

KAJIAN UNJUK KERJA BEBAN TIDAK SEIMBANG PADA TRAF0 OPEN DELTA

Pelpinus Sinay
Politeknik Negeri Ambon
NusSinay20@gmail.com

ABSTRAK

Transformator (trafo) adalah suatu alat yang dapat memindahkan (menyalurkan) dan mengubah energi listrik dari satu rangkaian ke rangkaian listrik yang lain dengan frekuensi yang sama berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Trafo yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah trafo tiga fasa hubungan open delta, yang disambung dengan beban terhubung delta. Jika salah satu dari belitan tiga fasa pada trafo hubungan open delta mengalami kerusakan, maka sisa dua belitan lainnya dapat diimplementasikan atau dirancang menjadi tiga fasa hubungan open delta, yang dapat difungsikan untuk menyalurkan daya listrik tiga fasa ke beban. Unjuk kerja yang dimiliki dari pengaruh beban tidak seimbang pada trafo open delta, saat dibebani dengan beban tidak seimbang yang tidak sama besar pada setiap fasa, menyebabkan terjadi kenaikan arus pada setiap fasa, sehingga terjadi kenaikan daya input yang diserap oleh beban tidak seimbang mengakibatkan rugi daya (loses) yang lebih besar dengan efisiensi yang mengecil. Tujuan penelitian adalah kajian unjuk kerja beban tidak seimbang pada trafo open delta dan Metode penelitian adalah metode eksperimen pada laboratorium, yang meliputi pengujian pada trafo tiga fasa hubungan open delta dalam keadaan beban tidak seimbang. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa terdapat perbedaan unjuk kerja (hasil keluran) pengaruh dari beban tidak seimbang antara rata-rata arus dengan loses maupun dengan efisiensi pada trafo open delta.

Kata Kunci : *Trafo Open Delta; Beban Tidak Seimbang*

1. PENDAHULUAN

Transformator adalah suatu alat yang dapat memindahkan (menyalurkan) dan mengubah besar daya listrik dari satu rangkaian ke rangkaian listrik yang lain dengan frekuensi yang sama berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Panjaitan, R. (1989), menerangkan bahwa tegangan yang diterima dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan besar kecilnya arus dalam rangkaian. Daya listrik yang dipindahkan dan diubah tersebut adalah tegangan dan arus bolak-balik (AC).

Jenis-jenis transformator sangat bervariasi, tetapi secara umum dapat diklasifikasikan atas tiga jenis, yaitu Transformator Daya, Transformator Distribusi, dan Transformator Pengukuran. Pada umumnya jenis transformator yang dipergunakan sebagai Transformator Daya dan Transformator Distribusi adalah transformator tiga fasa, sebagai penyalur tenaga listrik dari pembangkit ke beban. Transformator tiga fasa terdapat dua hubungan belitan utama yaitu hubungan delta dan hubungan bintang. Hubungan delta-delta (-) adalah hubungan yang paling efektif digunakan untuk tegangan rendah dengan arus beban yang besar. Hubungan belitan ini juga merupakan hubungan belitan yang paling banyak digunakan, jika dibandingkan dengan berbagai macam hubungan belitan lainnya.

Abdul Kadir, (1993), menjelaskan bahwa jika yang tersedia hanyalah dua buah transformator satu fasa masih memungkinkan untuk membuat suatu sistem tiga fasa dengan menggunakan dua buah transformator satu fasa atau sisa dua belitan tersebut dapat difungsikan untuk menyalurkan daya listrik dengan menggunakan hubungan belitan open-delta.

Melepaskan salah satu belitan juga dapat dilakukan pada transformator tiga fasa hubungan delta-delta, jika beban yang dilayani terlalu kecil untuk masa sekarang, tetapi perlu diantisipasi jika terjadi pertumbuhan beban dimasa yang akan datang yaitu dengan pemasangan kembali belitan yang dibuka tersebut.

Transformator hubungan open delta (V) tiga fasa ini, biasanya tersedia dengan kapasitas daya lebih rendah bila dibandingkan dengan transformator hubungan Delta (Δ). Penggunaan transformator open delta untuk mengatasi terputusnya daya listrik akibat salah satu lilitan dari transformator hubungan Delta itu mengalami kerusakan. Sehingga transformator hubungan open delta ini sangat dibutuhkan untuk sementara waktu dalam mentransferkan daya listrik.

