

# Sinkronisasi Trafo Unit Gardu Bergerak (UGB) dengan Trafo Distribusi di Lingkungan PLN

<sup>1</sup>Gatot Dwi Antoro, <sup>2</sup>Abdul Syakur

<sup>1</sup>PT.PLN (Persero) Unit Pendidikan dan Pelatihan Semarang Bidang Distribusi Tenaga Listrik

<sup>2</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

E-mail : <sup>1</sup>gatot.dwi1965@gmail.com, <sup>2</sup>syakur@elektro.undip.ac.id

## Abstrak

Pemeliharaan gardu distribusi tanpa padam salah satu caranya dengan memindahkan beban pelanggan dari trafo distribusi ke trafo Unit Gardu Bergerak (UGB). Secara teknis penggantian kedua buah trafo tersebut supaya tidak terjadi hubung singkat bisa dilakukan dengan cara sinkronisasi. Sesuai dengan VDE 0520 terdapat 12 Vector Group dan 4 angka jam berbeda yang lazim. Sedangkan salah satu syarat sinkronisasi, trafo harus mempunyai Vector Group sama, Jam sama, Tegangan sama dan Sephasa. Penelitian ini menyajikan upaya pemeliharaan transformator gardu distribusi tanpa padam dengan melakukan sinkronisasi antara Trafo Distribusi dengan Trafo Unit Bergerak yang memiliki vector group yang berbeda yaitu Trafo dengan Vector group Dyn5 dengan Dyn11. Langkah yang dilakukan yaitu pertama trafo UGB di sisi primer dihubungkan normal (searah jarum jam) trafo distribusi dihubungkan normal, setelah dilakukan pengukuran di sisi sekunder hasilnya kedua buah trafo tidak bisa sinkron dikarenakan terjadi perbedaan sudut fasa R  $60^{\circ}$ , Fasa S  $120^{\circ}$  dan fasa T  $60^{\circ}$ . Langkah ke dua trafo UGB dihubungkan tidak Normal (berlawanan jarum jam) dan trafo distribusi tetap dihubungkan secara normal, hasil pengukuran menunjukkan Fasa R beda sudut  $120^{\circ}$  Fasa S beda sudut  $0^{\circ}$  Fasa T beda sudut  $120^{\circ}$  dengan demikian Trafo bisa disinkronkan dengan catatan menukar salah satu terminal trafo fasa R dengan Fasa T.

**Kata kunci :** Sinkronisasi Trafo Distribusi, Vector Group sama, Tegangan sama, Jam sama

## Abstract

*One of the ways to maintain distribution substations without blackout is by moving the customer's load from the distribution transformer to the Transformer for Mobile Substation Unit (UGB). Technically, coupling the two transformers so that a short circuit does not occur can be done by synchronizing. According to VDE 0520 there are 12 Vector Groups and 4 different clock digits that are common. While one is full of synchronization, the transformer must have the same Vector Group, same Clock, Same Voltage and Same phase. This paper presents the maintenance of distribution substation transformers without outage by synchronizing the distribution transformer with the mobile unit transformer which has a different vector group, namely the transformer with the vector group Dyn5 and Dyn11. The steps taken are first the UGB transformer on the primary side is connected normally (clockwise) the distribution transformer is connected normally, after measurements are made on the secondary side the results are that the two transformers cannot synchronize due to differences in the angle of the R  $60^{\circ}$ , S  $120^{\circ}$  and T  $60^{\circ}$  phases. The second step of the UGB transformer is connected abnormally (counterclockwise) and the distribution transformer is still connected normally, the measurement results show Phase R angle difference  $120^{\circ}$  Phase S angle difference  $0^{\circ}$  and Phase T difference angle  $120^{\circ}$  thus transformer can be synchronized with notes changing one transformer terminal phase R with phase T.*

**Keywords :** Distribution Transformer Synchronization, Same Vector Group, Same Voltage, Same Clock

## I. PENDAHULUAN

Pemeliharaan jaringan listrik tanpa padam atau istilah lain Pemeliharaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) sangat penting sekali dilakukan pada jaman modern seperti sekarang ini. Tujuan PDKB untuk menjaga agar distribusi tenaga listrik dapat berlangsung secara terus menerus kepada konsumen

sehingga berdampak pada peningkatan penjualan dan citra baik PLN. Untuk mencapai hal tersebut, maka dilakukan pemeliharaan dengan cara PDKB dalam pemeliharaan gardu distribusi tenaga listrik. Gardu distribusi adalah bangunan gardu transformator yang memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pengguna

energi listrik baik untuk pelanggan dengan tegangan menengah maupun tegangan rendah.

