

## PENGUJIAN JAM VEKTOR HUBUNGAN ZIG-ZAG TRANSFORMATOR DAYA TIGA FASA 3x50 VA 220V

Oleh : Hery Setijasa

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof H Sudarto,S.H. Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50275.

E-mail : hery.setijasa@gmail.com

### Abstrak

*Praktikum transformator 3 fasa dalam Mata Kuliah Teknik Tenaga Listrik (TTL) di Jurusan Teknik Elektro POLINES diselenggarakan untuk hubungan kumparan primer dan sekunder dalam konfigurasi segitiga-segitiga, bintang-bintang, segitiga-bintang, bintang-segitiga dengan jam grup vektor yang hanya terbatas pada jam-jam tertentu, dan belum sampai pada 12 jenis jam vektor grup. Disamping itu belum bisa dilakukan praktikum transformator 3 fasa dalam konfigurasi zig-zag, karena belum tersedia transformator yang memiliki tiga belitan. Target khusus dari penelitian ini yaitu menghasilkan rekomendasi untuk penguatan dalam melakukan percobaan transformator 3 fasa pada semua jam grup vektor dari hubungan kumparan primer dan sekunder. Luaran penelitian ini berupa publikasi artikel jurnal ilmiah mengenai jam grup vektor dan diagram rangkaian transformator 3 fasa dari 3 buah transformator 1 fasa untuk 12 jenis jam grup vektor dalam konfigurasi segitiga-zigzag dan bintang-zigzag.*

**Kata kunci :** *Transformator, Bintang/Segitiga/Zigzag .*

### Abstract

*3-phase transformer practicum in Electrical Power Engineering (TTL) in the Department of Electrical Engineering POLINES Electrical Engineering is held for primary and secondary coil connections in the configuration of triangles, stars, triangles, stars, with vector group clocks that are only limited to certain hours, and have not arrived at 12 types of group vector clocks. Besides that, it is not possible to practice a 3-phase transformer in a zig-zag configuration, because there is no transformer with three windings available. The specific target of this research is to produce recommendations for strengthening in conducting experiments with 3-phase transformers on all clock vector groups from primary and secondary coil connections. The output of this research is the publication of scientific journal articles regarding vector group clocks and 3-phase transformer circuit diagrams from 3 single-phase transformers for 12 types of vector group clocks in triangle-zigzag and star-zigzag configurations.*

**Keyword :** *Transformer, Star/Triangle/Zigzag .*

### 1. Pendahuluan

Transformator 3 fasa menaikkan tegangan listrik yang berasal dari pembangkit listrik PLN hingga ratusan kilo Volt (kV) untuk ditransmisikan dan kemudian transformator tiga fasa yang lain menurunkan tegangan listrik tersebut ke tegangan distribusi yang diperlukan oleh konsumen rumah tangga maupun perkantoran yang pada umumnya menggunakan tegangan AC 220/380 Volt. [1]. Terdapat beberapa cara untuk menghubungkan kumparan primer dan sekunder transformator pada jaringan tenaga listrik sistem 3 fasa, yaitu konfigurasi segitiga-segitiga, bintang-

bintang, segitiga-bintang, bintang-segitiga, segitiga terbuka (open delta) dan zig-zag. [2]. Selama ini kegiatan praktikum transformator 3 fasa dalam Mata Kuliah Teknik Tenaga Listrik (TTL) di Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro POLINES diselenggarakan untuk hubungan kumparan primer dan sekunder dari transformator 3 fasa dalam konfigurasi segitiga-segitiga, bintang-bintang, segitiga-bintang, bintang-segitiga, dengan jam grup vektor yang hanya terbatas pada jam-jam tertentu, karena belum tersedia lembar kerja yang komprehensif. [3]. Disamping itu mahasiswa belum melakukan praktikum transformator 3 fasa untuk hubungan

kumparan primer dan sekunder dalam konfigurasi zig-zag. Oleh karena itu penelitian ini dapat memberikan rekomendasi yang lebih komprehensif untuk penguatan lembar kerja, sehingga dapat dipraktekkan semua jam grup vektor untuk hubungan kumparan primer dan sekunder dari transformator 3 fasa.

