



Desain Transformator Multi-Fasa Menggunakan Simulasi Matlab/Simulink

Antonov Bachtiar*, Anggun Anugrah, Rangga Fernando

Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang, Indonesia
E-mail: antonov_bach@yahoo.com

Informasi Artikel

Diserahkan tanggal:

8 Januari 2021

Direvisi tanggal:

18 Januari 2021

Diterima tanggal:

25 Januari 2021

Dipublikasikan tanggal:

31 Januari 2021

Digital Object Identifier:

10.21063/JTE.2021.31331008



Abstrak

Pemanfaatan listrik menggunakan sistem tiga fasa efisiensinya jauh lebih tinggi dari sistem satu fasa. Performa mesin-mesin listrik yang menggunakan sistem tiga fasa jauh lebih bagus dari performa mesin-mesin listrik satu fasa. Keandalan mesin listrik yang beroperasi pada sistem tiga fasa jauh lebih handal dari mesin-mesin listrik yang beroperasi pada sistem satu fasa. Jadi dengan demikian, pengoperasian mesin-mesin listrik akan lebih efisien, lebih tinggi performanya dan lebih handal jika sistem listrik yang digunakan jumlah fasanya lebih banyak (multi-fasa). Untuk itulah karya tulis ini mengakat topik transformator multi-fasa untuk menguji hipotesa tersebut dengan cara melakukan pengujian melalui software MATLAB/SIMULINK kemudian divalidasi dengan eksperimen di laboratorium. Pengujian menggunakan simulink ini meliputi pengujian rangkaian transformator dari sistem 3 fasa menjadi 9 fasa, baik menggunakan center tap maupun tidak menggunakan center tap. Harapan penulis hasil simulasi dapat divalidasi melalui pengujian eksperimen yang akan menunjukkan sistem multi-fasa lebih efisien, handal dan punya performa yang lebih tinggi dari sistem satu fasa atau sistem tiga fasa.

Kata kunci: transformator multiphase, efisien, matlab, simulink

1. PENDAHULUAN

Trafo adalah perangkat statis yang mentransfer daya listrik dari satu rangkaian ke sirkuit lainnya tanpa perubahan frekuensi. Basis fisik transformator adalah induksi timbal balik antara dua sirkuit yang dihubungkan oleh fluks magnet yang sama. Ini sering digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan dan juga untuk transformasi impedansi. Transformer dapat diklasifikasikan ke dalam berbagai jenis (step up, step down dan matching transformers) sesuai dengan rasio jumlah belitan dalam gulungan (putaran rasio) [1]. Mesin tiga fase standar digunakan secara luas karena dapat langsung disuplai dari induk tiga fase atau melalui konverter daya DC-AC tiga fase.

Dalam aplikasi daya dan keselamatan yang sangat penting, mesin multifasa yang diawali dari inverter multifasa telah diakui sebagai pesaing serius bagi drive tiga fase yang ada, memperkenalkan konverter daya yang lebih kompleks [2]. Dalam hal transmisi daya, sistem multifase mampu mentransmisikan arus fasa lebih rendah dibandingkan dengan sistem fase tunggal sehingga meningkatkan efisiensi transmisi [3]. Dalam perkembangan mesin-mesin listrik juga telah banyak diteliti tentang pengembangan bentuk kumparan motor induksi baik dalam bentuk sistem pengoperasian mesin [4]-[5] maupun dalam pengembangan bentuk kumparan motor induksi satu fase yang hanya terdiri dari dua kumparan dirubah menjadi tiga dan empat kumparan sehingga motor ini mempunyai kinerja yang lebih baik dari motor induksi konvensional [6]-[7]-[8].

Dalam hal pengembangan kumparan transformator juga telah dikembangkan dari tiga fase menjadi lima fase dan tujuh fase hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan efisiensi yang lebih baik pada transformator, dengan simulasi banyak kumparan / fase dapat meningkatkan kinerja transformator.

