

## **ANALISIS DAN SIMULASI MODEL PENYEARAH DELAPAN BELAS PULSA**

Muhammad Imran Hamid  
Afris Sofandi

### **ABSTRAK**

*Suatu konfigurasi penyearah delapan belas pulsa diusulkan. analisis pembangkitan tegangan AC sembilan fasa berupa transformator multiphasa sebagai sumber daya bagi penyearah ini diuraikan, selanjutnya analisis dan simulasi kinerja penyearah ini diberikan. Hasil analisis dan simulasi menunjukkan bahwa penyearah ini akan memberikan faktor riak yang lebih rendah dan tidak memerlukan transformator interphasa pada sisi outputnya, juga metode multi pulsa pada proses penyearahana ini terbukti dapat memperbaiki kualitas penyearah, hal ini dapat dilihat dari bentuk gelombang arus input yang menghampiri sinusoidal dan nilai THD arus input penyearah yang lebih kecil.*

**Kata-kata kunci ; Penyearah multiphasa, transformator penyearah**

## ANALISIS DAN SIMULASI MODEL PENYEARAH DELAPAN BELAS PULSA

### 1. Pendahuluan

Penyearah berfungsi mengubah listrik arus bolak balik (AC) menjadi listrik arus searah (DC). Penyearah dengan keluaran multi pulsa merupakan salah satu cara perbaikan kinerja penyearah [4]. Keuntungan penyearah multi pulsa adalah ukuran induktor filter harmonisa menjadi kecil oleh karena harmonisa yang timbul adalah harmonisa dengan orde yang tinggi [7]

Indikator kinerja penyearah Antara lain meliputi bentuk gelombang input, harga rata-rata output DC, riak arus keluaran dan harmonisa yang timbul dari tegangan dan arus.

Pada penelitian ini diajukan suatu model konfigurasi penyearah 18 pulsa dengan menggunakan transformator tiga fasa-sembilan fasa hubungan kumparan segienam (mesh segi enam) pada sisi sekunder.

Sesungguhnya penyearah 18 pulsa dapat diperoleh dari paralel 3 buah penyearah tiga fasa, namun penyearah jenis ini membutuhkan transformator penyearah yang lebih besar karena akan dibutuhkan lebih banyak belitan pada sisi sekunder dan juga membutuhkan transformator interphasa pada sisi outputnya. Penyearah 18 pulsa dengan menggunakan transformator 3 fasa- 9 fasa membutuhkan transformator yang lebih kecil dan tidak membutuhkan transformator interphasa pada sisi outputnya.

Penyearah multi pulsa terdiri dari transformator penyearah dan komponen semikonduktor daya. Transformator mengubah listrik arus bolak balik tiga fasa menjadi listrik arus bolak balik fasa banyak. Untuk memperoleh listrik fasa banyak dipergunakan transformator tiga fasa yang mempunyai banyak kumparan sekunder (*secondary multi-winding transformer*). Jumlah lilitan masing-masing kumparan dari transformator menentukan besar tegangan, beda fasa tegangan serta jumlah fasa yang dihasilkan.

Ada dua komponen penyearah yang dapat dipergunakan yaitu dioda dan SCR (Thyristor), dan ada dua macam penyearah dilihat dari gelombang tegangan yang dihasilkan yaitu penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh. Juga terdapat dua jenis hubungan belitan dari belitan sekunder transformator yang dipergunakan, yaitu belitan terhubung bintang dan belitan terhubung jala (*mesh*).

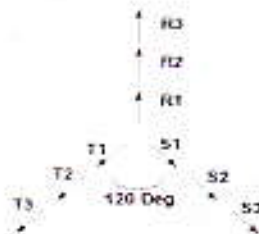
Pada penelitian ini digunakan penyearah jenis gelombang penuh dengan komponen dioda dan belitan sekunder transformator yang terhubung secara *mesh*.

## 2. Sumber Multi Fasa

Pada umumnya tenaga listrik dibangkitkan dan disalurkan dalam sistem tiga fasa yang seimbang. Secara teoritis, jumlah fasa lebih dari tiga memungkinkan untuk dibangkitkan pada sisi generator, di pusat-pusat pembangkit, namun oleh faktor efektifitas hingga saat ini, pembangkitan dengan jumlah fasa lebih dari tiga tidak dilakukan.

Kebutuhan akan jumlah fasa lebih dari tiga, misalnya untuk suplai rectifier penyearah dilakukan dengan rekayasa pada peralatan daya yang lain seperti transformator. Pada kasus ini, fungsi utama transformator bukanlah sebagai transformasi level tegangan, tetapi lebih utama adalah untuk menyediakan tap tegangan dengan besar tertentu dan sudut fasa yang berbeda.

