



## ANALISIS TRANSFORMATOR DAYA 3 FASA 150 KV/ 20 KV PADA GARDU INDUKUNGAN PLN DISTRIBUSI SEMARANG

Mukhammad Rif'at Za'im✉

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima Agustus 2014  
Disetujui September 2014  
Dipublikasikan Oktober 2014

*Keywords:*

Analisis;  
Transformer,  
Daya.

### Abstrak

Dalam menyalurkan daya Gardu Induk memiliki alat/komponen listrik yang berupa transformator daya yang berfungsi untuk mentransformasikan daya listrik, dengan merubah besarnya tegangan sedangkan frekuensinya tetap. Tujuan dari penelitian ini yaitu: (1) untuk menganalisis arus nominal transformator daya 3 fasa 150 KV yang ada di Gardu Induk Ungaran; (2) untuk meneliti berapa besar rata-rata persentase arus pembebanan yang terjadi pada masing-masing unit transformator daya 3 fasa 150 KV yang ada di Gardu Induk Ungaran; (3) untuk menganalisis impedansi transformator daya 3 fasa 150 KV yang ada di Gardu Induk Ungaran; (4) untuk menganalisis sistem pendinginan transformator daya 3 fasa 150 KV yang ada di Gardu Induk Ungaran; (5) untuk menganalisis daya semu (daya nyata) transformator daya 3 fasa 150 KV yang ada di Gardu Induk Ungaran; (6) untuk mendeskripsikan gangguan-gangguan yang terjadi pada transformator daya 3 fasa 150 KV yang ada di Gardu Induk Ungaran.

### Abstract

*In distributing power substation have tools / electrical components such as power transformers which serves to transform the electric power, by changing the magnitude of the voltage while still frequensinya. The purpose of this study are: (1) to analyze the nominal current of 3-phase power transformers of 150 KV substation is in Unggaran; (2) to examine how much the average percentage of load currents that occur in each of the 3-phase power transformer unit 150 KV substation is in Unggaran; (3) to analyze the impedance transformer 3 phase power at 150 KV Substation Unggaran; (4) to analyze the cooling system 3-phase power transformers of 150 KV substation is in Unggaran (5) to analyze the apparent power (real power) 3 phase power transformers of 150 KV substation is in Unggaran (6) to describe the disturbances which occurs in 3 phase power transformers of 150 KV substation is in Unggaran.*

© 2014 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Gedung E6 Lantai 2 FT Unnes  
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229  
E-mail: kristi@yahoo.com

ISSN 2252-6811

## PENDAHULUAN

Gardu Induk adalah bagian dari suatu sistem tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat berisi saluran transmisi dan distribusi, perlengkapan hubung bagi, transformator, dan peralatan pengaman serta peralatan kontrol. Gardu induk berfungsi untuk mengatur aliran daya listrik dari saluran transmisi yang satu ke saluran transmisi yang lain, mendistribusikannya ke konsumen, sebagai tempat untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi, dan sebagai tempat kontrol dan pengaman operasi sistem.

Dalam menyalurkan daya Gardu Induk memiliki alat/komponen listrik yang berupa transformator daya yang berfungsi untuk mentransformasikan daya listrik, dengan merubah besarnya tegangan sedangkan frekuensinya tetap.

Transformator daya diantaranya dilengkapi dengan transformator pentanahan yang berfungsi untuk mendapatkan titik netral dari transformator daya. Peralatan ini disebut *Neutral Current Transformer* (NCT), perlengkapan lainnya adalah pentanahan transformator yang disebut *Neutral Grounding Resistance* (NGR).

Dalam operasi penyaluran tenaga listrik transformator dapat dikatakan jantung dari sistem transmisi dan distribusi. Dalam kondisi ini suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal. Mengingat kerja keras dari suatu transformator seperti itu, maka pemeliharaan juga dituntut sebaik mungkin. Oleh karena itu transformator harus dipelihara dengan menggunakan sistem dan peralatan yang benar, baik dan tepat. Untuk

itu regu pemeliharaan harus mengetahui bagian-bagian transformator dan bagian-bagian mana yang perlu diawasi melebihi bagian lainnya.

Berdasarkan tegangan operasinya dapat dibedakan menjadi transformator 500/150 kV dan 150/70 kV biasa disebut *Interbus Transformer* (IBT). Transformator 150/20 kV dan 70/20 kV disebut juga transformator distribusi. Titik netral transformator ditanahkan sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan/proteksi.

Transformator distribusi digunakan untuk menurunkan tegangan listrik dari jaringan transmisi tegangan tinggi menjadi tegangan terpakai pada jaringan distribusi tegangan rendah (*step down transformer*).