2. TRANSFORMATOR

Transformator atau sering disebut dengan istilah Trafo adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah taraf suatu tegangan AC ke taraf yang lain. Maksud dari perubahan taraf tersebut diantaranya seperti untuk menurunkan Tegangan AC dari 220VAC ke 12 VAC ataupun menaikkan Tegangan dari 110VAC ke

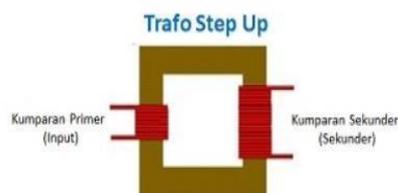
220 VAC. Transformator atau Trafo ini bekerja mengikuti prinsip Induksi Elektromagnet dan hanya dapat bekerja pada tegangan yang berarus bolak balik (AC). Trafo memegang peranan yang sangat penting untuk pendistribusian tenaga listrik.

2.1. Jenis transformator

Berdasarkan penjelasan gambar diatas, jenis – jenis transformator dibagi menjadi dua yaitu transformator step up dan step down, untuk lebih jelas dengan jenis – jenis nya seperti penjelasan di bawah ini.

2.1.1. Transformator step up

Trafo Step Up ialah Trafo yang berfungsi untuk menaikkan level tegangan AC atau taraf dari rendah ke taraf yang lebih tinggi. Komponen tegangan sekunder dijadikan tegangan Output yang lebih tinggi yakni dapat ditingkatkan dengan cara memperbanyak lilitan di kumparan sekundernya sehingga jumlah lilitan kumparan primer lebih sedikit. Trafo step up ini digunakan sebagai penghubung trafo generator ke grid di dalam tegangan listrik.



Gambar 1. Lilitan transformator step-up

2.1.2. Transformator step down

Trafo Step Down ialah Trafo yang berfungsi menurunkan taraf level tegangan AC dari taraf yang tinggi ke rendah. Pada Trafo jenis ini, Rasio untuk jumlah lilitan pada kumparan primer lebih banyak daripada jumlah lilitan pada kumparan yang sekunder. Trafo step down digunakan untuk mengubah tegangan grid yang tinggi menjadi yang lebih rendah dimana dapat digunakan untuk peralatan rumah tangga.



Gambar 2. Lilitan transformator step down

2.2. Bagian utama transformator

2.2.1. Inti besi

Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluks, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempengan- lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh arus pusar atau arus eddy (eddy current).

2.2.2. Kumparan transformator

Beberapa lilitan kawat berisolasi membentuk suatu kumparan, dan kumparan tersebut diisolasi, baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain dengan menggunakan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain- lain. Pada transformator terdapat kumparan primer dan kumparan sekunder. Jika kumparan primer dihubungkan dengan tegangan/ arus bolak-balik maka pada kumparan tersebut timbul fluks yang menimbulkan induksi tegangan, bila pada rangkaian sekunder ditutup (rangkain beban) maka mengalir arus pada kumparan tersebut, sehingga kumparan ini berfungsi sebagai alat transformasi tegangan dan arus.

2.2.3. Minyak transformator

Sebagian besar dari transformator tenaga memiliki kumparan-kumparan yang intinya direndam dalam minyak transformator, terutama pada transformator-transformator tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak transformator mempunyai sifat sebagai media pemindah panas (disirkulasi) dan juga berfungsi pula sebagai isolasi (memiliki daya tegangan tembus tinggi) sehingga berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi. Minyak transformator harus memenuhi persyaratan, yaitu:

1. Kekuatan isolasi tinggi
2. Penyalur panas yang baik, berat jenis yang kecil, sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat
3. Iskositas yang rendah, agar lebih mudah bersirkulasi dan memiliki kemampuan pendinginan menjadi lebih baik
4. Titik nyala yang tinggi dan tidak mudah menguap yang dapat menimbulkan bahaya
5. Tidak merusak bahan isolasi padat
6. Sifat kimia yang stabil

2.2.4. Bushing

Hubungan antara kumparan transformator ke jaringan luar melalui sebuah bushing, yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki transformator.