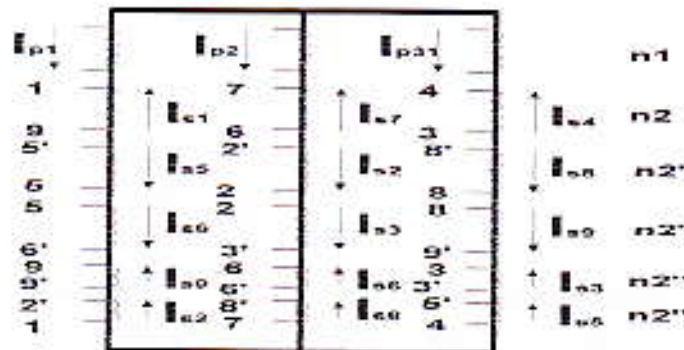
Tegangan multi fasa pada keluaran transformator tiga fasa, dapat diperoleh dengan membagi masing-masing belitan pada sekunder trafo dengan perbandingan tertentu. Pada gambar (1), sisi sekunder transformator terdiri dari tiga belitan, misalnya untuk fasa R, dibagi atas belitan R1, R2, dan R3. demikian pula dengan belitan S dan T, Ketiga kelompok belitan ini masing masing berbeda fasa 120 derajat listrik.



Gambar 1, Sekunder suatu transformator tiga fasa yang terdiri dari tiga belitan setiap fasanya.

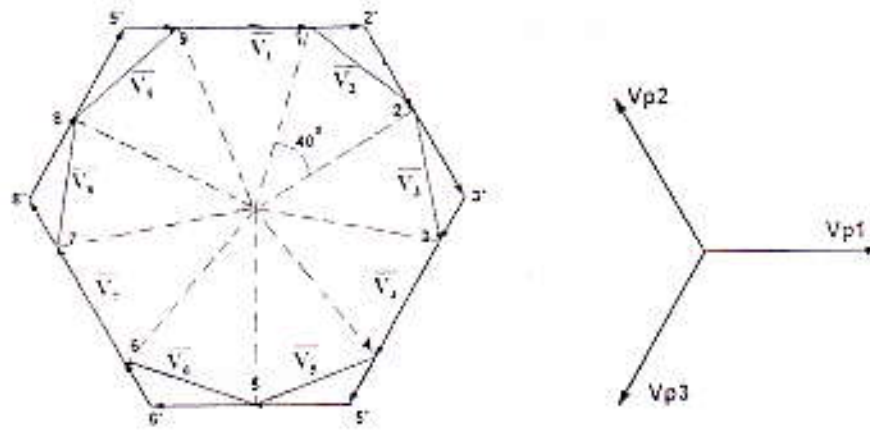
Dengan menghubungkan suatu belitan pada fasa tertentu, misalnya belitan R1 pada belitan lainnya, misalnya belitan pada fasa S, akan diperoleh resultan tegangan dengan magnitud tegangan yang berbeda dan sudut yang tidak sefasa dengan fasa R maupun fasa S, tetapi merupakan resultan dari kedua fasa ini.

Gambar berikut ini memaparkan metode mendapatkan sembilan buah tegangan seimbang melalui hubungan belitan-belitan pada sisi sekunder suatu transformator tiga fasa.



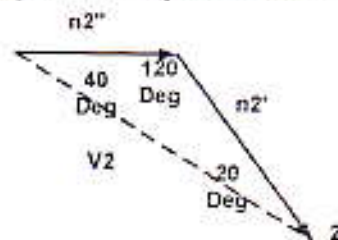
Gambar 2, Transformator mentransformasikan 3 fasa menjadi 9 fasa

Perlu diingat bahwa arah tanda panah menunjukkan arah arus fase sekunder setelah penyambungan, sedemikian rupa sehingga menghasilkan bentuk diagram tegangan seperti gambar 3 berikut



Gambar 3, Diagram vektor tegangan 9 fase tegangan sekunder transformator

Gambar 2 menunjukkan kumparan yang dibelitkan pada tiga batang inti trafo, tiap-tiap batang memiliki satu kumparan  $n_2$  belitan, dua kumparan  $n_2'$  belitan dan dua kumparan  $n_2''$  belitan, (subskrip 2 menunjukkan belitan sekunder). Untuk menghasilkan 9 tegangan sekunder yang sama dan seimbang yang dipisahkan rata dalam fase  $40^\circ$ , perhatikan gambar 3 khususnya segitiga 1-2'-2 seperti berikut ini ;



Gambar 4, Segitiga tegangan yang dibentuk oleh belitan  $n_2$ ,  $n_2'$  dan  $n_2''$