Pada jaringan distribusi primer sekarang ini dipakai transformator daya tiga fasa untuk jenis *out door*. Yaitu jenis transformator yang diletakkan diatas tiang dengan ukuran lebih kecil dibandingkan dengan jenis *in door*, yaitu jenis yang diletakkan didalam rumah gardu.

Pada dasarnya transformator tiga fasa ini terdiri dari tiga buah transformator satu fasa dengan tiga buah teras besi yang dipasang pada satu kerangka. Dari tiga teras besi ini ditempatkan masing-masing sepasang kumparan yakni kumparan primer dan kumparan sekunder. Dengan demikian seluruhnya akan terdapat tiga buah kumparan primer dan tiga buah kumparan sekunder. Dari ketiga kumparan primer maupun ketiga kumparan sekunder dapat dihubungkan secara hubungan bintang (*star connection*) Y dan dihubungkan segitiga (*delta connection*)  $\Delta$ .

Seperti halnya transformator satu fasa maka azas kerja dari transformator tiga fasa ini pada prinsipnya sama saja. Hanya pada transformator tiga fasa arus yang dihubungkan pada kumparan primer berbentuk arus bolak-balik dari tiga buah kawat fasa masing-masing sama besarnya dan bergeseran sudut sebesar  $120^\circ$  tiap fasanya, yang menimbulkan fluk magnetik  $\phi$  didalam teras besi juga berbeda fasa  $120^\circ$ . Karena fluk magnetik yang dibangkitkan merupakan fluk magnetik bersama (*mutual flux*)  $\phi_m$ , maka pada tiap-tiap kumparan akan dibangkitkan gaya gerak listrik (*electro motive force*) induksi yang masing-masing berbeda  $120^\circ$  juga.

Kalau dalam transformator satu fasa besarnya ggl induksi tersebut sama besarnya dan berlawanan arah dengan tegangannya, maka untuk transformator tiga fasa besarnya tegangan tergantung pada hubungan antara kumparan primer dan kumparan sekunder.

Berdasarkan hal yang dikemukakan di atas, penulis akan mencoba untuk mempelajari lebih dalam mengenai karakteristik transformator daya 150/20 KV yang ada di Gardu Induk Ungaran PLN Semarang guna menambah wawasan bagi mahasiswa tentang transformator daya.

## METODE

Penelitian Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif dengan menggunakan pendekatan kuantitatif.

Jenis penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif, yang menurut Sugiyono (2012:23) dikatakan metode kuantitatif karena data penelitian berupa

angka-angka dan analisis menggunakan statistik. Metode kuantitatif digunakan apabila masalah merupakan penyimpangan antara yang seharusnya dengan yang terjadi, antara aturan dengan pelaksanaan, antara teori dengan praktik, antara rencana dengan pelaksanaan. Transformator daya 3 fasa 150 KV yang ada di Gardu Induk Ungaran PLN Distribusi Semarang berjumlah 2 transformator, yang meliputi transformator II 150 KV 15 MVA dan transformator III 150 KV 60 MVA. Dalam penelitian ini menggunakan sampling jenuh yaitu teknik sampel dengan menggunakan seluruh anggota populasi transformator daya 3 fasa yang ada di Gardu Induk Ungaran PLN Distribusi Semarang.

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik observasi, metode wawancara dan metode dokumentasi.

## HASIL

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa transformator II di Gardu Induk Ungaran PLN Distribusi Semarang memiliki merk ASEA dengan tipe TBA 33. Transformator ini memiliki nomor serial 7145 405. Transformator ini dibuat oleh swedia pada tahun 1979. Transformator II ini adalah jenis transformator 3 fasa dengan frekuensi 50 Hz.

Transformator II 150/20 KV di Gardu Induk Ungaran PLN Distribusi Semarang menggunakan sistem pendingin ONAN yaitu udara dan oli akan bersikulasi dengan alami. Perputaran oli akan dipengaruhi oleh suhu dari oli tersebut, serta

ONAF yaitu oli akan bersikulasi dengan alami namun saat oli melalui radiator olimakan didinginkan dibantu dengan kipas/fan.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa transformator pada daya nominal 9 MVA memiliki arus nominal sisi primer adalah 35 A dan arus nominal sisi sekunder adalah 247 A, sedangkan transformator pada daya nominal 15 MVA memiliki arus nominal sisi primer adalah 358 A dan arus nominal sisi sekunder adalah 412 A. Hal ini dapat dibuktikan dengan cara perhitungan sebagai berikut:

Perhitungan sesuai dengan teori pada

Pada daya nominal 9 MVA:

#### Arus Nominal Primer

$$I_p = S / (V_p \sqrt{3})$$

$$I_p = 9000 \text{ kVA} / (150 \text{ KV} \cdot 1,732)$$

$$I_p = 34,641 \text{ A}$$

#### Arus Nominal Sekunder

$$I_s = S / (V_s \sqrt{3})$$

$$I_s = 9000 \text{ kVA} / (21 \text{ KV} \cdot 1,732)$$

$$I_s = 247,435 \text{ A}$$

Pada daya nominal 15 MVA:

#### Arus Nominal Primer

$$I_p = S / (V_p \sqrt{3})$$

$$I_p = 15000 \text{ kVA} / (150 \text{ KV} \cdot 1,732)$$

$$I_p = 57,735 \text{ A}$$

#### Arus Nominal Sekunder

$$I_s = S / (V_s \sqrt{3})$$

$$I_s = 15000 \text{ kVA} / (21 \text{ KV} \cdot 1,732)$$

$$I_s = 412,393 \text{ A}$$

Dari hasil penelitian didapatkan data bahwa transformator II memiliki nilai impedansi maksimal 12,20%, impedansi rata-rata 11,70%, dan impedansi minimal 11,60%. Pengertian nilai tersebut adalah

bahwa drop tegangan yang timbul karena impedansi adalah sekian persen dari tegangan yang diterapkan. Untuk mencari nilai impedansi transformator dalam bentuk ohm, maka harus terlebih dahulu mencari jatuh tegangannya ( $V_{\text{drop}}$ ) terlebih dahulu.

Drop tegangan maksimal ( $V_{\text{drop mak}}$ ) transformator II:

$$V_{\text{drop}} = V \times Z(\%)$$

$$V_{\text{drop}} = 168800 \text{ V} \times 12,20/100$$

$$V_{\text{drop}} = 20593,6 \text{ V}$$

Drop tegangan rata-rata transformator III:

$$V_{\text{drop}} = V \times Z(\%) ,$$

$$V_{\text{drop}} = 150000 \text{ V} \times 11,70/100$$

$$V_{\text{drop}} = 17550 \text{ V}$$

Drop tegangan minimal ( $V_{\text{drop min}}$ ) transformator III:

$$V_{\text{drop}} = V \times Z(\%) ,$$

$$V_{\text{drop}} = 131200 \text{ V} \times 11,60/100$$

$$V_{\text{drop}} = 15219,2 \text{ V}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapat nilai voltage drop maksimal adalah sebesar 20593,6 V, nilai voltage drop rata-rata adalah sebesar 17550 V, dan nilai voltage drop minimal adalah sebesar 15219,2 V. Hal ini berarti akan ada penurunan tegangan rata-rata sebesar 17550 volt disisi belitan tegangan tinggi yang ditimbulkan karena rugi - rugi pada belitan dan inti transformator ketika transformator tersebut dibebani penuh.

Persen impedansi yang tertera di name plate transformator III merupakan hasil pengujian yang dibagi terhadap tegangan transformator dikali dengan 100%, sebagai berikut:

Impedansi 11,70% didapatkan dari:

$$Z(\%) = (V_{\text{drop}} / V) \times 100 \%$$

$$Z(\%) = (17550 / 150000) \times 100 \%$$

$$Z(\%) = 11,70\%$$

Impedansi 12,20% didapatkan dari:

$$Z(\%) = (V_{\text{drop}} / V) \times 100 \%$$

$$Z(\%) = (20593,6 / 168800) \times 100 \%$$

$$Z(\%) = 12,20\%$$

Impedansi 11,60% didapatkan dari:

$$Z(\%) = (V_{\text{drop}} / V) \times 100 \%$$

$$Z(\%) = (15219,2 / 131200) \times 100 \%$$

$$Z(\%) = 11,60\%$$

Dari nilai persen impedansi tersebut, hanya 1% - 2% yang merupakan nilai yang ditimbulkan oleh nilai impedansi pada inti transformator (rugi - rugi inti) , sisanya sebesar 98% lebih disebabkan karena impedansi yang timbul pada belitan transformator itu sendiri (rugi - rugi belitan). Untuk operasional yang aman, transformator jarang dioperasikan dengan beban penuh (100% rating) , sehingga drop teganganpun menjadi rendah.