2.2.5. Tangki dan konservator

Pada umumnya bagian-bagian dari transformator yang terendam minyak transformator berada atau (ditempatkan) di dalam tangki. Untuk menampung pemuaiannya pada minyak transformator, pada tangki dilengkapi dengan sebuah konservator

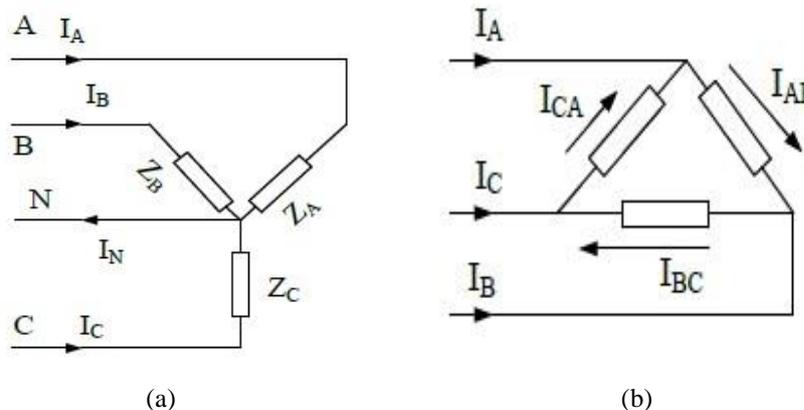
2.3. Hubungan belitan transformator

2.3.1. Hubungan bintang (Y)

Hubungan bintang ialah hubungan transformator tiga fasa, dimana ujung-ujung awal atau akhir lilitan disatukan. Titik dimana tempat penyatuan dari ujung-ujung lilitan merupakan titik netral. Arus transformator tiga fasa dengan kumparan yang dihubungkan bintang yaitu; I_A , I_B , I_C masing-masing berbeda 120° .

2.3.2. Hubungan segi tiga (Δ)

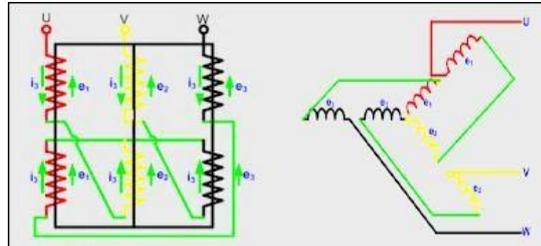
Hubungan segitiga adalah suatu hubungan transformator tiga fasa, dimana cara penyambungannya ialah ujung akhir lilitan fasa pertama disambung dengan ujung mula lilitan fasa kedua, akhir fasa kedua dengan ujung mula fasa ketiga dan akhir fasa ketiga dengan ujung mula fasa pertama. Tegangan transformator tiga fasa dengan kumparan yang dihubungkan segitiga yaitu; V_A , V_B , V_C masing-masing berbeda 120° . Transformator tiga fasa hubungan segitiga/delta.



Gambar 3. Transformator tiga fasa dengan, (a) hubungan bintang; (b) hubungan segitiga

2.3.3. Hubungan zigzag

Transformator zig-zag merupakan transformator dengan tujuan khusus. Salah satu aplikasinya adalah menyediakan titik netral untuk sistem listrik yang tidak memiliki titik netral. Pada transformator zig-zag masing-masing lilitan tiga fasa dibagi menjadi dua bagian dan masing-masing dihubungkan pada kaki yang berlainan.



Gambar 4. Rangkaian hubungan zigzag

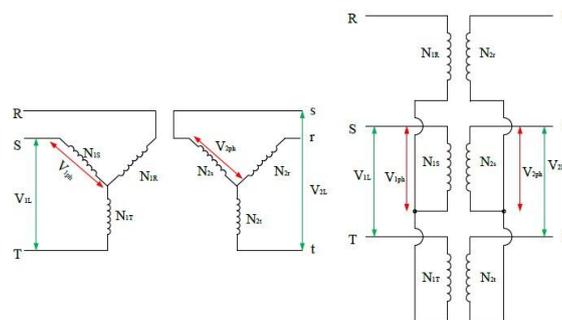
2.3.4. Hubungan wye-wye (Y-Y)

Pada hubungan bintang-bintang, rasio tegangan fasa-fasa (L-L) pada primer dan sekunder adalah sama dengan rasio setiap trafo. Sehingga, terjadi pergeseran fasa sebesar 30° antara tegangan fasa-netral (L-N) dan tegangan fasa-fasa (L-L) pada sisi primer dan sekundernya. Hubungan bintang-bintang ini akan sangat baik hanya jika pada kondisi beban seimbang. Karena, pada kondisi beban seimbang menyebabkan arus netral (IN) akan sama dengan nol. Dan apabila terjadi kondisi tidak seimbang maka akan ada arus netral yang kemudian dapat menyebabkan timbulnya rugi-rugi.