Gardu distribusi merupakan kumpulan\gabungan dari perlengkapan hubung tegangan menengah dan tegangan rendah. Jenis perlengkapan tegangan menengah pada gardu distribusi berbeda sesuai dengan jenis konstruksi gardunya. [1]. Ada dua jenis gardu distribusi yaitu gardu distribusi pasangan dalam dan pasangan luar. Penelitian ini difokuskan pada pemeliharaan jenis gardu distribusi pasangan luar (*outdoor distribution substation*).

Jenis Pemeliharaan gardu distribusi meliputi, Pemeliharaan *Cut Out*, Transformator, Papan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB TR) dan Komponen lain yang ada di dalam gardu distribusi tersebut.

Untuk melakukan pemeliharaan gardu distribusi tanpa padam harus dicari gardu distribusi pengganti. Pada makalah ini gardu yang dipakai adalah Gardu Bergerak.

Unit Gardu Bergerak (UGB) adalah gardu distribusi yang dirancang untuk penggunaan temporer, konstruksinya yang kompak dan mudah dipindah-pindah. Hal ini menjadikan UGB sebagai solusi cepat dan tepat dalam menggantikan fungsi gardu distribusi yang akan dilakukan pemeliharaan maupun yang terganggu.[2]

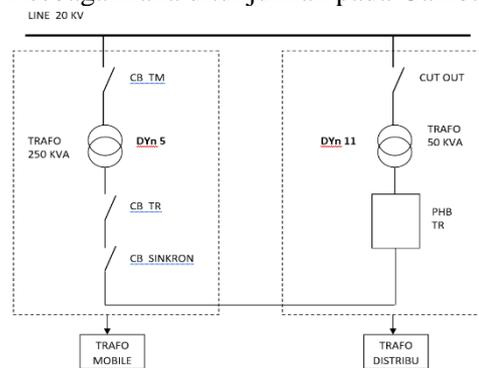


Gambar 1 Unit Gardu Bergerak 250 KVA[3]

Permasalahan utama pada saat memindahkan beban dari gardu distribusi ke gardu bergerak adalah masalah sinkronisasi. Tindakan sinkronisasi ini harus dilakukan agar tidak terjadi padam (*outage*) pada saat memindahkan beban dari gardu distribusi ke gardu bergerak supaya tidak terjadi padam.

Demikian juga untuk mencegah terjadinya beban lebih (*overload*) pada gardu bergerak, maka sebaiknya kapasitas daya trafo gardu bergerak harus lebih besar dari kapasitas trafo distribusi. Syarat yang diperlukan agar sinkron jika dua buah

trafo yang berbeda adalah harus tegangan sama, frekwensi sama, vector group / Jam juga harus sama[6]. Sementara itu dalam melakukan penelitian ini, vektor group trafo tidak sama, dimana vektor group trafo bergerak adalah Dyn5 sedangkan vektor group trafo distribusi adalah Dyn11 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 diagram satu garis Sinkronisasi Trafo[2]

Pada Gambar 2 ditunjukkan Trafo 50 KVA digunakan untuk memenuhi kebutuhan konsumen di sisi primer dilengkapi *Cut Out* dan PHB TR di sisi sekunder.

Trafo 250 KVA adalah Trafo UGB yang dilengkapi PMT untuk memasukkan tegangan 20 KV dan kabel N2XSJY 3x1x35 mm<sup>2</sup> disambungkan ke jaringan SUTM, di sisi TR Trafo UGB dilengkapi CB TR dan Saklar Sinkron berupa kontaktor. Untuk melakukan Sinkronisasi perlu di tarik kabel NYAF 3x1x70 mm<sup>2</sup> dari Trafo bergerak ke PHB TR.