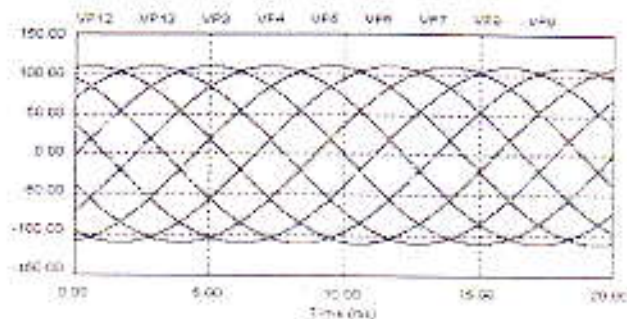
Dengan kesamaan sinus pada segitiga diperoleh ;

$$n' = n_2 \frac{\sin 40^\circ}{\sin 120^\circ} = 0,742 n_2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$n_2'' = n_2 \frac{\sin 20^\circ}{\sin 120^\circ} = 0,395 n_2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

Artinya untuk mendesain transformator 9 fase, dibutuhkan 6 buah belitan  $n_2' = 0,742$  kali  $n_2$  dan 6 buah belitan  $n_2'' = 0,395$  kali  $n_2$  ditambah dengan 3 buah belitan  $n_2$ . Kesemuanya dirangkai berdasarkan keterangan di atas, sehingga membentuk 9 fase tegangan seperti pada gambar 2 yang terhubung secara mesh.

Gambar 5 berikut adalah hasil simulasi pembangkitan tegangan pada sisi sekunder transformator 3 fase - 9 fase dengan tegangan puncak 110 Volt dan frekwensi 50 Hz.



Gambar 5. Hasil simulasi tegangan sembilan fase ( $q = 9$ ) *line to line* pada sisi sekunder

### 3. Analisis dan Simulasi Indikator Kinerja Penyearah 18 Pulsa

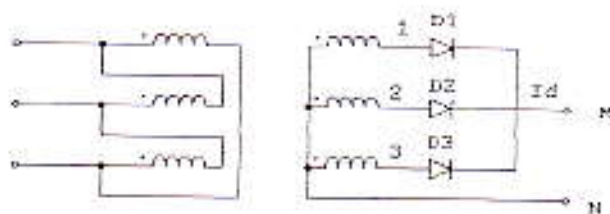
Sebagaimana disebutkan sebelumnya, indikator kinerja penyearah antara lain meliputi bentuk gelombang input, harga rata-rata output DC, riak arus keluaran dan harmonisa yang timbul dari tegangan dan arus. Berikut ini adalah analisis dan hasil simulasinya

#### a. Tegangan output

Dalam suatu rangkaian penyearah, output tegangan DC diperoleh dengan menyearahkan satu set  $q$  tegangan AC yang diasumsikan sinusoidal dan membentuk sistem seimbang. Tegangan AC ini dapat disuplai dari bagian sekunder suatu transformator penyearah baik yang terhubung secara mesh (jala) maupun terhubung secara bintang. Selanjutnya tegangan ini disearahkan oleh komponen penyearah semikonduktor (dioda dsb) baik secara setengah siklus (komutasi tunggal) maupun satu siklus penuh (komutasi ganda) pada jenis *bridge rectifier*. Berdasarkan hal ini penyearah dapat diklasifikasikan atas ;

1. Rangkaian dengan suplai terhubung bintang dengan komutasi tunggal atau disebut 'penyearah setengah gelombang'.

Pada penyearah ini, sejumlah  $q$  fasa yang menyediakan tegangan AC disearahkan terhubung bintang dengan menggunakan  $q$  komponen semikonduktor daya. Terminal M pada beban setiap saat terhubung dengan terminal paling positif dari fasa 1, 2, 3 ...  $q_n$ . Agar lebih umum, berikut ini adalah diagram salah satu tipe penyearah dengan jumlah fasa tiga ( $q = 3$ )



Gambar 6. Penyearah  $\frac{1}{2}$  gelombang multi fasa terhubung bintang

Tegangan output rata-rata dari penyearah ini dalam hubungannya dengan jumlah tegangan sinusoidal q yang disearahkan adalah ;

$$U_d = V \sqrt{2} \frac{q}{\pi} \text{Sin} \left( \frac{\pi}{q} \right) \dots\dots\dots (3)$$

Tegangan output RMS adalah ;

$$U_{d(RMS)} = V \sqrt{2} \frac{q}{2\pi} \left( \frac{\pi}{q} + \frac{1}{2} \text{Sin} \frac{2\pi}{q} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (4)$$

Sedangkan faktor riak adalah ;