$$V_{phP} = \frac{V_{LP}}{\sqrt{3}} \tag{1}$$

Tegangan phasa primer sebanding dengan tegangan phasa sekunder dan perbandingan belitan transformator maka, perbandingan antara tegangan primer dengan tegangan sekunder pada transformator hubungan Y-Y adalah:

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{\sqrt{3}V_{phP}}{\sqrt{3}V_{phS}} = a \tag{2}$$



Gambar 5. Rangkaian hubungan Wye-Wye

2.3.5. Hubungan wye-delta (Y-Δ)

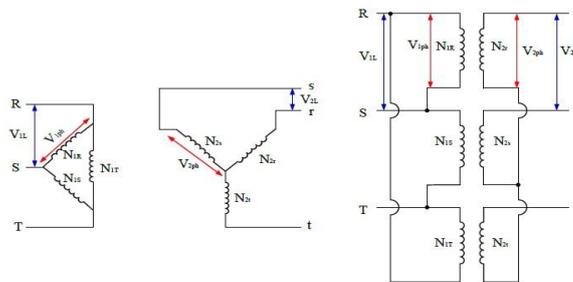
Transformator hubungan Y-Δ, digunakan pada saluran transmisi sebagai penurun tegangan. Rasio antara sekunder dan primer tegangan fasa-fasa adalah 1/√3 kali rasio setiap trafo. Terjadi sudut 30° antara tegangan fasa-fasa antara primer dan sekunder yang berarti bahwa trafo Y-Δ tidak bisa diparalelkan dengan trafo Y-Y atau trafo Δ-Δ. Pada hubungan ini tegangan kawat ke kawat primer sebanding dengan tegangan phasa primer (VLP=√3VPhP), dan tegangan kawat ke kawat sekunder sama dengan tegangan phasa (VLS=VphS), sehingga diperoleh perbandingan tegangan pada hubungan Y-Δ adalah:

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{\sqrt{3}V_{phP}}{V_{phS}} = \sqrt{3}a \tag{3}$$

2.3.6. Hubungan Delta-Delta (Δ -Y)

Transformator hubungan Δ -Y, digunakan untuk menaikkan tegangan, transformator pada hubungan Δ -Y tegangan kawat ke kawat primer sama dengan tegangan fase primer ($V_{LP}=V_{phP}$), dan tegangan sisi sekundernya ($V_{LS}=\sqrt{3}V_{phS}$), maka perbandingan tegangan pada hubungan Δ -Y adalah:

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{phP}}{\sqrt{3}V_{phS}} = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (4)$$



Gambar 6. Rangkaian hubungan Delta-Wye

2.3.7. Hubungan Delta-Delta (Δ - Δ)

Pada transformator hubungan Δ - Δ , tegangan kawat ke kawat dan tegangan fase sama untuk sisi primer dan sekunder transformator ($V_{RS} = V_{ST} = V_{TR} = V_{LN}$), maka perbandingan tegangannya adalah:

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{phP}}{V_{phS}} = a \quad (5)$$

2.4. Transformator Multi-Fasa

Masing-masing dari saluran listrik tiga fase konvensional memiliki tegangan yang sama tetapi memiliki pergeseran fase 0° , 120° dan 240° . Dari tiga fase utama ini kita dapat menghasilkan 9 fase dengan tegangan yang sama tetapi dengan pergeseran fase 40° dari satu sama lain (0° , 40° , 80° , 120° , 160° , 200° , 240° , 280° , 320°) [1]. Untuk melakukan ini, kita harus menambahkan kombinasi voltase dari tiga fase utama, satu sama lain. Misalnya, untuk menghasilkan tegangan yang fase nya bergeser 40° dengan rumus sebagai berikut

