter untuk jalur a pada titik antara keluaran kwh meter 3 fasa dengan masukan transformator. Dengan merujuk dari tabel 3.1, maka didapat :

**Tabel 4.1** selisih nilai daya antara instan jalur a dengan jalur b

No.	Beban <sub>a</sub> (VA)	Beban <sub>b</sub> (VA)	$\Delta(P_a - P_b)$ (Watt)
1.	1000	1000	10,6
2.	800	800	13
3.	600	600	7
4.	400	400	21,7
5.	200	200	24,5

Tabel 4.1 menunjukkan selisih nilai daya (instan) terukur pada alat ukur. Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa dengan adanya pemasangan transformator pada pembebanan seimbang pada tiap-tiap jalur menimbulkan perbedaan pengukuran nilai daya instan pada tiap jalurnya-nya. Perbedaan nilai tersebut menyebabkan rugi-rugi yang bertambah besar seiring dengan waktu. Rugi-rugi daya yang bertambah besar seiring lamanya penggunaan transformator antara lain disebabkan tidak adanya sistem pendingin (*cooling system*) yang terintegrasi pada transformator yang digunakan. Rugi-rugi daya tersebut terindikasi melalui naiknya temperatur pada trafo. Penambahan temperatur disebabkan karena pengambilan data dilakukan secara langsung dengan rentang waktu sekitar 5-15 menit sehingga tidak memungkinkan bagi transformator untuk kembali ke posisi awalnya dikarenakan selain tiadanya sistem pendingin yang terintegasi juga oleh karena isolasi pada trafo yang menyulitkan perpindahan kalor. Hal ini dapat dikompensasi dengan penggunaan sistem pendingin (*cooling system*) pada trafo.

Kelainan terlihat pada data ke-3 yang menunjukkan selisih nilai daya instan pada jalur a (fasa-netral) dan jalur b (fasa-fasa) sebesar 7 Watt. Dengan pemakaian transformator selama 3 jam (pemakaian trafo untuk data 1 dan data 2) selisih nilai daya instan pada jalur a dan jalur b seharusnya akan terjadi peningkatan temperatur pada transformator yang diikuti semakin besar pula daya yang terdisipasi. Maka, data ke-3 dianggap kurang baik yang terjadi kemungkinan oleh kesalahan pembacaan.

$$W(\text{watthour}) = P.T$$

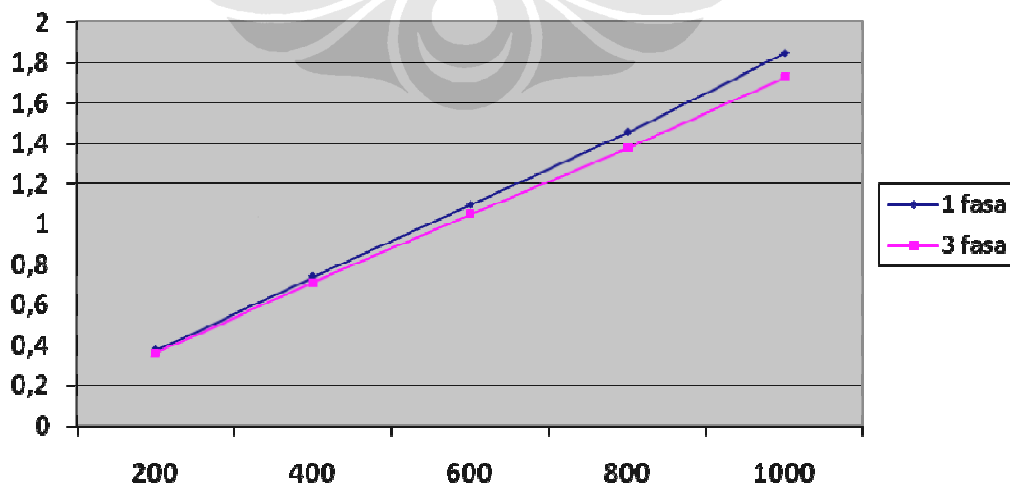
Dengan : P = daya hilang akibat panas (Watt), dan

T = Waktu (jam atau hour)

Persamaan di atas menunjukkan besarnya energi yang hilang yang dapat dihitung melalui perkalian antara besarnya daya hilang dengan lama penggunaan transformator