**2. Tinjauan Pustaka**  
**Transformator**

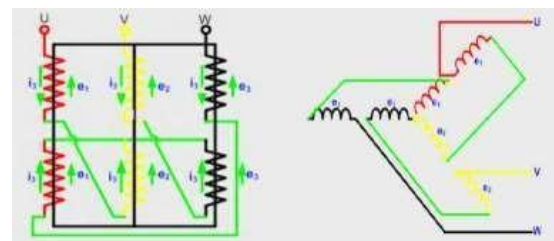
Transformator adalah alat listrik yang dapat mengubah taraf tegangan ke taraf yang lain dengan maksud menurunkan tegangan bolak balik misalnya dari 220 V ke 12 V ataupun menaikkan tegangan dari 110 V ke 220 V. Transformator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnet dan hanya dapat bekerja pada tegangan yang berarus bolak balik (AC) [4]. Sebuah transformator yang sederhana terdiri dari 2 kumparan kawat yang berisolasi yaitu primer dan sekunder yang dililitkan pada sebuah besi yang dinamakan inti besi. Transformator 3 fasa terdiri dari 3 buah transformator 1 fasa yang dirangkai menjadi sebuah transformator dengan belitan primer dan sekunder serta dirangkai dalam konfigurasi tertentu seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 [5].

Tabel 1. Persamaan Jam Vektor Tegangan

Jam	Hubungan Tegangan
1	$C c < B c > C b = C c < A B$
2	$C c < B c > C b < C c < A B$
3	$C c < B c > C b < C c > A B$
4	$C c < B c > C b < C c > A B$
5	$C c = B c > C b < C c > A B$
6	$C c > B c = C b < C c > A B$
7	$C c > B c < C b = C c > A B$
8	$C c > B c < C b > C c > A B$
9	$C c > B c < C b > C c < A B$
10	$C c > B c < C b > C c < A B$
11	$C c = B c < C b > C c < A B$
12	$C c < B c = C b > C c < A B$

Tabel 1 merupakan persamaan yang diambilkan dari data sheet transformator (buku TERCO) [3]. Pada jam 1 terlihat bahwa nilai tegangan antara titik C pada sisi

primer dan titik c pada sisi sekunder adalah lebih kecil dari pada nilai tegangan antara titik B pada sisi primer dan titik c pada sisi sekunder [6]. Dan seterusnya bahwa nilai tegangan antara titik B pada sisi primer dan titik c pada sisi sekunder adalah lebih besar dari pada nilai tegangan antara titik C pada sisi primer dan titik b pada sisi sekunder yang sama dengan nilai tegangan antara titik C pada sisi primer dan titik c pada sisi sekunder yang lebih kecil dari pada nilai tegangan antara titik A dan titik B pada sisi primer. Konfigurasi rangkaian dari transformator hubungan zig-zag diperlihatkan pada Gambar 1 [7].