Kemampuan kapasitas daya trafo delta dapat melayani system beban 100%, sedangkan trafo open delta kapasitas daya lebih rendah dari trafo delta, dua buah belitan dari trafo hubungan open delta seharusnya dapat melayani 66,6% dari kapasitas trafo hubungan delta, tetapi kedua belitan tersebut hanya dapat melayani 57,7 % dari kapasitas trafo delta. Sehingga trafo open delta hanya dapat melayani sistem beban sekitar $57,7/66,6 = 0,866$ atau 86,6 % dari kedua belitan trafo ketika dalam keadaan berbeban.

Keuntungan dan Kekurangan dari transformator tiga fasa hubungan open delta dapat diuraikan sebagai berikut : keuntungan dari hubungan open delta ini adalah mengatasi terjadi pemadaman yang lama, dapat mengirim daya tiga fasa ke beban yang dibuat khusus dan dapat dipakai sementara sebelum adanya pergantian transformator yang baru sedangkan kekurangannya adalah kapasitas daya rata-

rata pada trafo open delta (V-V) beroperasi kira-kira 66,6% dari kapasitas daya trafo delta atau daya yang diperlukan.

Pada umumnya beban yang dilayani suatu transformator diusahakan seimbang. Tetapi dalam kenyataannya sering beban yang dilayani oleh suatu transformator tidak seimbang. Ketidakseimbangan beban mengakibatkan arus pada masing-masing fasa tidak seimbang sehingga resultan arus beban tidak sama dengan nol. Akibatnya untuk daya output yang sama transformator berbeban tidak seimbang akan mempunyai rugi-rugi yang lebih besar dan akan menyerap daya yang lebih besar sehingga efisiensinya akan lebih kecil. Arus pada masing-masing fasa tidak seimbang dapat terjadi karena impedansi dari beban perfasa tidak seimbang. Jika transformator open delta dibebani tidak seimbang maka arus-arus fasa akan tidak seimbang yang mengakibatkan tegangan sekundernya pada transformator tidak seimbang, sehingga dapat mengurangi daya input (P_{in}) yang disalurkan ke beban. Maka sebelum dioperasikan perlu dilakukan pengujian. Pengujian dimaksud untuk membahas unjuk kerja beban tidak seimbang pada trafo open delta.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Kajian Unjuk Kerja

Melihat dari isi penelitian sebelumnya, belum ada penyelesaian yang mendekati pembahasan penelitian mengenai kajian unjuk kerja beban tidak seimbang pada trafo open delta, sehingga pengertian dari kajian unjuk kerja dapat dijelaskan sebagai berikut :

Unjuk kerja adalah merupakan performen, respon, karakteristik atau hasil keluaran suatu sistem berupa rata-rata arus dan loses maupun efisiensi yang diperoleh dari daya dan arus pada masing-masing fasa dalam keadaan berbeban, Kajian unjuk kerja (hasil keluaran) yang diperoleh dari arus dan daya beban yang diberikan pada setiap fasa / digunakan pada trafo open delta saat dibebani beban seimbang maupun beban tidak seimbang. Hubungan open delta diperoleh sebesar $= 66,6\% = 0,66$. Untuk memperoleh kapasitas daya Open Delta (V)

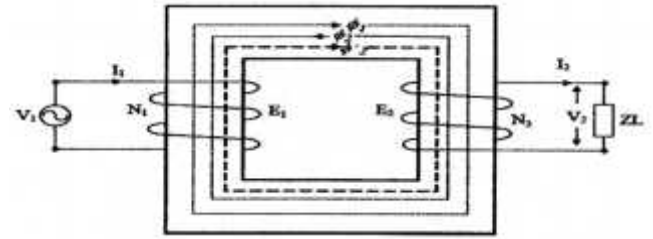
$$= \frac{\frac{2}{3} \times 1}{\frac{2}{3} \times \sqrt{3}} = \frac{\frac{2}{3}}{\frac{2}{\sqrt{3}}} = \frac{0,666}{1,154} = 0,577$$

$$\text{Atau : } \frac{P_{V-V}}{P_{\Delta-\Delta}} = \frac{\sqrt{3} V_{L-L} I_P}{3 V_{L-L} I_P} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,577.$$