**Tabel 4.2** perhitungan error pada pembebanan liner seimbang

No.	Load(VA)	$\Sigma W 1\phi$ (kWh)	$W 3\phi$ (kWh)	% Perbedaan
1.	1000	1,847	1,73	6,3%
2.	800	1,455	1,38	5,1%
3.	600	1,094	1,05	4,0%
4.	400	0,740	0,71	4,0%
5.	200	0,374	0,36	3,7%



**Grafik 4.1** perbandingan pengukuran kWh-meter 1 dan 3 fasa untuk beban linier seimbang

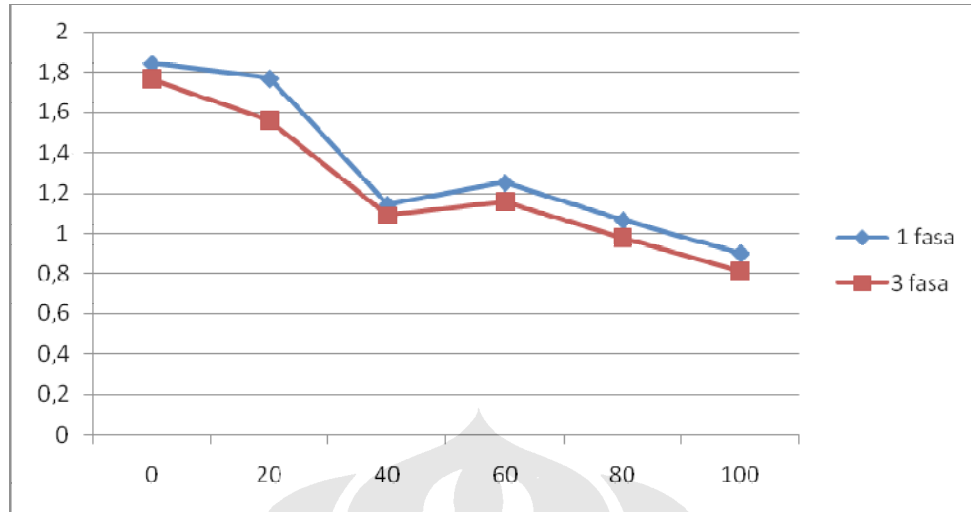
Grafik hasil pengukuran di atas menunjukkan bahwa pada tingkat nilai pembebanan rendah, hasil pengukuran dengan menggunakan kWh-meter tiga fasa lebih rendah dibanding hasil pengukuran langsung menggunakan kWh-meter tiga fasa. Namun, perbedaan nilai keduanya tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat dilihat dari garis yang hampir bertimpangan. Sedangkan pada pembebanan tinggi, hasil pengukuran langsung hasil pengukuran dengan menggunakan kWh-meter tiga fasa tetap lebih rendah dibanding hasil pengukuran langsung menggunakan kWh-meter tiga fasa. Namun perbedaan nilai keduanya semakin terlihat jelas berbeda. Hal ini menunjukkan pada nilai pembebanan yang besar dan waktu pengukuran yang lama, maka perbedaan pengukuran antara menggunakan kwh meter 1 fasa dengan kwhmeter 3 fasa akan berbeda dikarenakan pengukuran yang lebih akurat.

#### **b. Pembebanan Linier Tidak Seimbang**

Pengujian dengan beban linier yang diatur tidak seimbang dilakukan sebanyak 5 kali variasi data selama masing-masing selama 1 jam. Pengujian dilakukan secara berurutan dengan rentang waktu antara pengambilan data masing-masing selama kurang lebih 5-15 menit. Dari besar nilai tegangan dan arus pada jalur a dapat dilihat bahwa pengujian mengukur parameter untuk jalur a pada titik antara keluaran kWh meter 3 fasa dengan masukan transformator.