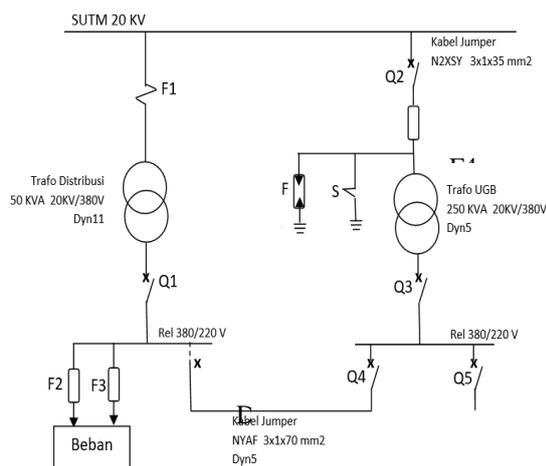
Untuk melakukan sinkronisasi trafo, hal yang harus dilihat dulu adalah *name plate* yang tertera pada trafo tersebut apakah vector groupnya sama atau tidak. Apabila vector grup sama secara otomatis pasti bisa di parallel tentunya tegangan dan frekwensinya juga harus sama. Jika vector grup tidak sama maka harus dilakukan sinkronisasi. Tujuan sinkronisasi trafo adalah menggandengkan dua buah trafo yang berbeda agar tidak terjadi hubung singkat antara trafo satu dan lainnya, sehingga nantinya saat terjadi pemindahan beban tidak terjadi pemadaman.

Sinkronisasi trafo merupakan pengetahuan praktis maka untuk membuktikannya dilakukan praktek di lapangan. Sebelum melakukan pelaksanaan percobaan sinkronisasi trafo distribusi harus memahami persyaratan sinkron trafo distribusi yaitu mempunyai golongan hubung yang sama, tegangan sama, angka jam sama dan sephasa. [4]

Hal hal yang diperhatikan saat memindahkan beban trafo tanpa padam[2].

1. Meyakinkan gardu distribusi beroperasi normal dengan cara mengukur putaran phasa, mengukur tegangan (Phasa-phasa dan Phasa netral) serta mengukur arus beban.
2. Meyakinkan Trafo UGB baik dan siap dioperasikan dengan cara pemeriksaan CB TM maupun TR dalam keadaan Off, mengukur tahanan isolasi kabel penghantar SUTM dan SUTR dengan Insulating Tester.
3. Menyamakan Tegangan Menengah transformator dengan cara melihat Tap cangger dilanjutkan dengan penjamperan kabel SUTM menggunakan Peralatan PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan) TM, melepas grounding, memasukkan CB TM.
4. Menyamakan sisi tegangan rendah transformator dengan cara melakukan penjamperan kabel TR dari UGB ke Rel PHB TR gardu Distribusi tanpa padam. Dengan catatan posisi CB TR di UGB posisi Off.
5. Melakukan Sinkronisasi trafo distribusi dengan trafo UGB dengan cara mengukur tegangan an Phasa (r-r),(s-s),(t-t) antara sumber trafo distribusi dengan UGB. Jika hasil pengukuran terjadi beda fasa (ada tegangan) maka CB tidak bisa dimasukkan atau belum bisa sinkron.

Jika hasil pengukuran sudah sefasa ( tidak ada tegangan) maka CB TR dapat dimasukkan dan bisa sinkron.



Gambar 3 Single Line Diagram saat melakukan Pengukuran

6. Mengeluarkan Trafo Distribusi dari Sistem dengan cara melepas CB dan Cut out trafo distribusi.
7. Melakukan Pemeliharaan Trafo Distribusi

8. Trafo UGB Beroperasi normal sebagai sumber sementara
9. Melakukan Sinkronisasi trafo distribusi dengan trafo UGB dengan memasukkan cut out, mengukur tegangan, jika sudah sefasa masukkan CB Trafo distribusi.
10. Mengeluarkan Trafo UGB dari Sistem
11. Meyakinkan gardu distribusi beroperasi normal

*Keterangan Operasi normal gardu distribusi*

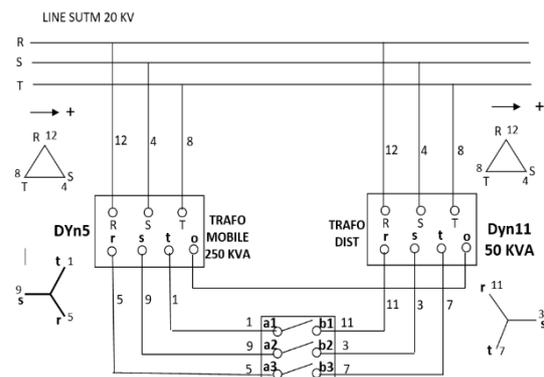
- F1 : Fuse Cut out 20 Kv Trafo Distribusi
- Q1: Pemutus Tenaga Tegangan Rendah
- F2 : Zekering 100 A Kabel Jurusan 1
- F3 : Zekering 100 A Kabel Jurusan 2
- D : Sadapan kabel Jumper ke Rel