$$V_A = V_{(0^\circ)} = V_{max} \cdot \sin(\omega t + 0^\circ) \quad (6)$$

$$V_B = V_{(40^\circ)} = V_{max} \cdot \sin(\omega t + 40^\circ) \quad (7)$$

$$V_C = V_{(80^\circ)} = V_{max} \cdot \sin(\omega t + 80^\circ) \quad (8)$$

$$V_D = V_{(120^\circ)} = V_{max} \cdot \sin(\omega t + 120^\circ) \quad (9)$$

$$V_E = V_{(160^\circ)} = V_{max} \cdot \sin(\omega t + 160^\circ) \quad (10)$$

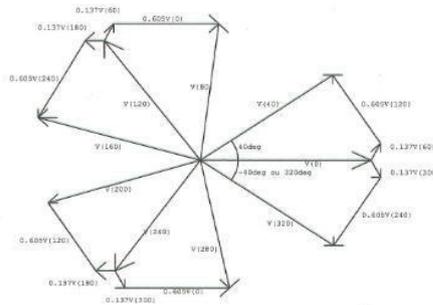
$$V_F = V_{(200^\circ)} = V_{max} \cdot \sin(\omega t + 200^\circ) \quad (11)$$

$$V_G = V_{(240^\circ)} = V_{max} \cdot \sin(\omega t + 240^\circ) \quad (12)$$

$$V_H = V_{(280^\circ)} = V_{max} \cdot \sin(\omega t + 280^\circ) \quad (13)$$

$$V_I = V_{(320^\circ)} = V_{max} \cdot \sin(\omega t + 320^\circ) \quad (14)$$

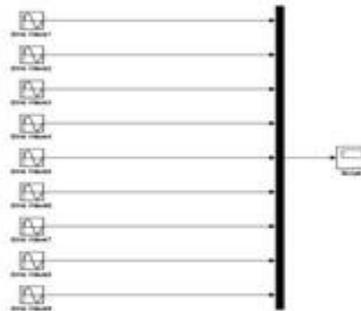
Dimana : V_{max} = Tegangan maksimum sinusoidal



Gambar 7. Diagram fasor transformator multifase 3/9 AC.

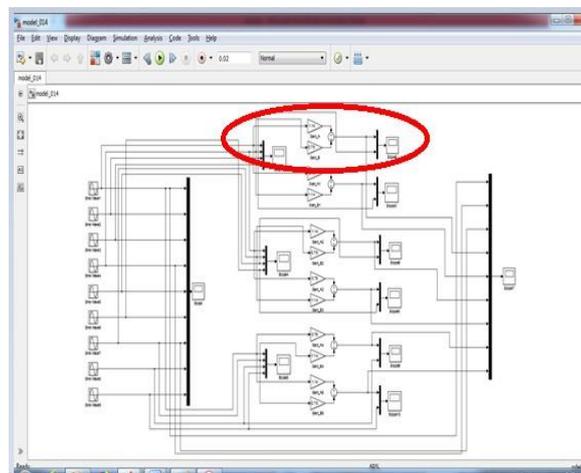
2.4.1. Model referensi 9 fase

Untuk pemodelan transformator sembilan fase dapat dimodelkan dari pengembangan satu fase ke tiga fase, maka peneliti mengambil referensi pada pengembangan fase tersebut dan peneliti akan memodelkan transformator multiphase dengan input tiga fase R 0°, S 120°, T 240°, dan output yang dihasilkan adalah fase A 40°, B 80°, C 120°, D 160°, E 200°, F 240°, G 280°, H 320°, I 360°. Setelah mengetahui sudut antar fase, maka peneliti memodelkan dalam pemodelan simulink sebagai referensi transformator multiphase