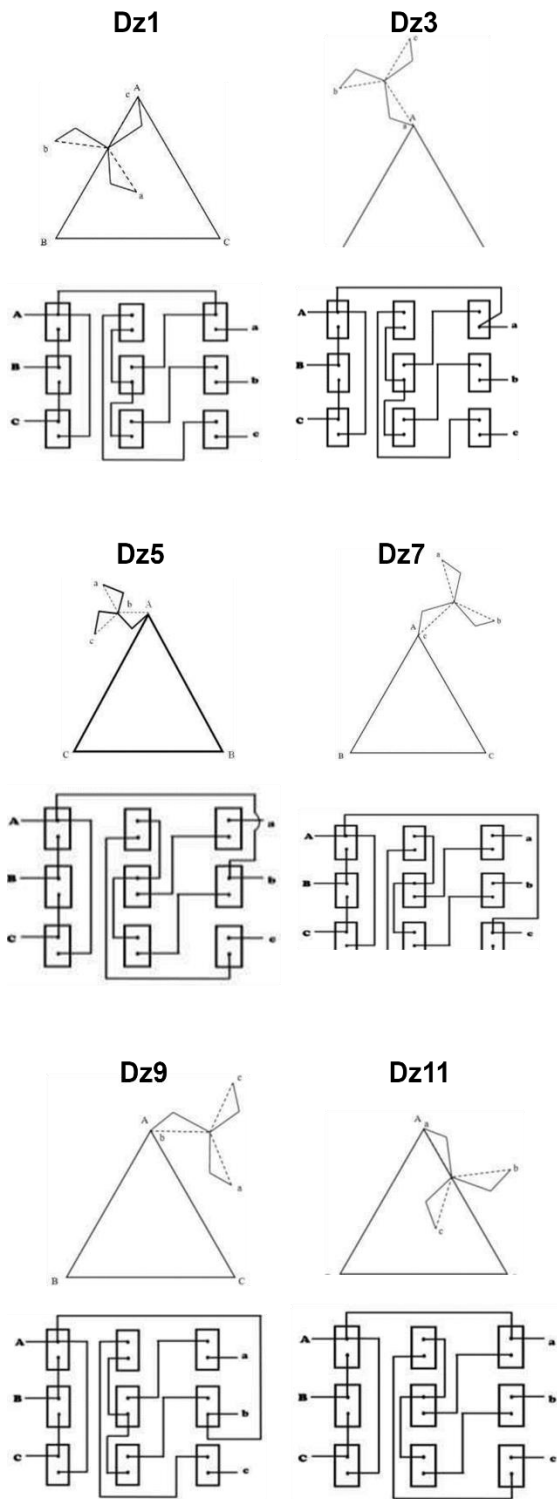
Gambar 1. Rangkaian Transformator Hubungan Zig-Zag [11]

Belitan-belitan pada sisi sekunder pada Gambar 1 terdiri dari enam kumparan dihubungkan secara khusus yaitu hubungan Zig-Zag. Ujung-ujung kumparan sekunder dihubungkan demikian rupa sehingga arah aliran arus saling berlawanan. Transformator Zig-Zag mampu mengatasi timbulnya tegangan di titik bintang yang diakibatkan oleh beban tidak seimbang.