*Keterangan Operasi normal gardu UGB*

- Q2 : Pemutus Tenaga 20 KV
- F4 : Zekering 10 A 20 KV
- S : Pemisah Tanah 20 KV
- Q3 : Pemutus Tenaga Tegangan Rendah
- Q4 : Pemutus Tenaga TR Jurusan 1
- Q5 : Pemutus Tenaga TR Jurusan 2

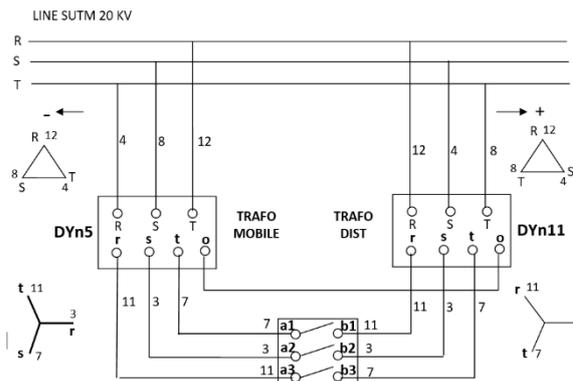
II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan percobaan dengan dua metode pembuktian. Metode I dimana trafo bergerak dan trafo distribusi dihubungkan normal. Hubungan ini dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.

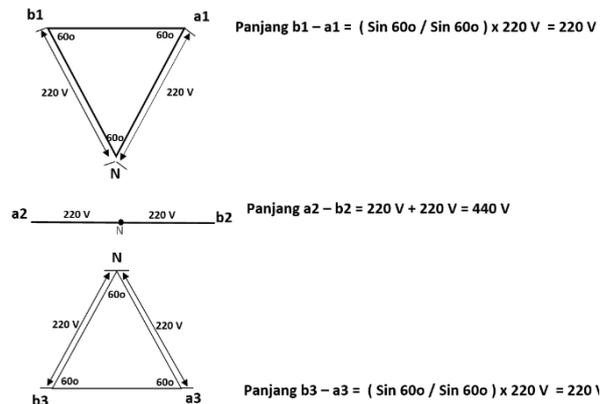


Gambar 4 Sinkron Trafo kedua trafo dihubungkan Normal

Metode II trafo bergerak dihubungkan tidak normal, trafo distribusi dihubungkan normal, ditunjukkan pada Gambar 5 berikut ini :



Gambar 5 Sinkron Trafo UGB dihubungn tidak normal, Trafo Distribusi dihubungn normal



Gambar 7 Tegangan pada masing-masing titik[5]

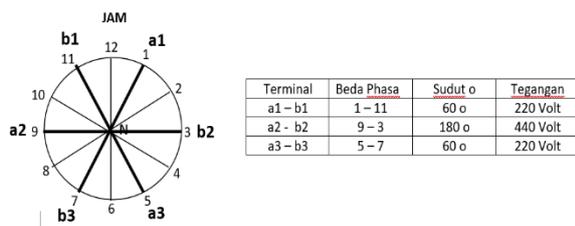
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Metode I trafo bergerak dan trafo distribusi dihubungn normal

Berdasarkan metode I pada gambar 4 secara teoritis kedua buah trafo disinkronkan dengan sambungan normal, arti sambungan normal adalah sesuai dengan putaran searah jarum jam.

Trafo bergerak dengan Vector Dyn5 jika dihubungn dengan normal maka di sisi Primer Phasa R menunjuk Jam 12, Phasa S menunjuk Jam 4, Phasa T menunjuk Jam 8. Sedangkan sisi sekunder Phasa r menunjuk Jam 5 Phasa s menunjuk jam 9 Phasa t menunjuk Jam 1.

Trafo distribusi dengan Vector Dyn11 jika dihubungn dengan normal maka di sisi Primer Phasa R menunjuk Jam 12, Phasa S menunjuk Jam 4, Phasa T menunjuk Jam 8. Sedangkan sisi sekunder Phasa r menunjuk Jam 11 Phasa s menunjuk jam 3 Phasa t menunjuk Jam 7. Sesuai gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6 Jam hasil perhitungan beda fasa saat kedua trafo dihubungn normal

Berdasarkan pada gambar 7 dengan cara dihubungn normal maka trafo dengan vektor grup Dyn5 tidak bisa sinkron dengan Trafo Dyn11 karena tidak memenuhi syarat syarat sinkronisasi trafo.