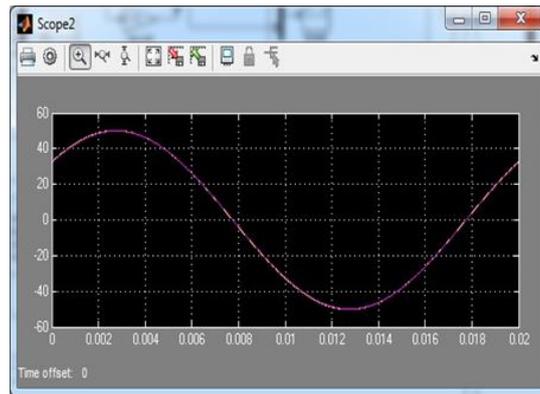
Gambar 8. Pemodelan sumber 9 fase

2.4.2. Model penjumlahan antar fasa



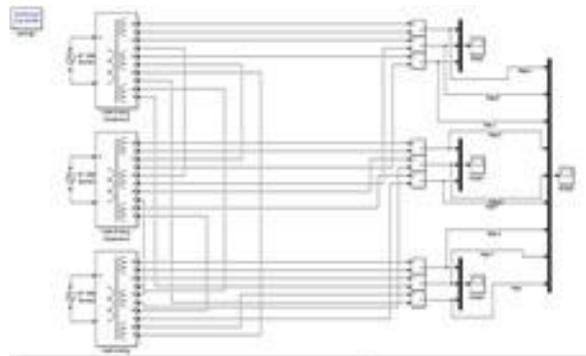
Gambar 9. Penjumlahan antar fasa

Dari pemodelan perbandingan sine wave dengan penjumlahan antar fase, fase S, dan fase T, maka didapatkan gelombang yang berdempet dengan sudut 40 dari model sine wave sembilan fase. Untuk hasil gelombang yang berdempet dapat dilihat pada gambar berikut:



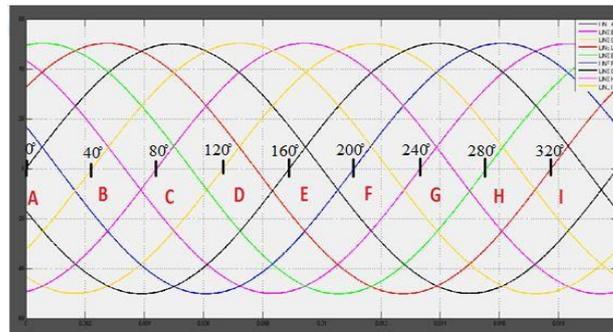
Gambar 10. Gelombang Perbandingan Penjumlahan antar fasa

2.4.3. Pemodelan 9 fasa



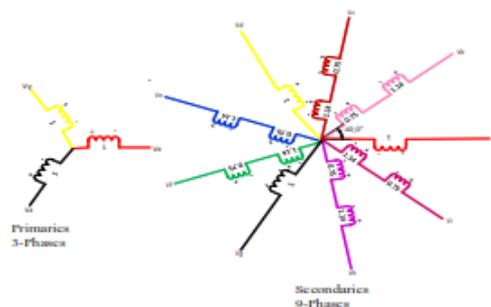
Gambar 11. Pemodelan 9 fasa

Setelah pemodelan transformator sembilan fasa dimodelkan maka hasil gelombang sinusoidal yang dipat adalah sembilan gelombang dengan sudut fasa yang berbeda, dan hasil gelombang sinusoidal yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 12. hasil gelombang pemodelan 9 phasa

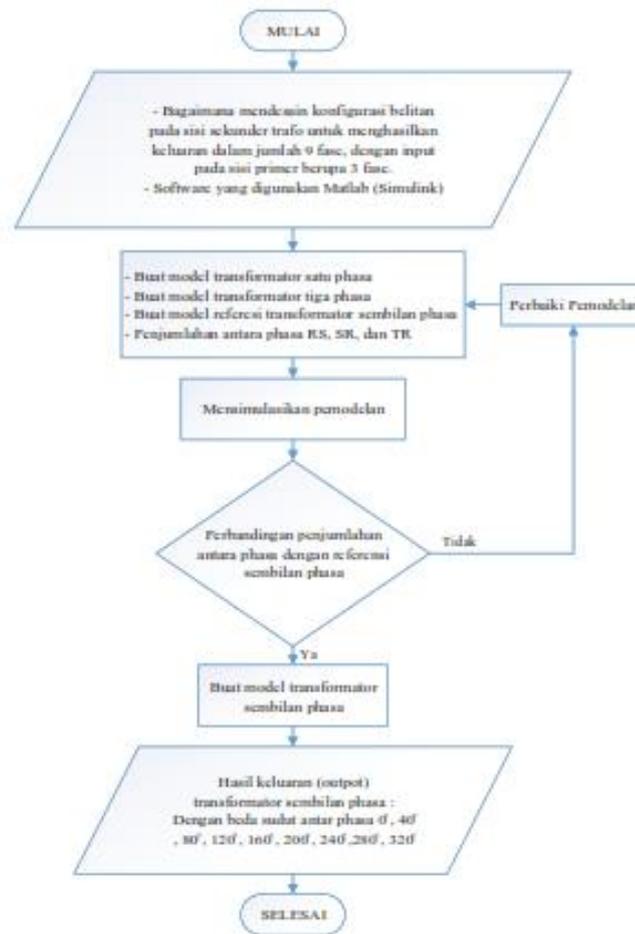
Setelah pemodelan selesai dan hasil gelombang fasa didapatkan perbedaan sudut 40 maka pemodelan tersebut digambarkan dalam bentuk belitan transformator



Gambar 13. Belitan transformator 9 fasa

3. METODOLOGI

Dalam pelaksanaan Penelitian ini, dimana penelitian ini melalui beberapa tahap pengerjaan seperti yang ditunjukkan pada flowchart berikut.