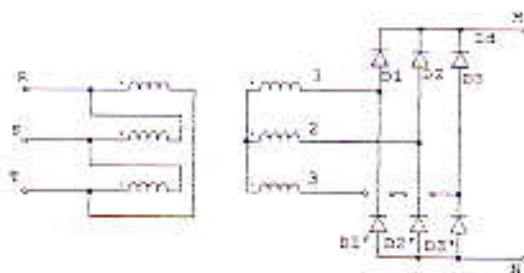
$$RF = \sqrt{\left( \frac{U_{d(RMS)}}{U_d} \right)^2 - 1} \dots\dots\dots (5)$$

2. *Rangkaian penyearah dengan suplai terhubung mesh dan dua group komutasi atau 'penyearah jembatan dengan suplai terhubung bintang'*

Pada jenis penyearah ini, sejumlah q kumparan yang menyediakan q tegangan bolak – balik  $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$  yang dihubungkan secara bintang, sedang komponen semikonduktor dayanya terdiri dari 2q komponen.

Jika komponen yang digunakan adalah dioda seperti penyearah 3 fasa jembatan pada gambar 7, maka group  $D_1, D_2, D_3$  membentuk group komutasi paling positif dan menghubungkan M ke terminal paling positif kumparan 1,2,3, ... q. Group kedua ;  $D_1', D_2', D_3' \dots Dq'$  membentuk group komutasi paling negatif dan menghubungkan N keterminal paling negatif dari kumparan 1,2,3, ... q. Satu set 2q dioda ini sering disebut jembatan dioda.

Perhatikan gambar berikut ;



Gambar 7. Penyearah tiga fasa jembatan terhubung bintang

Gambar diatas adalah penyearah jembatan 3 fasa dimana ;

Ketika  $v_1 > v_3 > v_2$ ,  $D_1$  dan  $D_2'$  konduksi,  $U_d = v_1 - v_2$

Ketika  $v_1 > v_2 > v_3$ ,  $D_1$  dan  $D_3'$  konduksi,  $U_d = v_1 - v_3$

Ketika  $v_2 > v_1 > v_3$ ,  $D_2$  dan  $D_3'$  konduksi,  $U_d = v_2 - v_3$

Ketika  $v_2 > v_3 > v_1$ ,  $D_2$  dan  $D_1'$  konduksi,  $U_d = v_2 - v_1$

Dan seterusnya.

Dari gambar tersebut diatas, juga terlihat bahwa penyearah jembatan akan analog dengan gabungan seri penyearah setengah gelombang yang slaing berlawanan. Jadi tegangan rata-rata yang dihasilkan adalah jumlah dari dua penyearah setengah gelombang, yaitu sebagai berikut ;

$$U_d = (V_M - V_O)_{rata-rata} + (V_N - V_O)_{rata-rata} \dots\dots\dots(6)$$

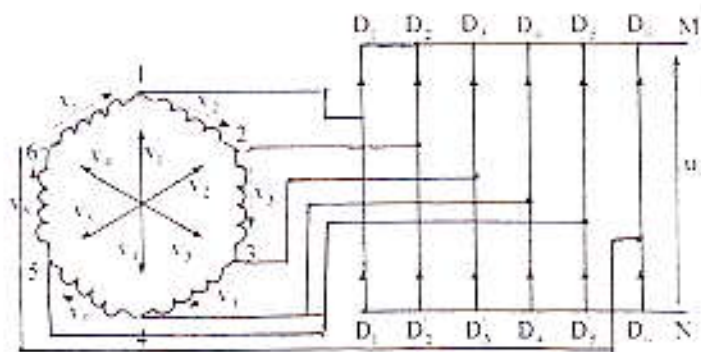
Oleh karena  $(V_M - V_O)_{rata-rata} = V \sqrt{2} \frac{q}{\pi} \text{Sin} \left( \frac{\pi}{q} \right)$

Maka untuk penyearah jembatan berlaku ;

$$U_d = V \sqrt{2} \frac{2q}{\pi} \text{Sin} \left( \frac{\pi}{q} \right) \dots\dots\dots(7)$$

3. *Penyearah dengan suplai terhubung mesh dan dua group komutasi atau 'Penyearah jembatan dengan suplai terhubung mesh'*

Pada penyearah jenis ini, kumparan sekunder transformator terhubung secara mesh yang terdiri dari q sumber tegangan sinusoidal dengan magnitudo yang sama dan berbeda fasa sebesar  $2\pi / q$  derajat listrik. Seperti pada rangkaian penyearah sebelumnya, sejumlah  $2 q$  dioda atau komponen semikonduktor lainnya digunakan. Setiap saat, terminal M terhubung pada puncak poligon paling positif dan terminal N pada puncak poligon paling negatif.