Trafo open delta pada kapasitas normal, $= 0,577$ dianggap sama dengan $66,6\% = 0,666$,

2.2 Keadaan Transformator Berbeban

Transformator dikatakan berbeban, jika kumparan sekunder dihubungkan dengan beban Z_L , seperti terlihat pada gambar 1



Gambar 1. Transformator dalam keadaan berbeban

Menurut Zuhail, 1991, Menerangkan bahwa apabila kumparan sekunder dihubungkan dengan beban Z_L , akan mengalir arus I_2 pada kumparan sekunder, dimana $I_2 = \frac{V_2}{Z_L}$ dengan faktor kerja $\cos \phi$ yang merupakan faktor kerja beban.

Arus beban I_2 ini akan menimbulkan gaya gerak magnet (ggm) $N_2 I_2$ yang cenderung menentang fluks (Φ) bersama yang telah ada akibat arus pemagnetan. Agar fluks bersama itu tidak berubah nilainya, pada kumparan primer harus mengalir arus I_2' , yang menentang fluks yang dibangkitkan oleh arus beban I_2 , hingga keseluruhan arus yang mengalir pada kumparan primer menjadi:

$$I = I_0 + I_2' \text{ (ampere)} \quad (1)$$

Bila komponen arus rugi inti (I_c) diabaikan, maka $I_0 = I_m$, sehingga:

$$I = I_m + I_2' \text{ (ampere)} \quad (2)$$

Dimana : I_1 = Arus pada sisi primer

I_0 = Arus penguat.

I_m = Arus pemagnetan

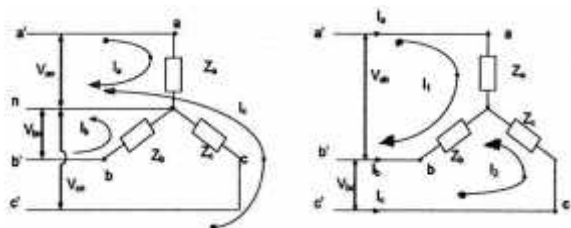
I_c = Arus rugi-rugi inti

2.3 Rangkaian Beban Pada Trafo Tiga Fasa Tidak Seimbang

Yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan dimana salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi. Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada dua yaitu:

1. Ketiga vektor arus atau tegangan tidak sama besar
2. Ketiga vektor tidak saling membentuk sudut 120° satu sama lain.

Penyelesaian beban tak seimbang untuk hubungan delta dapat disamakan dengan keadaan seimbang. Sedangkan untuk hubungan bintang penyelesaiannya adalah sebagai berikut: Pada sistem 4 kawat, masing-masing fase akan mengalirkan arus yang tak seimbang menuju Netral. Sedangkan pada sistem tiga kawat akan mengakibatkan tegangan yang berubah cukup signifikan dan memunculkan netral yang berbeda dari netral yang semestinya, seperti pada gambar 2



Gambar 2 Beban tidak seimbang terhubung bintang empat kawat dan tiga kawat.

Pada sistem dengan empat kawat, akan berlaku :

$$I_a = \frac{V_{an}}{Z_a}$$

$$I_b = \frac{V_{bn}}{Z_b}$$

$$I_c = \frac{V_{cn}}{Z_c}$$

$$I_n = -(I_a + I_b + I_c)$$

Sedangkan pada sistem tiga kawat, diselesaikan dengan persamaan loop sebagai berikut :