**Tabel 4.3** perbandingan pengukuran kWh-meter 1 dan 3 fasa untuk beban linier tidak seimbang

No	% ketidakseimbangan	$\sum kWh1\phi$	$kWh3\phi$
1.	0	1,843	1,77
2.	20	1,655	1,56
3.	40	1,143	1,09
4.	60	1,251	1,16
5.	80	1,064	0,98
6.	100	0,899	0,81



**Grafik 4.2** perbandingan pengukuran kWh-meter 1 dan 3 fasa untuk beban linier tidak seimbang

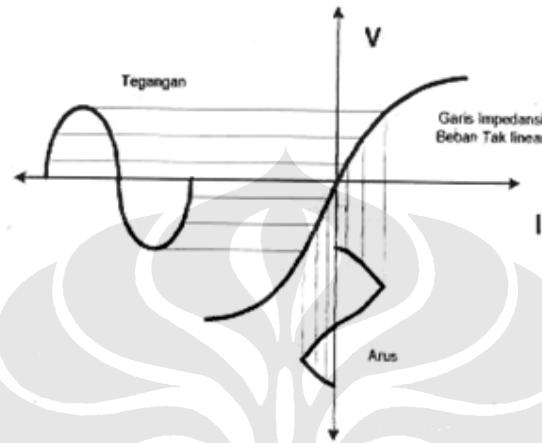
Grafik hasil pengukuran di atas menunjukkan bahwa pada tingkat ketidakseimbangan rendah, hasil pengukuran dengan menggunakan kWh-meter tiga fasa lebih rendah dibanding hasil pengukuran menggunakan penjumlahan kWh-meter satu fasa. Kesamaan hasil pengukuran dengan menggunakan kWh-meter satu fasa dan kWh-meter tiga fasa terjadi pada kisaran persentase ketidakseimbangan 40%.

Selain berpengaruh terhadap perbedaan hasil pengukuran dengan menggunakan kWh-meter satu fasa dan kWh-meter tiga fasa, ketidakseimbangan beban linier juga secara teori juga berpengaruh terhadap pemanasan transformator karena meningkatnya arus netral. Selain itu karena rentang waktu pengambilan data yang cukup sempit antara data satu dengan data yang lainnya membuat transformator belum kembali ke keadaan normalnya.

## 2. Pembebanan Non Linier

Pada sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Pada beban linier, arus yang mengalir berbanding lurus dengan

perubahan tegangan. Sebaliknya, pada beban non-linier, arus tidak berbanding lurus dengan tegangan. Jenis beban ini akan menghasilkan gangguan/distorsi gelombang arus yang tidak sinusoidal. Menurut pembagian jenis beban di atas, beban harmonik dapat dikatakan sebagai beban non linier.



**Gambar 4.1** Karakteristik gelombang arus pada beban non linier

Sesuai dengan dasar teori yang telah dipaparkan terlebih dahulu, penggunaan beban non linier pada sistem menimbulkan pengaruh yang cukup besar pada pengukuran energi terpakai dengan menggunakan kwh meter analog metode induksi.

Sistem yang diberi pembebanan harmonik, memiliki beberapa nilai frekuensi yang merupakan perkalian antara nilai frekuensi dasarnya (fundamental) dengan bilangan bulat (1,2,3,4,...). Sehingga Pada dasarnya pengukuran energi terpakai menggunakan kwh meter analog tidaklah dapat dikatakan akurat, oleh karena hal yang telah disebutkan di atas.