Gambar 14. Flowchart desain transformator 9 phase

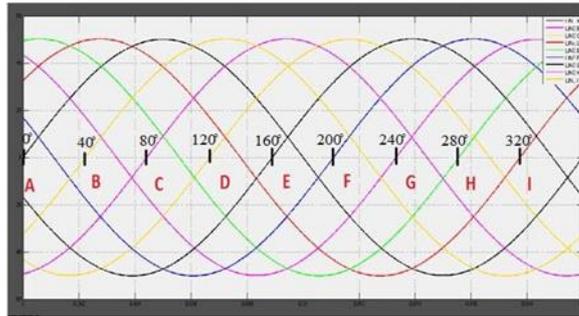
4. PEMBAHASAN

Untuk melengkapi data yang dibutuhkan dalam melakukan analisa pada penelitian ini maka dibutuhkan data-data sesuai dengan tujuan penelitian. adapun data tersebut diambil sesuai dengan aplikasi penelitian dan panduan beberapa jurnal.

4.1. Analisa perhitungan

Dari pemodelan transformator tiga fase dapat dihasilkan menjadi sembilan fase dengan cara penjumlahan antar fase dan dibandingkan dengan referensi pemodelan sumber sembilan fase, maka penjumlahan dapat dilakukan :

1. Fase A = fase R (sudut 0^0)
2. Fase B = $1.14 \times Va - 0.75 \times Vd$ (sudut 40^0)
3. Fase C = $0.75 \times Va + 1.14 \times Vd$ (sudut 80^0)
4. FaseD = fase S (sudut 120^0)
5. Fase E = $1.14 \times Vd + 0.75 \times Vg$ (sudut 160^0)
6. Fase F = $0.75 \times Vd + 1.14 \times Vg$ (sudut 200^0)
7. Fase G = fase T (sudut 240^0)
8. Fase H = $1.14 \times Vg + 0.75 \times Va$ (sudut 280^0)
9. Fase I = $0.75 \times Vg + 1.14 \times Va$ (sudut 320^0)



Gambar 15. hasil gelombang dari keluaran 9 fasa

4.2. Analisa pemodelan 9 fasa

Desain transformator yang telah dilakukan dalam penelitian ini dapat di analisa dari hasil gelombang sinusoidal yang di dihasilkan dari beberapa model yang dicobakan.

1. Model yang pertama telah dicobakan untuk mencari pemodelan tegangan sumber satu fase dari PLN dan hasil yang dapat yaitu satu gelombang dengan sudut fase 0^0 .
2. Model yang kedua telah dicobakan untuk memodelkan transformator satu fase untuk mengetahui hasil yang didapatkan agar sesuai dengan pemodelan sumber tegangan dari PLN, setelah hasil pemodelan kedua sama dengan pemodelan yang pertama maka peneliti bisa menganalisa bahwa pemodelan menggunakan software bisa digunakan untuk pemodelan selanjutnya.
3. Model yang ketiga yaitu pengembangan dari pemodelan satu fase menjadi tiga fase yang mana, input dari sumber satu fase $360^0/1$ dan output yang dihasilkan $360^0/3$. adu hasil yang didapat dari pemodelan tiga fase yaitu output keluaran yang dihasilkan dengan sudut fase $360^0/3$ sudut fase R 0^0 , sudut fase S 120^0 , dan sudut fase T 240^0 .
4. Model yang ditujukan untuk penelitian ini adalah pemodelan transformator multiphase dengan input tiga fase dan output sembilan fase, dari hasil pemodelan transformator tiga fassa peneliti bisa memodelkan untuk pemodelan transformator sembilan fase dengan input tiga fase $360^0/3$ sudut fase R 0^0 , sudut fase S 120^0 , sudut fase T 240^0 dengan cara penjumlahan antar fase dan dibandingkan dengan referensi sumber sembilan fase untuk pengisian parameter pada komponen transformer dan dirangkai sesuai dengan langkah penjumlahan antar fase sehingga didapatkan output yang dihasilkan yaitu sembilan fase $360^0/9$ dengan pergeseran sudut antara (40^0) yang mana sudut fase A 40^0 , sudut fase B 80^0 , sudut fase C 120^0 , sudut fase D 160^0 , sudut fase E 200^0 , sudut fase F 240^0 , sudut fase G 280^0 , sudut fase H 320^0 , sudut fase I 360^0