Untuk mengetahui berapa nilai sebenarnya dari persen impedansi transformator tersebut, dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

Nilai sebenarnya impedansi 12,20%:

$$Z = V_{\text{drop}} / I$$

$$Z = 20593,6 / 51 \text{ A}$$

$$Z = 403,7 \text{ ohm}$$

Nilai sebenarnya impedansi 11,70%:

$$Z = V_{\text{drop}} / I$$

$$Z = 17550 / 58 \text{ A}$$

$$Z = 302,5 \text{ ohm}$$

Nilai sebenarnya impedansi 11,60%:

$$Z = V_{\text{drop}} / I$$

$$Z = 15219,2 / 66 \text{ A}$$

$$Z = 230,5 \text{ ohm}$$

## PEMBAHASAN

### 1. Analisis Arus Nominal Transformator II

Dari hasil analisis papan nama transformator disimpulkan bahwa hasil perhitungan papan nama transformator II tidak sesuai dengan papan nama yang ada di transformator II Gardu Induk Ungaran. Hal ini dibuktikan dengan hasil perhitungan arus nominal sisi primer pada daya nominal 9 MVA adalah 34,641 A, arus nominal sisi sekunder pada daya nominal 9 MVA adalah 247,435 A, arus nominal sisi primer pada daya nominal 15 MVA adalah 57,736 A, dan arus nominal sisi sekunder pada daya nominal 15 MVA adalah 412,393 A, sedangkan arus nominal sisi primer pada papan nama transformator pada daya nominal 9 MVA adalah 35 A, arus nominal sisi sekunder pada daya nominal 9 MVA adalah 247 A, arus nominal sisi primer pada daya nominal 15 MVA 358 A dan arus nominal sisi sekunder pada daya nominal 15 MVA adalah 412 A. Terdapat selisih yang sangat kecil antara perhitungan secara teori dengan papan nama transformator hal ini dipengaruhi oleh sudut faktor daya pada transformator.

### 2. Analisis Arus Nominal Transformator III

Dari hasil analisis papan nama transformator disimpulkan bahwa hasil perhitungan papan nama transformator III sesuai dengan papan nama yang ada di transformator III Gardu Induk Ungaran. Hal ini dibuktikan dengan hasil perhitungan arus nominal sisi primer pada daya nominal 36 MVA adalah 138,56 A, arus nominal sisi sekunder pada daya nominal 36 MVA adalah 1039,23 A, arus nominal sisi primer pada daya nominal 60 MVA adalah 230,95 A, dan

arus nominal sisi sekunder pada daya nominal 60 MVA adalah 1732,05 A sesuai dengan arus nominal sisi primer pada papan nama transformator pada daya nominal 36 MVA adalah 138,6 A, arus nominal sisi sekunder pada daya nominal 36 MVA adalah 1039,2 A, arus nominal sisi primer pada daya nominal 60 MVA 230,9 A dan arus nominal sisi sekunder pada daya nominal 60 MVA adalah 1732 A. Sehingga arus nominal pada papan nama sesuai dengan perhitungan rumus yang ada dalam muhamadrizkifauzikadili.blogspot.com

### 3. Analisis Impedansi Transformator II

Berdasarkan hasil perhitungan impedansi transformator II memiliki nilai impedansi maksimal 12,20%, impedansi rata-rata 11,70%, dan impedansi minimal 11,60% sesuai dengan papan nama transformator II yang memiliki nilai impedansi maksimal 12,20%, impedansi rata-rata 11,70%, dan impedansi minimal 11,60%. Sehingga impedansi pada papan nama terbukti valid sesuai dengan perhitungan rumus yang ada dalam direktorilistrik.blogspot.com.

### 4. Analisis Impedansi Transformator III

Berdasarkan hasil perhitungan impedansi transformator III memiliki nilai impedansi maksimal 13,31%, impedansi rata-rata 12,45%, dan impedansi minimal 12,01% sesuai dengan papan nama transformator II yang memiliki nilai impedansi maksimal 13,31%, impedansi rata-rata 12,45%, dan impedansi minimal 12,01%. Sehingga impedansi pada papan nama terbukti valid

sesuai dengan perhitungan rumus yang ada dalam direktorilistrik.blogspot.com.

Pada Transformator III 150/20 KV di Gardu Induk Ungaran PLN Distribusi Semarang nilai tegangan dasar transformator diubah menjadi 150/21KV untuk mengurangi rugi-rugi tegangan pada ujung sisi penyulang yang disebabkan oleh adanya rugi penghantar yang dapat menyebabkan drop tegangan. Sehingga transformator III memiliki impedansi maksimal sebesar 12,07%, impedansi rata-rata sebesar 11,29% dan impedansi minimal sebesar 10,89%.