Dengan menggunakan metode I dimana trafo UGB dihubungn normal, dan trafo distribusi dihubungn normal diperoleh hasil pengukuran tegangan dan beda sudut sebagai ditunjukkan pada tabel 1 berikut ini.

TABEL 1 HASIL PENGUKURAN TRAFMO UGB DIHUBUNGN NORMAL TRAFMO DISTRIBUSI DIHUBUNGN NORMAL

No	Terminal	Tegangan (V)	Beda sudut (°)
1	a1 - n	206.6	+/- 60
2	a2 - n	207.7	+/- 60
3	a3 - n	206,5	+/- 60
4	a1 - a2	357,1	+/- 120
5	a2 - a3	356,7	+/- 120
6	a3 - a1	355,9	+/- 120
7	b1 - n	208,1	+/- 60
8	b1 - n	208,1	+/- 60
9	b1 - n	208,9	+/- 60
10	b1 - b2	358,4	+/- 120
11	b2 - b3	358,2	+/- 120
12	b3 - b1	358,9	+/- 120
13	a1 - b1	208,8	+/- 60
14	a2 - b2	208,4	+/- 60
15	a3 - b3	412	+/- 180

Berdasarkan hasil dari pengukuran tegangan di sisi sekunder antar Trafo UGB dan Trafo Distribusi sesuai dengan percobaan 1 didapatkan hasil sebagai berikut:

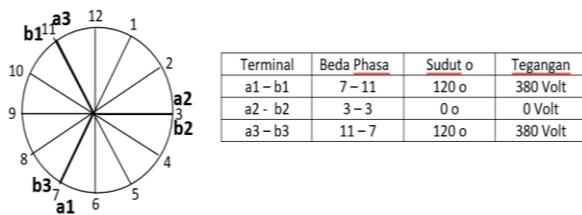
- a1 - b1 = 208,8 V
- a2 - b2 = 208,4 V
- a3 - b3 = 412 V

Dengan adanya perbedaan sudut fasa yang cukup besar antara terminal a1-b1, a2-b2, a3-b3 maka trafo vector group Dyn5 dengan Dyn11 kedua duanya dihubungkan normal seperti percobaan 1 tidak bisa disinkronkan.

**3.2 Metode II trafo bergerak dihubungkan tidak normal dan trafo distribusi dihubungkan normal**

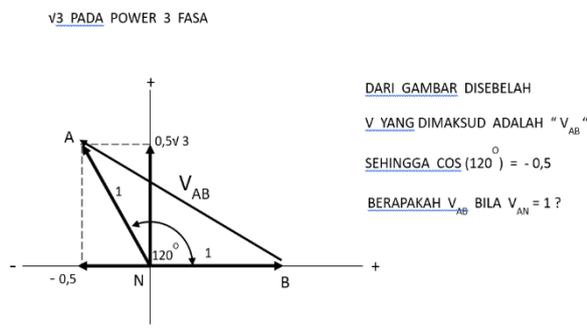
Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa trafo bergerak dengan vektor grup Dyn5 jika dihubungkan dengan tidak normal artinya putaran berlawanan dengan arah jarum jam maka disisi Primer Fasa R menunjuk Jam 12, Fasa S menunjuk Jam 8, Fasa T menunjuk Jam 4. Sedangkan sisi skunder Fasa r menunjuk Jam 11 Fasa S menunjuk jam 3 Fasa T menunjuk Jam 7.

Sementara trafo distribusi dengan vektor grup Dyn11 jika dihubungkan dengan normal maka disisi Primer Fasa R menunjuk Jam 12, Fasa S menunjuk Jam 4, Fasa T menunjuk Jam 8. Sedangkan sisi skunder Fasa r menunjuk Jam 11 Fasa s menunjuk jam 3 Fasa t menunjuk Jam 7.



Gambar 8 Jam hasil perhitungan beda fasa saat trafo UGB dihubungkan tidak normal Trafo Distribusi dihubungkan normal.