Loop 1: $V_{ab} = -Z_a \cdot I_1 - (I_1 + I_2) Z_b$

Loop 2: $V_{bc} = -Z_c \cdot I_2 - (I_1 + I_2) Z_b$

Maka menurut Daryanto, 2010, menerangkan bahwa nilai I_1 dan I_2 , atau arus-arus line dapat dicari dengan:

$$I_a = I_1$$

$$I_b = I_1 + I_2$$

$$I_c = I_2$$

sedangkan besar tegangan pada setiap impedansi beban adalah:

$$V_{a0} = I_a Z_a$$

$$V_{b0} = I_b Z_b$$

$$V_{c0} = I_c Z_c$$

2.4 Trafo Open Delta Dalam Keadaan Tidak Seimbang

Transformator open delta melayani beban tiga fasa resistif dalam keadaan tidak seimbang, yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang disini adalah keadaan yang diakibatkan oleh ketidak seimbangan pada beban artinya Ketidak seimbangan beban yang diatur pada transformator open delta serupa(sama) dengan yang diatur / diberikan pada transformator delta, yang dilayani dengan sumber daya tiga fasa yang seimbang. Jika transformator open delta dan delta dibebani tidak seimbang maka arus- arus fasanya akan tidak seimbang yang mengakibatkan tegangan sekundernya tidak seimbang. Perubahan besar tegangan V_{ab} dan V_{bc} ini seiring dengan masing-masing vektor dari emfnya yaitu $I_{ab} Z_h$ merupakan daya semu yang diserap oleh beban dan yang menghasilkan V'_{ab} dan V'_{bc} , diagram vektor arus dan tegangannya seperti pada gambar 3, yang ditunjukkan pada halaman berikutnya. Uraian hubungan dari Vektor arus dan tegangan sebagai berikut :

$$V_{ab} = V_{ab} - I_{ab} \cdot Z_{sh}$$

$$I_{ab} = \frac{V_{ab} - V'_{ab}}{Z_{sh}}$$

$$I_{ab} = \frac{V_{ab} - V'_{ab}}{x \cdot r}$$

$$V_{ab} = I_{ab} \cdot r \cdot x + V'_{ab}$$

$$I_{ab} = \frac{V_{ab} - V'_{ab}}{Z_{sh}}$$

$$V'_{bc} = V_{bc} - I_{bc} \cdot Z_{sh}$$

$$I_{bc} = \frac{V_{bc} - V'_{bc}}{Z_{sh}}$$

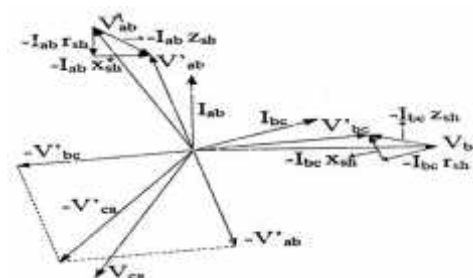
$$I_{bc} = \frac{V_{bc} - V'_{bc}}{x \cdot r}$$

$$V_{bc} = I_{bc} \cdot r \cdot x + V'_{bc}$$

$$I_{bc} = \frac{V_{bc} - V'_{bc}}{Z_{sh}}$$

$$V'_{ca} = -V'_{bc} + (-V'_{ab})$$

$$-V'_{ca} = -V_{bc} - V'_{ab}$$

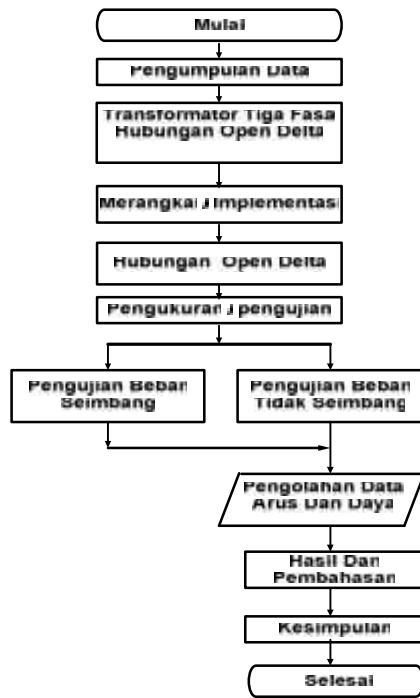


Gambar 3. Diagram vektor arus dan tegangan transformator open delta pada keadaan tidak seimbang

3. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian/ pengukuran dan analisis yaitu melakukan pengujian di laboratorium untuk memperoleh data pengujian .