**3. Metode Penelitian**

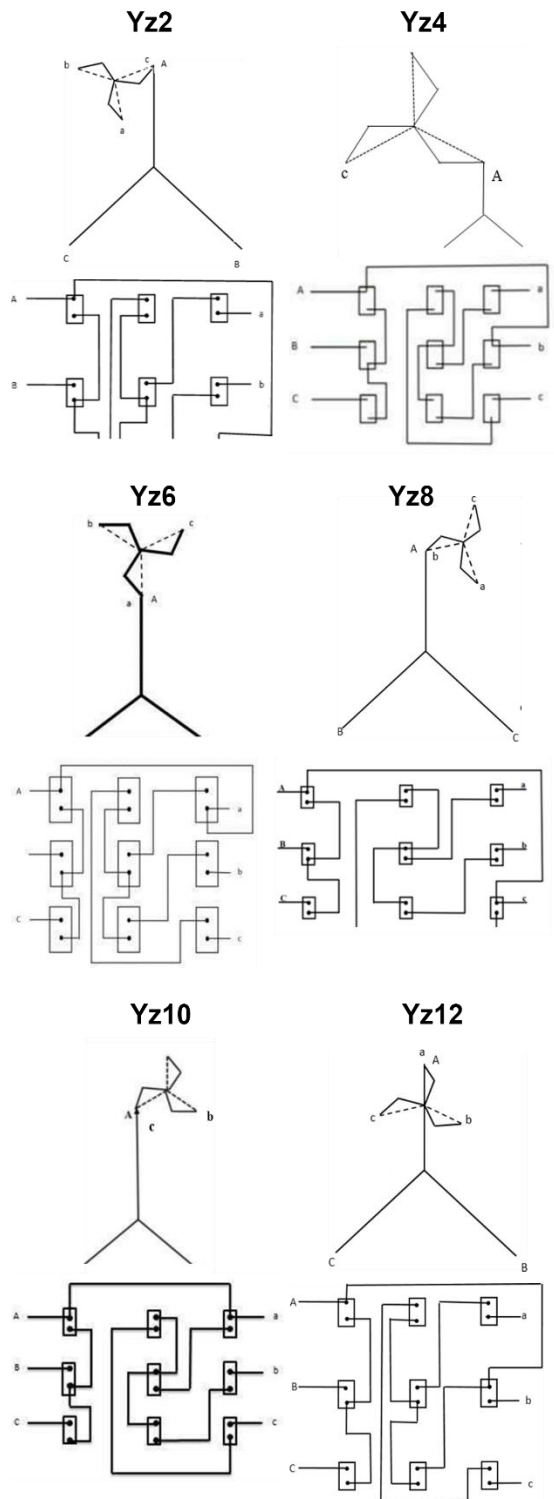
**3.1 Skema Rangkaian Percobaan**

Pada jam transformator gasal (1, 3, 5, 7, 9, dan 11) terdapat gambar grup vektor transformator dalam hubungan segitiga-zigzag ( $\Delta$ -Z). Sedangkan pada jam-jam genap (2, 4, 6, 8, 10, dan 12) terdapat gambar grup vektor transformator dalam hubungan bintang- zigzag (Y-Z). Berikut merupakan ilustrasi grup vektor trafo dan skema rangkaian yang digunakan pada penelitian ini [9,10,11,12,13].



Gambar 2. Rangkaian percobaan ( $\Delta$ -Z).

Gambar 2 menunjukkan grup vektor transformator dan gambar rangkaian percobaan dalam hubungan segitiga-zigzag ( $\Delta$ -Z) atau Delta-zigzag (Dz) yang terdiri dari rangkaian Dz1, Dz3, Dz5, Dz7, Dz9, dan Dz11.



Gambar 3. Rangkaian percobaan ( $\Delta$ -Z).

Selanjutnya Gambar 3 menunjukkan grup vektor transformator dan rangkaian percobaan dalam hubungan bintang-zigzag atau Wye-zigzag (Y-Z) yang terdiri dari rangkaian Yz2, Yz4, Yz6, Yz8, Yz10, dan Yz12.

### 3.2 Instalasi Hardware dan Pengujian

Instalasi perangkat keras (*hardware*) dilaksanakan dengan menghubungkan pengawatan terminal-terminal input dari transformator dengan sumber tegangan dan terminal-terminal output dibiarkan terbuka atau tanpa beban. Pengujian polaritas untuk identifikasi ujung-ujung kumparan dan pendataan tegangan- tegangan diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Instalasi hardware dan Pengujian

### 4. Hasil dan Pembahasan

Hubungan ujung-ujung kumparan atau teknik pengawatan pada jam gasal disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengawatan Pada Jam Gasal