Untuk menentukan nilai dari  $V_{AB}$  dilakukan perhitungan dengan menggunakan gambar berikut ini [5]:



Gambar 9 Segitiga perhitungan V<sub>AB</sub>

$$\begin{aligned}
 (V_{AB})^2 &= (V_{AN})^2 + (V_{BN})^2 - 2 \times V_{AN} \times V_{BN} \times \cos(120^\circ) \\
 &= (V_{AN})^2 + (V_{AN})^2 - 2 \times V_{AN} \times V_{AN} \times (-0,5) \\
 &= (V_{AN})^2 + (V_{AN})^2 + (V_{AN})^2 \\
 &= 3 \times (V_{AN})^2 \\
 V_{AB} &= \sqrt{3} \times V_{AN} \\
 \text{JADI } \rightarrow V &= \sqrt{3} \times V_{AN} \quad \text{ATAU } \rightarrow V = \sqrt{3} \times 220 \text{ V} = 380 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan secara teknis maka trafo dengan vektor grup Dyn5 dan trafo Dyn11 bisa di sinkronkan dengan cara menukar terminal a1 dengan a3.

Pemindahan beban trafo adalah memindahkan arus beban trafo distribusi ke Trafo UGB dengan cara sinkronisasi sehingga tidak terjadi pemadaman listrik. Hasil pengukuran tegangan setelah dilakukan sinkronisasi dimana trafo bergerak dihubungkan tidak normal dan trafo distribusi dihubungkan normal ditunjukkan pada table 2 sebagai berikut:

TABEL 2 HASIL PENGUKURAN TRAFU UGB DIHUBUNGAN TIDAK NORMAL TRAFU DISTRIBUSI DIHUBUNGAN NORMAL

No	Terminal	Tegangan (V)	Beda sudut (°)
1	a1 - n	207,6	+/- 60
2	a2 - n	207,4	+/- 60
3	a3 - n	207,2	+/- 60
4	a1 - a2	358,8	+/- 120
5	a2 - a3	358,2	+/- 120
6	a3 - a1	358,4	+/- 120
7	b1 - n	207,7	+/- 60
8	b1 - n	207,6	+/- 60
9	b1 - n	207,2	+/- 60
10	b1 - b2	359,6	+/- 120
11	b2 - b3	360,1	+/- 120
12	b3 - b1	359,5	+/- 120
13	a1 - b1	357,5	+/- 120
14	a2 - b2	1,04	+/- 0
15	a3 - b3	358,1	+/- 120

Berdasarkan hasil dari pengukuran tegangan di sisi sekunder antar Trafo UGB dan Trafo Distribusi sesuai dengan percobaan 2 didapatkan hasil sebagai berikut:

- a1 - b1 = 357,5 V
- a2 - b2 = 1,04 V
- a3 - b3 = 358,1 V

Dengan adanya perbedaan fasa di terminal a1-b1 dan terminal a3 - b3 maka pada posisi tersebut trafo tidak bisa sinkron, namun di terminal a1 dan

b3 mempunyai jam yang sama yaitu jam 11, begitu juga terminal a3 dan b1 mempunyai jam yang sama yaitu jam 11. Oleh karena itu untuk menyamakan jam agar se fasa maka terminal a1 ditukar ke terminal a3 sehingga trafo tersebut dapat di sinkronkan.

#### IV. KESIMPULAN

Untuk melakukan pemindahan beban pada saat pemeliharaan agar tidak terjadi pemadaman listrik, maka dilakukan sinkronisasi. Dua buah trafo dengan vector group berbeda Dyn5 dan Dyn11 tidak bisa disinkronkan jika di sisi primer masing masing di hubungkan Normal dan dapat disinkronkan jika salah satu trafo dihubungkan

tidak normal dengan syarat menukar terminal phasa r dengan t di sisi sekunder.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Keputusan Direksi PT.PLN (Persero) No 475.K/DIR/2010
- [2]. Buku Pemeliharaan gardu distribusi dengan UGB PT.PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan
- [3]. Katalog Produk Unit Gardu Bergerak PT.Trafindo Prima Perkasa.
- [4]. Ir.Wahyudi Sarimun N.MT Proteksi Sistem Distribusi Tenaga listrik, 2012
- [5]. Abdul Kadir, Transformator, Jakarta: Universitas Indonesia, 1977.
- [6]. SPLN 8-1. Transformator Tenaga, Jakarta: Departemen Pertambangan & Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, 1991