Langkah-langkah metodologi penelitian yang akan dilakukan dalam proposal tesis ini ditunjukkan dalam diagram alir (flow chart) pada gambar 4.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Name Plate Transformator Tiga Fasa Hubungan Open Delta Dan Delta

Adapun data Name Plate yang tertera di badan transformator tiga fasa adalah sebagai berikut :

- Kapasitas Transformator : 2100 VA
- Frekuensi : 50 Hz
- Tegangan sisi primer : 50- 64 Volt
- Arus sisi primer : 22 Amper
- Tegangan sisi sekunder : 110 – 220 Volt
- Arus sisi sekunder : 10 Amper

Transformator tersebut dibuat menjadi transformator tiga fasa hubungan open delta dan delta dengan setting step up, sehingga untuk hubungan trafo Open Delta diperoleh :

$$\text{Kapasitas Trnsformator} = 2100 \times 0,577 = 1212 \text{ VA, } 50 \text{ Hz}$$

$$\text{Tegangan sisi primer / sekunder} : 64 / 220 \text{ Volt}$$

$$\text{Arus sisi primer} : I_p = \frac{1212}{\sqrt{3} \times 55} = \frac{1212}{95,26} = 12,7 \text{ A}$$

Dan

$$\text{Arus sisi sekunder} : I_s = \frac{1212}{\sqrt{3} \times 220} = \frac{1212}{380} = 3,2 \text{ A}$$

4.2 Menentukan Nilai Rata-Rata Arus Beban tidak seimbang Tiap Fasa Pada Trafo Open Delta.

Kapasitas daya 3 fasa pada trafo open delta ; $0,577 \cdot 2100 = 1212 \text{ VA}$. Kapasitas arus 3 fasa (Arus Line) pada trafo open delta :

$$I_{3Fasa} = \frac{VA}{\sqrt{3} \cdot 55}$$

$$= \frac{1212}{1,73 \cdot 55}$$

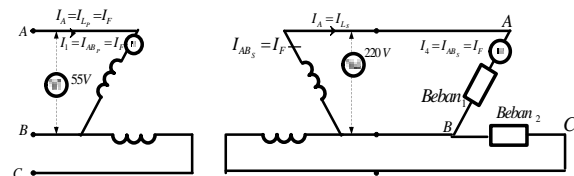
$$= \frac{1212}{95,15}$$

$$= 12,7 \text{ A}$$

Kapasitas arus per fasa pada trafo open delta ;

$$I_{Fasa} = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{12,7 \text{ A}}{1,73} = 7 \text{ A}$$

Adapun rangkaian dari trafo open delta sistem 3 fasa, yang terhubung dengan beban tidak seimbang 3 fasa dihubungkan delta, untuk menjelaskan pengaturan beban 2 fasa seimbang sedangkan fasa lain tidak dibebani , seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 sebagai berikut :



Gambar 5. Rangkaian trafo open delta 3 fasa dengan beban, untuk 2 fasa seimbang sedangkan fasa lain tidak dibebani.

Penjelasan mengenai 2 fasa seimbang sedangkan fasa lain tidak dibebani (arus beban 3 fasa dalam keadaan tidak seimbang) artinya 2 fasa (arus fasa AB=3 A dan arus fasa BC=3 A) diatur/diberikan beban yang seimbang, sedangkan fasa lain (arus fasa CA=0A) tidak diberikan/dilepaskan (dikosongkan) bebannya dari kapasitas sistem 3 fasa. Maka rata-rata arus fasa beban tidak seimbang pada 2 fasa seimbang sedangkan fasa lain tidak dibebani = 3, 3, 0 , dengan $I = 2 \text{ A}$ adalah arus fasa dalam keadaan berbeban seimbang, pada trafo open delta yaitu;

$$I_{AB} = a \times I, \text{ maka } a = 1,5 \text{ A}$$

$$I_{BC} = b \times I, \text{ maka } b = 1,5 \text{ A}$$

$$I_{CA} = c \times I, \text{ maka } c = 0 \text{ A}$$

Sehingga rata-rata arus adalah :

$$= \frac{\{|a-1| + |b-1| + |c-1|\}}{3} \times 100\%$$

$$= \frac{\{|1,5-1| + |1,5-1| + |0-1|\}}{3} \times 100\% = \frac{2}{3} = 0,6666 \times 100 = 66,66\%$$

Maka nilai rata-rata arus 66,66% ini dianggap merupakan urain kemampuan atau hasil keluaran (Unjuk kerja) trafo open delta, pada kapasitas daya sistem pelayanan beban trafo open delta = 66,66 dari beban sesungguhnya yang digunakan.