Gambar 8, Penyearah lima phasa jembatan tersuplai mesh

Pada gambar diatas, jika tegangan line to netral  $v_1', v_2', \dots, v_6'$  diacukan ke titik netral imajiner, maka akan terdapat dua group komutasi beroperasi dengan cara yang sama dengan tipe penyearah jembatan sebelumnya. Pada selang waktu  $v_5, v_6$  dan  $v_1$  positif dan  $v_2, v_3$  dan  $v_4$  negatif, maka puncak 1 paling positif dan puncak 4 paling negatif. Pada kondisi ini,  $D_1$  dan  $D_4'$  yang akan konduksi dan tegangan searah rata-rata adalah  $U_d = v_1' - v_4'$ .

Seterusnya, jika  $v_6, v_1$  dan  $v_2$  positif dan  $v_3, v_4$  dan  $v_5$  negatif, kita dapatkan  $v_3 < v_6 < v_1 < v_2 > v_3 > v_4 > v_5 < v_6$ ,  $D_2$  dan  $D_5$  konduksi dan memberikan tegangan  $U_d = v_2 - v_5$ .

Dari hal tersebut, selama periode pertama ( $D_4$  dan  $D_2$  konduksi),  $U_d$  didapatkan :

$$U_d = v_5 + v_6 + v_1 - (v_2 + v_3 + v_4) \text{ dan pada selang kedua,}$$

$$U_d = v_6 + v_1 + v_2 - (v_3 + v_4 + v_5)$$

Tipe penyearah ini tidak beroperasi secara perbandingan ( tegangan mana yang paling positif ) tetapi secara penjumlahan yaitu tegangan searah setiap saat sama dengan penjumlahan tegangan positif atau penjumlahan tegangan negatif dengan tanda berlawanan.

#### b. Hubungan antara jumlah pulsa hasil penyearahan dan jumlah fasa tegangan suplai

Dari gambar gelombang tegangan keluaran sumber AC, juga dari persamaan (7) terlihat bahwa jumlah fasa tegangan AC akan turut berpengaruh terhadap nilai rata-rata keluaran penyearah. Namun disini, perlu diperhatikan jumlah fasa tersebut genap atau ganjil.

Jika  $q$  genap, keluaran tegangan komutasi group dioda ( komponen semikonduktor lainnya ) common anoda akan berimpit dengan keluaran tegangan komutasi group dioda common katoda, sejumlah  $q$  tegangan bolak balik berpasangan sama dan berlawanan. Hasilnya adalah tegangan searah yang dibentuk dari sejumlah  $q$  puncak sinusoidal tiap siklusnya.

Jika  $q$  ganjil, komutasi antar dua group akan saling mengisi satu sama lain. Untuk  $q$  fasa tegangan input akan dihasilkan sejumlah  $2q$  pulsa tegangan searah setia siklusnya.

Jadi, hubungan antara jumlah pulsa tegangan searah dan jumlah fasa suplai dapat dituliskan sebagai berikut ;

$$\begin{aligned} P &= q \text{ jika } q \text{ genap} \\ P &= 2q \text{ jika } q \text{ ganjil} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(9)$$

Dari hal ini diperoleh keuntungan yaitu jika digunakan jumlah fasa ganjil, akan diperoleh penggandaan jumlah pulsa

Berdasarkan persamaan (7) maka untuk sejumlah 9 fasa pada sisi sekunder transformator dan hubungan penyearah jembatan diperoleh nilai rata-rata output penyearahan sebesar

$$U_d = \sqrt{2} \cdot 2,864 V_{Line\ to\ line} \quad \dots\dots\dots(10)$$



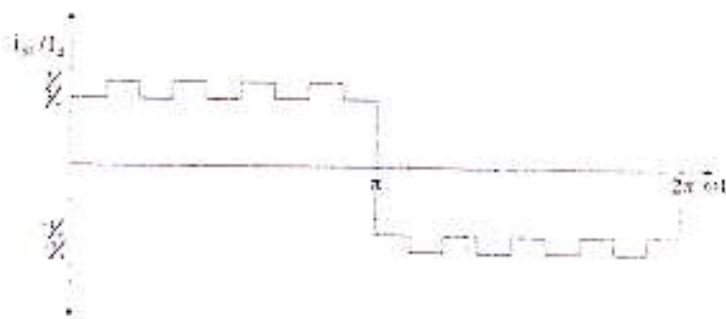
**c. Analisis Arus**

Analisis terhadap arus keluaran pada penyearah multi pulsa dapat dilakukan sebagai berikut ; untuk fasa sekunder berjumlah ganjil, pada interval periode  $0 < \omega t < \pi/q$  terdapat sejumlah  $(q + 1)/2$  tegangan bernilai positif dan  $(q-1)/2$  tegangan bernilai negatif. Kemudian untuk interval  $\pi/q < \omega t < 2\pi/q$  ada sejumlah  $(q + 1)/2$  tegangan bernilai negatif dan  $(q-1)/2$  tegangan bernilai positif. Hal ini terjadi bergantian dalam waktu setengah periode tegangan input primer.