Jam Gasal	Hubungan Ujung-Ujung Kumparan	
	TT/TR Dz	TR zigzag
1	A <sub>2</sub> a <sub>2</sub>	a <sub>12</sub> c <sub>22</sub> , a <sub>11</sub> b <sub>11</sub> c <sub>11</sub> , a <sub>22</sub> b <sub>12</sub> , b <sub>22</sub> c <sub>12</sub>
3	A <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>11</sub> c <sub>21</sub> , a <sub>12</sub> b <sub>12</sub> c <sub>12</sub> , a <sub>21</sub> b <sub>11</sub> , b <sub>21</sub> c <sub>21</sub>
5	A <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	a <sub>12</sub> c <sub>22</sub> , a <sub>11</sub> b <sub>11</sub> c <sub>11</sub> , a <sub>22</sub> b <sub>12</sub> , b <sub>22</sub> c <sub>12</sub>
7	A <sub>2</sub> a <sub>1</sub>	a <sub>11</sub> c <sub>21</sub> , a <sub>12</sub> b <sub>12</sub> c <sub>12</sub> , a <sub>21</sub> b <sub>11</sub> , b <sub>21</sub> c <sub>21</sub>
9	A <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>12</sub> c <sub>22</sub> , a <sub>11</sub> b <sub>11</sub> c <sub>11</sub> , a <sub>22</sub> b <sub>12</sub> , b <sub>22</sub> c <sub>12</sub>
11	A <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	a <sub>11</sub> c <sub>21</sub> , a <sub>12</sub> b <sub>12</sub> c <sub>12</sub> , a <sub>21</sub> b <sub>11</sub> , b <sub>21</sub> c <sub>21</sub>

Hubungan ujung-ujung kumparan atau teknik pengawatan pada jam genap disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengawatan Pada Jam Genap

Jam Gasal	Hubungan Ujung-Ujung Kumparan	
	TT/TR Dz	TR zigzag
2	A <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>12</sub> c <sub>22</sub> , a <sub>11</sub> b <sub>11</sub> c <sub>11</sub> , a <sub>22</sub> b <sub>12</sub> , b <sub>22</sub> c <sub>12</sub>
4	A <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	a <sub>11</sub> c <sub>21</sub> , a <sub>12</sub> b <sub>12</sub> c <sub>12</sub> , a <sub>21</sub> b <sub>11</sub> , b <sub>21</sub> c <sub>21</sub>
6	A <sub>2</sub> a <sub>1</sub>	a <sub>12</sub> c <sub>22</sub> , a <sub>11</sub> b <sub>11</sub> c <sub>11</sub> , a <sub>22</sub> b <sub>12</sub> , b <sub>22</sub> c <sub>12</sub>
8	A <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>11</sub> c <sub>21</sub> , a <sub>12</sub> b <sub>12</sub> c <sub>12</sub> , a <sub>21</sub> b <sub>11</sub> , b <sub>21</sub> c <sub>21</sub>
10	A <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	a <sub>12</sub> c <sub>22</sub> , a <sub>11</sub> b <sub>11</sub> c <sub>11</sub> , a <sub>22</sub> b <sub>12</sub> , b <sub>22</sub> c <sub>12</sub>
12	A <sub>2</sub> a <sub>2</sub>	a <sub>11</sub> c <sub>21</sub> , a <sub>12</sub> b <sub>12</sub> c <sub>12</sub> , a <sub>21</sub> b <sub>11</sub> , b <sub>21</sub> c <sub>21</sub>

Mengacu pada teknik pengawatan di Tabel 1, selanjutnya didapatkan hasil pengujian jam grup vektor seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Jam Gasal hubung Dz

Jam Gasal	Hubung Vektor	Tegangan (volt)				
		Cc	Bc	Cb	Cc	AB
1	Dz	224	224	182	224	220
3	Dz	193	222	220	193	220
5	Dz	232	138	186	232	220
7	Dz	295	230	295	295	220
9	Dz	260	293	230	260	220
11	Dz	192	192	198	192	220

Tabel 3 merupakan data hasil pengukuran tegangan-tegangan Cc-Bc- Cb-Cc-AB dari jam 1 hingga 11. Selanjutnya dari teknik pengawatan seperti ditunjukkan pada Tabel 2 didapatkan hasil pengujian jam grup vektor seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Jam Genap hubung Yz

Jam Gasal	Hubung Vektor	Tegangan (volt)				
		Cc	Bc	Cb	Cc	AB
2	Yz	224	224	182	224	220
4	Yz	193	222	220	193	220
6	Yz	232	138	186	232	220
8	Yz	295	230	295	295	220
10	Yz	260	293	230	260	220
12	Yz	192	192	198	192	220

Tabel 4 merupakan data hasil pengukuran tegangan-tegangan Cc- Bc-Cb-Cc-AB dari jam 2 hingga 12Cc-Bc- Cb-Cc-AB pada jam genap hubungan Bintang-Zigzag dari jam 1 hingga 11.