4.3 Data Pengukuran Berbeban Tidak Seimbang, Untuk Masing-Masing Fasa Dibebani Berbeda, Pada Trafo Hubungan Open Delta.

Dengan Pengaturan $V_1 = 55 \text{ Volt}$, seperti yang terlampir pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Data pengukuran masing-masing fasa dibebani berbeda pada trafo hubungan open delta

No	Arus Primer (Amp)			Daya Input (Watt)			Vout (Volt)	Arus Sekunder (Amp)			Daya Keluaran (Watt)		
	I ₁	I ₂	I ₃	P ₁	P ₂	P ₃	V ₂	I ₄	I ₅	I ₆	P ₄	P ₅	P ₆
1	9,6	9,8	10,3	348	355	373	190	0,5	2,5	3	81	409	491
2	9,8	9,6	10,3	354	348	373	189,5	2,5	0,5	3	409	81	491
3	10,3	9,8	9,6	373	355	348	189	3	2,5	0,5	491	409	81
4	9,8	10,3	9,6	355	373	348	189,5	2,5	3	0,5	409	491	81
5	10,3	9,8	9,6	372	355	348	189	3	2,5	0,5	491	409	81
6	9,6	10,3	9,8	373	348	356	188,5	0,5	3	2,5	81	491	409
7	8,7	9,6	9,5	335	369	365	190	1	2	3	163	327	491
8	9,6	8,7	9,5	367	333	364	190,5	2	1	3	327	163	491
9	9,5	9,6	8,7	364	368	333	189,5	3	2	1	491	327	163
10	9,5	8,7	9,6	365	333	368	190	1	3	2	163	491	327
11	8,7	9,5	9,6	333	365	368	189,5	3	1	2	491	163	327
12	9,6	8,7	9,5	368	333	365	189	2	3	1	327	491	163
13	9,6	10,4	9,5	347	376	343	188	2	1,5	2,5	327	245	409
14	10,4	9,6	9,5	376	347	343	189,5	1,5	2	2,5	245	327	409
15	9,5	10,4	9,6	343	376	347	190	2,5	1,5	2	409	245	327
16	10,4	9,5	9,6	374	342	346	189,5	1,5	2,5	2	245	409	327
17	9,5	10,4	9,6	343	374	346	189	2,5	1,5	2	409	245	327
18	9,6	9,5	10,4	346	343	374	188	2	2,5	1,5	327	409	245

Analisis data pengukuran berbeban tidak seimbang, untuk masing-masing fasa dibebani berbeda, pada trafo hubungan open delta.

Contoh untuk No. 1:

P input total :

$$P_{in} = P_1 + P_2 + P_3 = 348 + 355 + 373 = 1076 \text{ watt}$$

P output total :

$$P_{out} = P_4 + P_5 + P_6 = 81 + 409 + 491 = 981 \text{ watt}$$

Rugi-rugi transformator :

$$\text{Losses} = P_{in} - P_{out} = 1076 - 981 = 95 \text{ watt}$$

Efisiensi transformator :

$$y = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{981}{1076} \times 100 = 91,17\%$$

Sedangkan rata-rata arus berbeban adalah :

A. Untuk arus-arus fasa beban tidak seimbang = (0,5 , 2,5 , 3)

Dengan I = 2 amper adalah arus fasa dalam keadaan berbeban seimbang.

$$I_{AB} = a \times I, \text{ maka } a = 0,25 \text{ A}$$

$$I_{BC} = b \times I, \text{ maka } a = 1,25 \text{ A}$$

$$I_{CA} = c \times I, \text{ maka } a = 1,5 \text{ A}$$

Sehingga rata-rata arus adalah :

$$= \frac{\{0,25-1\} + \{1,25-1\} + \{1,5-1\}}{3} \times 100\% = \frac{1,5}{3} = 0,5 \times 100 = 50\%$$