Jika semua impedans yang terhubungan pada setiap fasa adalah sama, maka arus di tiap bagian ini berbanding terbalik dengan jumlah belitan fasa yang membentuknya. Jika besar arus output penyearah adalah  $I_d$  maka selama tiap periode  $2\pi$  yang membentuk satu siklus T, akan ada ;

$$\begin{aligned} \frac{q+1}{2} \text{ kumparan membawa arus } \frac{q-1}{2q} |I_d| \text{ dan} \\ \frac{q-1}{2} \text{ kumparan membawa arus } \frac{q+1}{2q} |I_d| \end{aligned} \dots\dots\dots(11)$$

Dengan simulasi hal ini ditunjukkan pada gambar berikut ini ;

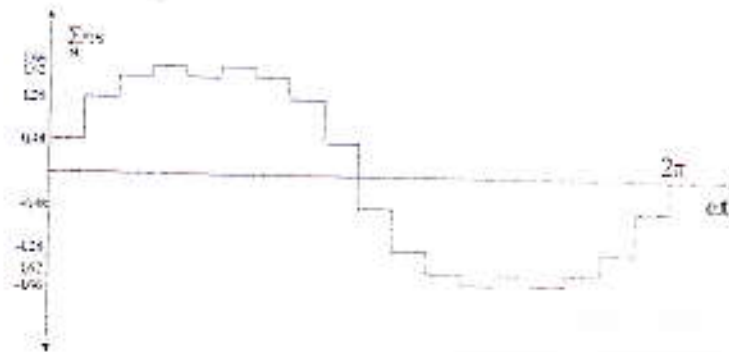


Gambar 9, Arus pada salah satu belitan pada sisi sekunder

Untuk bagian primer transformator, arus yang mengalir pada satu fasa (ditunjukkan oleh belitan yang terlilit pada satu kaki transformator) sebanding dengan penjumlahan (ampere turns ; NI ) arus yang mengalir pada belitan sekunder pada kaki yang sama, jadi secara matematis dituliskan dengan

$$\sum_{N'} n_s i_s \text{ untuk setiap interval selama waktu } 2\pi/18. \dots\dots\dots(12)$$

Besarnya nilai arus pada masing-masing *ampere-turn* dari belitan sekunder sebagaimana ditunjukkan pada persamaan (11) memiliki nilai sesaat yang berbeda. Penjumlahannya menghasilkan bentuk gelombang resultan nilai sesaat arus pada sisi sekunder. Bentuk arus inilah yang ditarik secara induksi pada sisi primer transformator.



Gambar 10. Penjumlahan Ampere turn sekunder yang sama dengan arus pada sisi primer

Dengan demikian, oleh karena arus pada sisi primer sebanding dengan arus pada sisi sekunder dengan rasio  $1/a$ , maka bentuk arus pada satu fasa di sisi primer akan identik dengan penjumlahan ampere turn pada belitan sekunder. Namun perlu dicatat hal ini hanya berlaku jika konfigurasi belitan pada sisi primer terhubung secara bintang. Untuk konfigurasi primer secara delta, maka arus saluran primer merupakan selisih antara arus – arus fasa.

#### d. Distorsi Harmonisa Arus pada sisi primer

Gangguan harmonisa pada rangkaian daya di ukur dengan besaran THD ( total harmonic distortion ), yaitu perbandingan bentuk gelombang terdistorsi terhadap bentuk gelombang dasarnya. THD dapat diukur pada besaran arus maupun besaran tegangan. Pada penelitian ini, THD diukur pada besaran arus khususnya pada sisi primer transformator penyearah.

Secara matematis, THD arus dituliskan dengan :

$$THD_i = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \left( \frac{I_{pn}}{I_{p1}} \right)^2} \quad \dots\dots\dots(13)$$

Dalam analisis harmonik penelitian ini, arus diasumsikan merupakan fungsi bernilai konstan pada nilai tertentu dan pada selang tertentu, jadi  $i_{it}(t) = I_d$  (konstan).