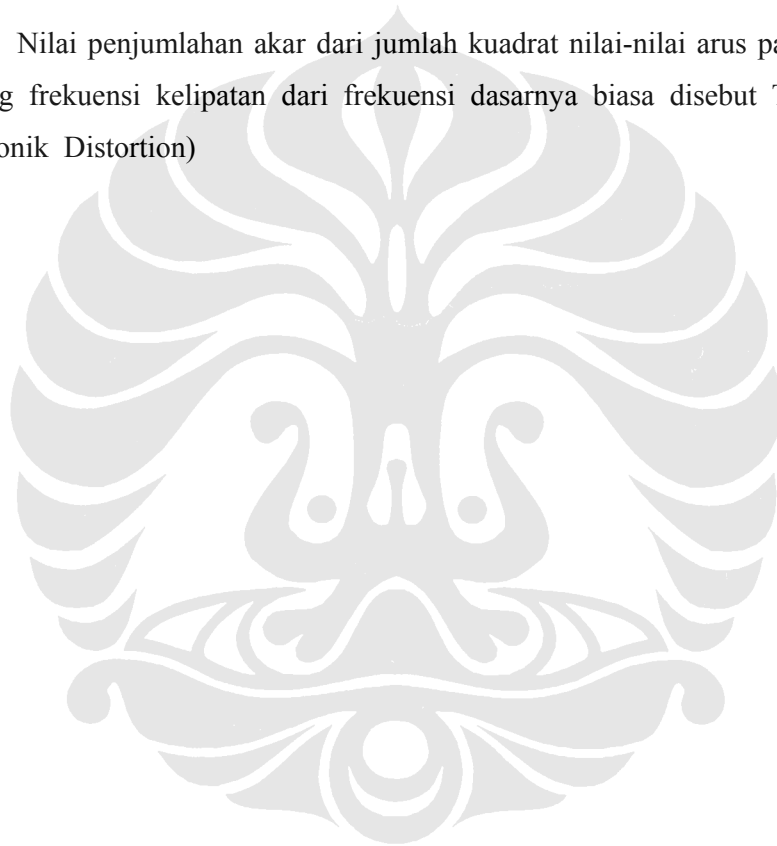
Sistem yang diberi pembebanan harmonik, memberikan arus balik (distorsi) yang merupakan akar dari jumlah kuadrat nilai-nilai arus pada masing-masing frekuensi kelipatan dari frekuensi dasarnya seperti tertulis pada persamaan 2.20 :

$$RMS = \sqrt{\sum_{h>1}^{h \rightarrow \infty} M_h^2} = M_1 \sqrt{1 + THD^2}$$

Dengan adanya arus balik ini, pengukuran energi terpakai dengan metode induksi menjadi tidak akurat akibat adanya arus balik yang berlawanan arah dengan arus fundamental yang cenderung memperkecil nilai arus fundamental tersebut. Sehingga antara energi terpakai dengan energi terukur pada kwh meter tipe induksi berbeda. Sehingga dari persamaan 4.1, didapat :

$$N = \frac{K}{K_m \cdot \phi_m^2} \cdot \omega \cdot V \cdot [(I_{fundamental}) - (I_{harmonik})] \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots(4.2)$$

Nilai penjumlahan akar dari jumlah kuadrat nilai-nilai arus pada masing-masing frekuensi kelipatan dari frekuensi dasarnya biasa disebut THD (Total Harmonik Distortion)





### a. Pembebanan Non Linier Seimbang

Tabel 4.4 Data Pengujian untuk Beban Non Linier Seimbang

No.	Beban <sub>s</sub> (VA)	Beban <sub>s</sub> (VA)	I <sub>s</sub> (A)	I <sub>s</sub> (A)	V <sub>s</sub> (V)	V <sub>s</sub> (V)	P <sub>s</sub> (W)	P <sub>s</sub> (W)	%THD <sub>v</sub>	%THD <sub>i</sub>	KWH <sub>s</sub> (kWh)	KWH <sub>s</sub> (kWh)	$\Sigma KWH$ 1 $\phi$ (kWh)	KWH 3 $\phi$ (kWh)
1.	1100	1100	2,885	4,740	382,86	218,04	1090	1040	12,37	15,15	0,980	0,970	1,87	1,87
2.	900	900	2,387	4,059	380,7	219	904,1	880,6	11,06	15,63	0,820	0,880	1,62	1,62
3.	400	400	1,092	1,930	364,7	211,92	404,5	410	43,28	41,23	0,365	0,386	0,71	0,71
4.	200	200	0,593	0,985	373,3	217,9	210,8	213,5	65,3	40,7	0,186	0,188	0,34	0,24

Catatan : THD (Total Harmonic Distortion) pada komponen tegangan tidak dimasukkan oleh karena persentasenya yang kecil terhadap nilai tegangan fundamentalnya, yaitu berkisar antara 2%-3%.

Dari tabel 4.4 di atas dapat dengan jelas kita lihat bahwa %THD (Total Harmonik Distortion) berpengaruh pada pengukuran menggunakan kwh meter analog melalui adanya daya yang tidak terukur (daya rugi) akibat adanya nilai arus balik yang melawan arah arus frekuensi dasar (fundamental). Dengan adanya nilai arus balik tersebut, besar daya yang terukur pada kwh meter adalah hasil kali perkalian antara tegangan terukur yang dikalikan dengan selisih nilai arus fundamental dengan besar nilai arus harmonik. Sehingga dapat dikatakan semakin besar nilai %THD suatu beban maka akan semakin besar pula selisih antara pengukuran besar energi yang disuplai sistem dengan energi yang tercatat pada alat ukur energi (kwh meter analog) dekat beban.