B. Untuk arus-arus fasa beban tidak seimbang = (1 , 2 , 3)

Dengan I = 2 amper adalah arus fasa dalam keadaan berbeban seimbang.

$$I_{AB} = a \times I, \text{ maka } a = 0,5 \text{ A}$$

$$I_{BC} = b \times I, \text{ maka } a = 1 \text{ A}$$

$$I_{CA} = c \times I, \text{ maka } a = 1,5 \text{ A}$$

Sehingga rata-rata arus adalah :

$$= \frac{\{0,5-1\} + \{1-1\} + \{1,5-1\}}{3} \times 100\% = \frac{1}{3} = 0,3333 \times 100 = 33,33\%$$

C. Untuk arus-arus fasa beban tidak seimbang = (2, 1,5 , 2,5)

Dengan I = 2 amper adalah arus fasa dalam keadaan berbeban seimbang.

$$I_{AB} = a \times I, \text{ maka } a = 1 \text{ A}$$

$$I_{BC} = b \times I, \text{ maka } a = 0,75 \text{ A}$$

$$I_{CA} = c \times I, \text{ maka } a = 1,25, \text{ A}$$

Sehingga rata-rata arus adalah :

$$= \frac{\{1-1\} + \{0,75-1\} + \{1,25-1\}}{3} \times 100\% = \frac{0,5}{3} = 0,16666 \times 100 = 16,67\%$$

Dengan cara yang sama, dan selanjutnya dapat ditentukan, sehingga diperoleh Tabel analisis data, seperti yang tampak pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Hasil analisis data pengukuran untuk masing-masing fasa dibeban berbeda

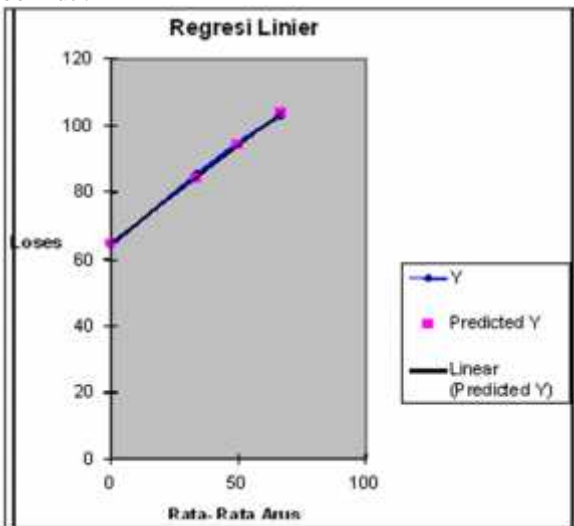
No	Daya Input (watt)	Daya output (watt)	Loses (watt)	Efisiensi (%)
1	1076	981	95	91,17
2	1075	981	94	91,25
3	1076	981	95	91,17
4	1076	981	95	91,17
5	1075	981	94	91,25
6	1077	981	96	91,51
7	1069	981	88	91,76
8	1064	981	83	92,19
9	1065	981	84	92,11
10	1066	981	85	92,02
11	1066	981	85	92,02
12	1066	981	85	92,02
13	1066	981	85	92,02
14	1066	981	85	92,02
15	1066	981	85	92,02
16	1062	981	81	92,37
17	1063	981	82	92,28
18	1063	981	82	92,28

Jika data diatas disusun berdasarkan rata-rata arus beban perfasa, maka diperoleh Tabel analisis data ,seperti terlihat pada tabel 3 dibawah ini :

Tabel 3 Hasil analisis data rata-rata arus, loses dan efisiensi pada trafo hubungan open delta, sebagai berikut :