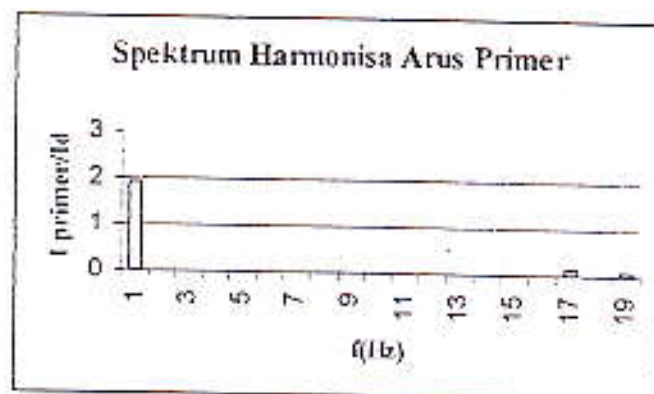
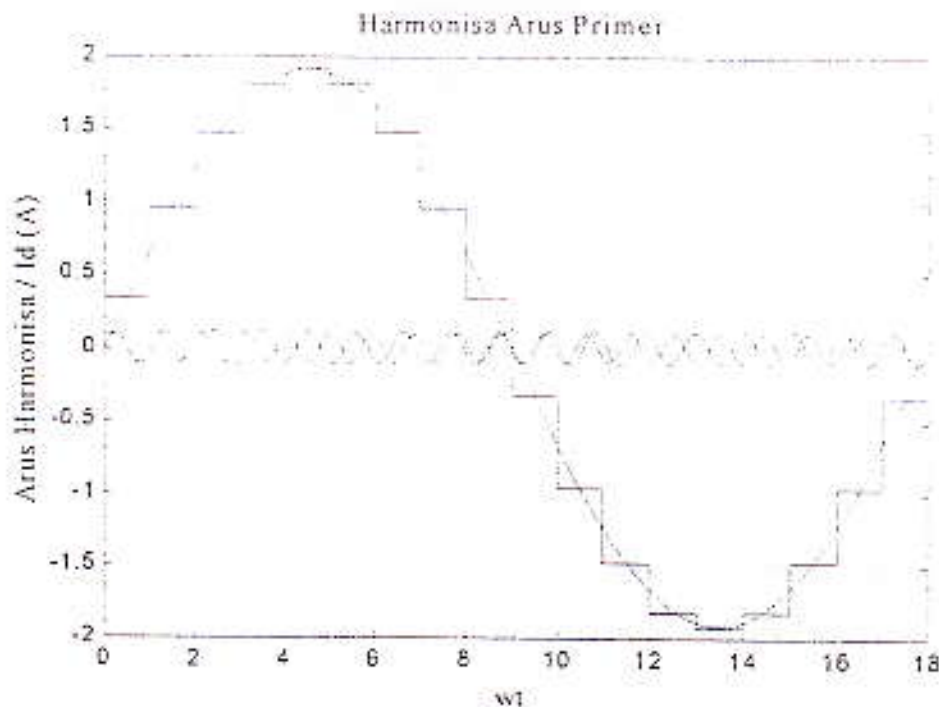
Selanjutnya besaran masing-masing harmonisa dari gelombang arus primer diuraikan dalam deret fourier berikut :

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(t) d(\omega t) \\ a_k &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \text{Cos}(k \omega t) d(\omega t) \\ b_k &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \text{Sin}(k \omega t) d(\omega t) \quad \dots\dots\dots(14) \end{aligned}$$

Oleh karena gelombang harmonik arus primer berbentuk sinusoidal maka unsur  $a_0 = 0$  dan juga merupakan fungsi ganjil maka  $a_k = 0$ , sehingga yang tersisa adalah unsur  $b_k$  dari komponen deret fourier.

Dalam penelitian ini, analisis harmonaik arus sekunder dilakukan untuk hubungan belitan secara bintang ditanahkan maupun tidak ditanahkan dan untuk hubungan delta.

Gambar 11 berikut adalah hasil simulasi harmonisa arus pada sisi input primer transformator penyearah, juga diperlihatkan spektrum frekwensi harmonisa yang dihasilkan oleh tipe penyearah ini. Terlihat bahwa harmonisa yang muncul adalah orde harmonisa tinggi ; 17 dan 19.



Gambar 11, Hasil simulasi harmonisa arus pada sisi primer trafo penyearah dan spektrum harmonisanya

#### 4. Rating VA transformator Penyearah

Rating VA transformator merupakan ukuran kemampuan transformator menahan tegangan dan menarik arus. Hal ini terkait dengan besarnya kawat konduktor dan jumlah lilitan kumparan yang membentuknya. Berikut ini adalah hasil analisis VA rating sisi primer baik dengan hubungan delta maupun bintang dan VA belitan sekunder.

Hubungan bintang 
$$(VA)_p = \frac{3}{\sqrt{3}} \left( \frac{n_1}{n_2} \right) V \times 1,38 \left( \frac{n_2}{n_1} \right) I_d \dots\dots\dots(15)$$

sedang untuk hubungan delta adalah sebagai berikut :

$$(VA)_p = 3 \left( \frac{n_1}{n_2} \right) V \times 1,38 \left( \frac{n_2}{n_1} \right) I_d \dots\dots\dots(16)$$

Dalam perhitungan VA rating, selain melibatkan faktor perkalian tegangan dan arus, juga perlu diperhitungkan faktor penggunaan belitan sekunder (*The Secondary turns Utilization Factor, tuf*) yaitu perbandingan antara tegangan yang melintasi kumparan sekunder terhadap tegangan yang diinduksikan pada tegangan sekunder.