5. KESIMPULAN

Berdasarkan desain mengenai konfigurasi belitan pada sisi sekunder transformator untuk menghasilkan keluaran dalam jumlah Sembilan fase dengan input tiga fase dapat dihasilkan menggunakan simulasi matlab dengan beberapa pemodelan. Pemodelan yang dilakukan dimulai dari pemodelan transformator tiga fase, dari pemodelan tiga fase dilakukan penjumlahan antar fase untuk mendapatkan sudut fase 40^0 dan hasil penjumlahan dimodelkan menjadi pemodelan transformator sembilan fase sehingga dapat dihasilkan sembilan fase di sisi sekunder dengan perbandingan sudut fase A 0^0 , sudut fase B 40^0 , sudut fase C 80^0 , sudut fase D 120^0 , sudut fase E 160^0 , sudut fase F 200^0 sudut fase G 240^0 , sudut fase H 280^0 , sudut fase I 320^0 .

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. Hoteit and G.Hamidovich, " Power Conversion System Using 3 / 9 Multiphase Transformer," vol. 9, no. 4, pp. 67–70, 2012.
- [2]. A. S. Abdel-Khalik and . Iserougi, " Scott Connection - Based Three - Phase to Five Phase Power Transformer," pp. 2559–2564.
- [3]. N. A. Mohd Yusoff, K. A. Karim, S. A.Ghani, F. Patkar, S. A. Ahmad Tarusan, and . idin, " nalysis of multiphase transformer supplying a static and dynamic load," *ARNP J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 14, pp. 8987–8991, 2016.
- [4]. Z. Anthony *et al.*, "Model angkaian Ekivalen Motor Induksi 3-Fasa Saat Beroperasi pada Sistem 1- asa," pp. 29–30, 2015.

- [5] Z. nthony and . rhaneli, “ isain aru Bentuk Lilitan Kumparan Motor Induksi 1-fasa Berbasis Bentuk Lilitan Motor Induksi 3-fasa,” pp. 245–249, 2017.
- [6] Z. nthony and . rhaneli, “ esain Lilitan Motor Induksi 1-Fasa dengan 4 Kumparan yang Tidak Identik Sama (Studi,” vol. 12, no. 2, pp. 89–92, 2018.
- [7] Z. Anthony, E. Erhaneli, and Z. Zulkarnaini, “Windings esign for Single-phase Induction Motors Base on 4- phase nduction Motor (ase study : identical windings design),” vol. 01023, pp. 1–4, 2018.
- [8] Z. nthony, “Kajian Pengembangan Lilitan Motor Induksi 1-Fasa Dengan Bentuk Lilitan 4 Fasa (Studi Kasus: Daya Keluaran dan aktor aya),” *Tek. Elektro ITP*, vol. 7, no. 2, pp. 95–100, 2018
- [9] S. Moinoddin, A. Iqbal, H. Abu-Rub, M. Rizwan Khan, and S. Moin Ahmed, “Three-phase to seven-phase power converting transformer,” *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 27, no. 3, pp. 757–766, 2012
- [10] B. Jyothi, M. V. G. Rao, and S. P. Karthikeyan, “ xperimental investigation of multiphase transformer fed induction motor,” *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf Proceedings/TENCON*, pp. 3095–3100, 2017
- [11] A. Franager, B. Anto, and D. Y. Sukma, “Perancangan Transformator Satu asa Dan Tiga Fasa Menggunakan Perangkat Lunak Komputer,” *J. Komput. Akunt. dan Audit*, vol. 23, no. 45, pp. 5–24, 2016