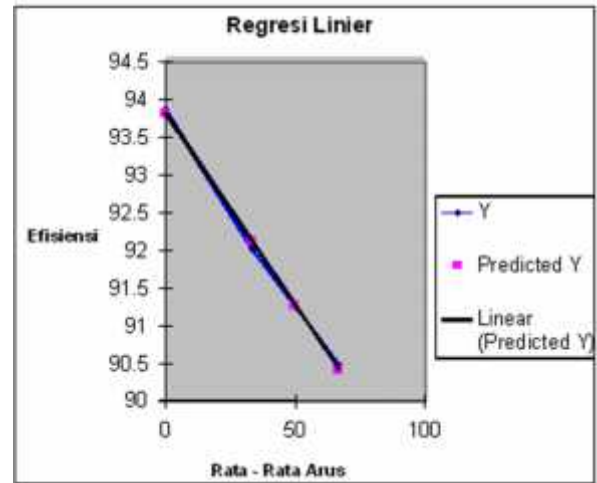
Rata-rata arus (%)	Loses (watt)	Efisiensi (%)
66,66	103	90,49
50	94,83	91,25
33,33	85,33	92,02
0	64	93,87

Dari tabel hasil analisis data pengukuran berbeban tidak seimbang, diperoleh unjuk kerja (karakteristik) regresi linier hubungan antara rata-rata arus dengan loses, pada trafo tiga fasa hubungan open delta, seperti yang ditunjukkan pada gambar 6, sebagai berikut :



Gambar 6. Karakteristik regresi linier hubungan antara rata-rata arus dengan loses

Selain itu ,dari tabel hasil analisis data pengukuran berbeban tidak seimbang, diperoleh unjuk kerja (karakteristik) regresi linier hubungan antara rata-rata arus dengan efisiensi, pada trafo tiga fasa hubungan open delta, seperti yang ditunjukkan pada gambar 7, sebagai berikut :



Gambar 7. Karakteristik regresi linier hubungan antara rata-rata arus dengan efisiensi

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut : Kajian unjuk kerja (hasil keluaran) berdasarkan analisis data yang diperoleh dari percobaan trafo open delta menunjukkan bahwa rata-rata arus beban perfasa pada trafo open delta sebesar 66,6%, dengan kapasitas daya untuk trafo open delta 0,577 dari kapasitas daya aktif yang digunakan.

Unjuk kerja yang dimiliki beban seimbang tidak yang sama besar dengan unjuk kerja beban tidak seimbang pada trafo open delta, saat dibebani beban seimbang dan beban tidak seimbang yang sama besar, hal ini disebabkan karena kenaikan arus pada setiap fasa beban tidak seimbang, sehingga terjadi kenaikan daya input yang diserap oleh beban tidak seimbang mengakibatkan rugi daya (loses) yang lebih besar dengan efisiensi yang mengecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Kadir, A. 1993, *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*, Penerbit PT. Pustaka LP3ES, Jakarta.
- Kadir, A. 1998, *Transmisi Tenaga Listrik*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta
- Mismail, B. 1997, *Rangkaian Listrik*, Penerbit ITB, Bandung.
- Berahim, H. 1991, *Teknik Tenaga Listrik*, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Asy'ari, H. Jatmiko, Dan Rivai I. B. 2003, *Perbaikan Tegangan Untuk Konsumen*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jurnal Teknik Elektro.
- Edminister, J. A. 1984, *Rangkaian Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Neidle, M. 1999, *Teknologi Instalasi Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Ramdhani, M. 2008, *Rangkaian Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Panjaitan, R. 1989, *Mesin Listrik Arus Bolak Balik*, Penerbit Tarsito, Bandung.

- Sulistiyowati, 2009, *Analisis Efek Harmonisa Terhadap Rugi-Rugi Trafo Distribusi*, Universitas Brawijaya Malang, Tesis Teknik Elektro.
- Syafrudin, 2007, *Efek Harmonisa Arus Komponen Aktif Dan Rugi Daya pada Trafo*, Proceeding 10thInt L QIR.
- Setiabudi, 2005, *Analisis Rugi-Rugi Pada Trafo Akibat Distorsi Harmonik*, Seminar Kelistrikan, Universitas Diponegoro, Teknik Elektro.
- Soemarwanto dan Purnomo, H. 2000, *Mesin Elektrik I*, Kerjasama Antara Proyek Peningkatan Pendidikan Sains Dan Keteknikan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.
- William, D. Dan Stevenson, Jr. 1983, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Zuhal, 1991, *Dasar Tenaga Listrik*, Penerbit ITB, Bandung.