Data-data dalam Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa semua jam vektor dari jam 0 atau jam 12 hingga jam 11 dapat dibuat untuk hubungan kumparan primer dan sekunder transformator daya 3 fasa, Kesimpulan ini sesuai dengan hubungan tegangan-tegangan Cc-Bc-Cb- Cc-AB pada diagram pengawatan (Gambar 2 dan Gambar 3) serta sesuai dengan teori persamaan jam vektor tegangan Cc-Bc-Cb- Cc-AB yang dimuat dalam Tabel 1.

## 5. Kesimpulan

Semua jam vektor dari jam 0 hingga jam 11 dapat dibuat untuk hubungan kumparan primer dan sekunder dari transformator daya 3 fasa. Vektor group jam gasal hanya berlaku untuk transformator daya 3 fasa dalam hubungan Delta-Zigzag. Vektor group jam genap hanya berlaku untuk transformator daya 3 fasa dalam hubungan Bintang-Zigzag. Penelitian tentang pengujian jam vektor dari hubungan kumparan primer dan sekunder transformator daya 3 fasa Delta-Zigzag dan Bintang-Zigzag memberikan hasil pengujian yang sesuai dengan kajian literatur. Uji polaritas harus dilakukan dengan benar agar identifikasi ujung-ujung belitan juga benar, sehingga tidak membuat panas transformator. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan sebagai rekomendasi untuk penguatan Lembar Kerja praktikum Mata Kuliah Teknik Tenaga Listrik khususnya mengenai hubungan kumparan primer dan sekunder transformator daya 3 fasa, agar lebih komprehensif.

Rekomendasi dari penelitian ini dapat digunakan untuk mendorong kegiatan praktikum tentang transformator daya 3 fasa dalam konfigurasi zig-zag, sehingga

mahasiswa memperoleh nilai tambah dan memiliki kompetensi yang lebih kompetitif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Harlow, James.H, 2004, *Electric Power Transformer Engineering*, CRC Press LLC, Florida
- J. Nagrath, DP.Kothari, 1989, *Electric Machines*, New Delhi, Tata Mc Graw Hill Publishing Co.Ltd.
- ....., 2010, *Jobsheet Semester IV: Praktikum Teknik Tenaga Listrik, Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang.*
- Leonard R. Andersen, Jack Macneill, *Electric Machines and Transformers*, 1988, New Jersey, Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs.
- PT. PLN (PERSERO), 2010, *Buku 4 : Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik, Edisi 1, Jakarta.*
- Theraja BL, 1987, *Textbook Electrical Technology*, New Delhi, Ninja Construction and Development Co. Ltd. Ran Nagar.
- Yakob Liklikwatil, 2014, *Mesin-Mesin Listrik Untuk Program D3*, Deepublish IKAPI, Yogyakarta
- <http://budi54n.wordpress.com/2010/.../vektor-jam-vektor-grup-trafo-3-fasa-2-belitan.html>
- <http://dunialistrik.blogspot.co.id/2009/05/konfigurasi-hubungan-belitan.html>
- <http://electricalnotes.wordpress.com/2012/05/23/vector-group-of-transformer.html>
- <http://electricmechanic.blogspot.com/2013/10/jenis-hubungan-pada-belitan.html>
- <http://listrikpraktis.blogspot.co.id/2015/12/cara-memahami-pembacaan-vektor-group-jam-trafo.html>