Dari tabel 4.4, dapat terlihat bahwa dengan pemasangan trafo pada jalur a, terlihat %THD yang berbeda antara jalur a dengan jalur b untuk pembebanan yang seimbang. %THD pada jalur yang menggunakan trafo cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan jalur tanpa menggunakan trafo. Pada data 1 dan 2 selisih %THD antara jalur a dengan jalur b berkisar antara 3%-4%. Maka, dapat dikatakan bahwa dengan adanya pemasangan trafo pada jalur a dapat meredam distorsi harmonik akibat pemasangan beban non linier walau untuk besar redaman yang relatif kecil. Selisih nilai %THD cukup besar tampak pada data ke 4 yaitu sebesar 24,6%. Hal ini dikarenakan besar nilai pembebanan yang relatif kecil. Namun, pada data ke 3 nampak sedikit perbedaan, yakni %THD pada jalur b lebih besar dibandingkan dengan jalur a dengan selisih sebesar 2,05%. Hal ini mungkin antara lain disebabkan oleh kondisi pembebanan yang sulit untuk dijaga secara konstan (pembebanan dengan komputer yang bekerja labil).

### b. Pembebanan Non Linier Tidak Seimbang

Tabel 4.5 Data Pengujian untuk Beban Non Linier tak Seimbang

No.	Beban <sub>s</sub> (VA)	Beban <sub>s</sub> (VA)	I <sub>s</sub> (A)	I <sub>s</sub> (A)	V <sub>s</sub> (V)	V <sub>s</sub> (V)	P <sub>s</sub> (W)	P <sub>s</sub> (W)	%THD <sub>v</sub>	%THD <sub>i</sub>	KWH <sub>s</sub> (kWh)	KWH <sub>s</sub> (kWh)	$\Sigma KWH$ 1 $\phi$ (kWh)	$\Sigma KWH$ 3 $\phi$ (kWh)
1.	1000	1000	2,752	4,740	372,8	218,04	989,6	985	11,37	8,27	0,920	0,930	1,850	1,79
2.	1000	1000	2,752	4,810	372,8	219	989,6	990,6	11,37	14,49	0,920	0,850	1,770	1,69
3.	1000	1000	2,752	4,760	372,8	211,92	989,6	979	11,37	14,7	0,920	0,936	1,856	1,75
4.	1000	1000	2,752	4,630	372,8	217,9	989,6	983	11,37	13,26	0,920	0,950	1,870	1,70

Dari tabel di atas dapat kita lihat bahwa pada percobaan ketidakseimbangan beban menurut besar %THD. Variasi data yang dilakukan dengan cara membebani jalur a dengan jalur b sebesar 1 KVA, namun dibuat berbeda besarnya nilai %THD.

Pengujian dilakukan dengan mengatur beban non linier yang mempunyai %THD berbeda yang dilakukan secara bervariasi. Pengujian dilakukan secara berurutan dengan rentang waktu antara pengambilan data masing-masing selama kurang lebih 5-15 menit. Dari besar nilai tegangan dan arus pada jalur a dapat dilihat bahwa pengujian mengukur parameter untuk jalur a pada titik antara keluaran kwh meter 3 fasa dengan masukan transformator.

Dari tabel tampak bahwa hasil yang didapat tidak terlalu banyak berbeda antar data. Hal tersebut dikarenakan semua jumlah nilai pada setiap variasi beban sama. Hal tersebut diperkuat dengan kecilnya %THD antar variasi data yang menyebabkan perbedaan data tampak kurang terlihat. Hal ini terjadi karena dipakainya Pendingin ruangan (AC) sebagai beban oleh karena rating yang dimiliki cukup besar untuk mendapatkan variasi data sebesar 1 KVA. Perbedaan yang sedikit mencolok tampak pada data percobaan ke 2 dan ke 3 di mana pada data tersebut terdapat nilai %THD yang cukup besar pada variasi pembebanan non linier tidak seimbang ini yaitu sebesar 14,40% dan 14,7 pada jalur b (fasa-netral).