### 5. Analisis Sistem Pendinginan Transformator

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan transformator II dan transformator III menggunakan sistem pendinginan ONAN-ONAF. Menurut standar IEC sistem pendinginan ONAN-ONAF digunakan pada transformator yang berkapasitas di atas 10 MVA. Sistem pendinginan ONAN digunakan untuk pendingin internal dengan konveksi natural di dalam tankinya dan menggunakan udara dengan konveksi natural untuk pendingin eksternal. Akan tetapi minyak di dalam transformator memiliki batas-batas operasi panas yang diijinkan. Jika panas tersebut melampaui batas, maka isolasi akan rusak dan secara keseluruhan transformator akan rusak, sehingga panas tersebut direduksi dengan menggunakan sistem pendingin ONAF.

## SIMPULAN

Dari hasil analisis transformator daya 3 fasa 150 KV di Gardu Indu Ungaran PLN Distribusi Semarang disimpulkan bahwa transformator II dan transformator III memiliki kriteria yang hampir sama yaitu menggunakan ONAN sebagai sistem pendinginan transformator dan dalam pentanahannya menggunakan solid tanpa NGR. Pada transformator III terjadi perubahan tegangan nominal pada sisi sekunder dari 20 KV menjadi 21 KV sehingga menyebabkan perubahan pada impedansi nominal dan arus nominal transformator.

Dari analisis persentase arus pembebanan transformator daya 3 fasa 150 KV pada Gardu Induk Ungaran PLN Distribusi Semarang disimpulkan bahwa pembebanan siang hari lebih tinggi dari pada di malam hari.

Dari hasil analisis gangguan transformator daya 3 fasa 150 KV di Gardu Induk Ungaran PLN Distribusi Semarang diperoleh bahwa tidak pernah terjadi gangguan pada transformator, sehingga kinerja transformator masih dalam kondisi baik hingga sekarang.

## DAFTAR PUSTAKA

Albarkah, Ihsanudin. 2013. *Kinerja Proteksi Transformator 20 KV Pada Jaringan Tegangan Menengah Di Gardu Distribusi Kranyak*. Skripsi

Alsimeri, dkk. 2008. *Teknik Transmisi Tenaga Listrik Jilid 1*. Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional.

A.N. Afandi. 2010. *Operasi Sistem Tenaga Listrik Berbasis EDSA*, Yogyakarta: Gava Media.

Arikunto, Suharsimi. 2010. *Prosedur Penelitian*. Jakarta: PT Asdi Mahasatya.

Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta

Azwar, Saifudin. 1997. *Metode Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Badruddin. 2013. *Modul Xiv Studi Penyediaan Energi Listrik*. Pusat Pengembangan Bahan Ajar-UMB.

Bagus, Pradiya. 2007. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Ghalia Indonesia

Bonggas L.Tobing. 2003. *Peralatan Tegangan Tinggi*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Cekdin, Cekmas & Taufik Barlian. 2013. *Transmisi Daya Elektrik*. Jogyaarta: Andi Yogyakarta

Gulo, W. 2002. *Metodologi Penelitian*. Jakarta: PT Grasindo.

<http://zhagitoleh.blogspot.com>

<http://ferryxseven.blogspot.com2011/12/sistempendinginpadatransformator.html>

<http://muhamadrizkifauzikadili.blogspot.com/2012/06/menghitung-i-nominal-trafo-tenaga.html>

<http://direktorilistrik.blogspot.com/2014/02/Percent-Impedance-Persen-Impedansi-Transformator.html>

<http://insyaansori.blogspot.com,2013>

Kadir, Abdul. 1989. *Transformator*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo

Kadir, Abdul. 2000. *Distribusi dan Instalasi Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia

Kamaraju, V. 2009. *Electrical Power Distribution Systems*. New Delhi: Tata McGraw Hill Education Private Limited.

Muchsin, Ismail. 2014. *Tenaga Listrik dan Elektronika*. Pusat Pengembangan Bahan Ajar-UMB.

- PT.PLN (Persero). 2009. *Final Pedoman O & M Transformator Tenaga*. Jakarta: Perusahaan Listrik Negara.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan. Tap Changer dan Bagian-bagiannya. PT.PLN (Persero)
- Ramadhani, Mohamad. 2008. *Rangkaian Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Rijono, Yon. 1997. *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi
- Risal, Saifur.2014. *Studi Eksplorasi Arus Pada Kawat Netral Akibat Ketidakseimbangan Beban Pada Unit Transformator Distribusi Di Universitas Negeri Semarang*.Skripsi
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Sumardjati, Prih. 2008. *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Tobing, Bonggas L. 2003. *Peralatan Tegangan Tinggi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Zuhal.1995.*Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: Gramedia