Jadi,

$$tuf = \frac{\text{jumlah kumparan terpakai}}{\text{jumlah kumparan tersedia}} \dots\dots\dots(17)$$

Untuk penyearah delapan belas pulsa yang disuplai oleh trafo 3 fasa- 9 fasa ini, nilai tuf adalah sebesar 0,916.

Nilai tuf ini berarti bahwa tidak semua tegangan yang terinduksi pada kumparan sekunder dimanfaatkan menjadi tegangan terminal pada masing-masing belitan fasa sekunder trafo. Dengan demikian VA sesungguhnya untuk belitan sekunder adalah

$$(VA)_s = \frac{U_d I_d}{0,916} \dots\dots\dots(18)$$

#### 5. Kesimpulan

Dari analisis dan simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut

1. Metode multi pulsa pada proses penyearahana terbukti dapat memperbaiki kualitas penyearah, hal ini dapat dilihat dari bentuk gelombang arus input yang menghampiri sinusoidal dan nilai THD arus input penyearah yang relatif lebih kecil

2. Penggunaan sejumlah kumparan dengan jumlah lilitan tertentu pada sisi sekunder transformator memungkinkan untuk memperoleh jumlah fasa yang lebih banyak
3. Penggunaan transformator untuk penyearah multiphase ( 18 pulsa ) akan lebih efektif jika dibandingkan apabila trafo tersebut digunakan pada penyearah dengan jumlah pulsa lebih sedikit
4. Konfigurasi penyearah yang diusulkan dalam penelitian ini cukup memadai untuk dapat direalisasikan

### Ucapan Terima kasih

Pada kesempatan ini, rasa terima kasih disampaikan kepada Bapak Prof. DR. Dayar Arbain selaku Ketua Lembaga Penelitian Universitas Andalas atas segala dukungan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

### Referensi

- [1] Derek, A.P., *Power Electronic Converter Harmonics*, IEEE Transaction on Industrial Application, 1997
- [2] Dugan, F.McGranaghan, Beaty., *Electrical Power Systems Quality*, McGraw-Hill 1996
- [3] Guy Seguer, *Power Electronics Converter, AC-DC Conversion*, North Oxford Academic Publishers Ltd, 1986
- [4] Hamid, M.J., *Analisis Topologi Induktor Interfasa untuk Paralisis Penyearah Arus Tinggi Tegangan Rendah*, Tesis Magister Institut Teknologi Bandung, 2001
- [5] Hazel.P.A., Flower.J.O., *Theoretical Analisis of Harmonic Instability in AC-DC Conversion*, IEEE proceeding 1998
- [6] In Gyu Park dan Seon Ik Kim, *Modeling and Analysis of Multi-interphase Transformer for Connecting Power Converters in Paralel*, IEEE 1997
- [7] Martinus.S, Dahono,P.A.,Nafward,M.H. *Penyearah Delapan Belas Pulsa*, WECCI-III Proceeding, Maret 1999
- [8] Rashid, M.H., *Power Electronics: Circuits, Devices, and Application*, Prentice-Hall Inc, London, 1988
- [9] Riyadi,S. dan Dahono, P.A., *Analisis Riak Arus dan Tegangan Keluaran Chopper Tiga Fasa yang dilengkapi Tapis LC*, WECCI – III Proceeding, 1999
- [10] Teguh Handoyo, *Penyearah Arus Tinggi Tegangan Rendah*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, ITB, 1999
- [11] Yasin,R. *Suatu Metode meningkatkan Kinerja Chopper Dua Fasa*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, ITB, 2000
- [12] Zargari. N.R., Ziogas. P.D. *Input Filter Design for PWM Current Source Rectifiers*, IEEE Transaction on Industrial Application Vol 30. No.6 Nov / Dec 1994

## Personalia Peneliti

### 1. Peneliti Utama

Nama : Muhammad Imran Hamid, S.T., M.T. (Ketua)  
Tempat/Tanggal Lahir : Bulukumba / 28 Maret 1971  
Pangkat/Golongan : Ahli Madya / IIIa  
Pekerjaan : Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik UNAND  
Jabatan : Ketua Peneliti

### 2. Anggota

Nama : Afris Sofandi  
Pekerjaan : Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik UNAND  
Jabatan : Anggota Peneliti

### 3. Pembimbing

Nama : Ir. Refdinal Nazir, MSEE., PhD.  
Tempat/Tanggal Lahir : Padang / 28 September 1958  
Pangkat/Golongan : Penata Tk. 1 / IIIa  
Pekerjaan : Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik UNAND  
Jabatan : Pembimbing