

Kontrol Sistem Pendingin Transformator Utama di PT PLN Nusantara Power UP PLTU Indramayu

Apriliana*), Ulinnuha Latifa

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang
email: 2010631160040@student.unsika.ac.id, Ulinnuha.Latifa@ft.unsika.ac.id

Abstract -- *In an era marked by technological advancement, the demand for electrical power continues to surge, particularly in the midst of globalization and digitalization where electricity has become indispensable in daily life. State-owned electricity provider PLN is tasked with efficiently meeting this demand. To achieve this, PLN has established power generation facilities known as power plants. Electricity transmission from these plants to substations is facilitated through long-distance transmission systems like the SUTET cables. Before reaching substations, voltage from power plants such as PLTU Indramayu is boosted using Main Transformers. Despite meticulous preparation by PLN, challenges persist due to aging infrastructure, necessitating proactive maintenance programs. A critical aspect of infrastructure maintenance is the cooling system for transformers, crucial for voltage regulation. PLN employs the Oil Forced Air Forced (OFAF) mode for cooling the main transformers at PLTU Indramayu, ensuring efficient operation based on oil and winding temperature indicators. This system offers cost-effective maintenance and operation, boasting a capacity of 16 EA motor fans and 6 EA motor pumps, each operating at 380V 3 phase.*

Abstrak -- Di era kemajuan teknologi, permintaan akan listrik terus meningkat, terutama di tengah globalisasi dan digitalisasi di mana listrik telah menjadi hal yang tak terpisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Penyedia listrik yang dimiliki negara, PLN, bertugas untuk memenuhi permintaan ini secara efisien. Untuk mencapai hal ini, PLN telah mendirikan fasilitas sumber listrik yang dikenal sebagai pembangkit listrik. Transmisi listrik dari pembangkit ini ke gardu induk difasilitasi melalui sistem transmisi jarak jauh seperti kabel SUTET. Sebelum mencapai gardu induk, tegangan dari pembangkit listrik seperti PLTU Indramayu ditingkatkan menggunakan Trafo Utama. Meskipun PLN telah melakukan persiapan yang cermat, tantangan masih ada karena infrastruktur yang sudah tua, sehingga mengharuskan program pemeliharaan yang proaktif. Aspek kritis dari pemeliharaan infrastruktur adalah sistem pendinginan untuk transformator, yang penting untuk regulasi tegangan. PLN menggunakan mode Oil Forced Air Forced (OFAF) untuk pendinginan transformator utama di PLTU Indramayu, memastikan operasi yang efisien berdasarkan indikator suhu minyak dan kumparan. Sistem ini menawarkan pemeliharaan dan operasi yang hemat biaya, dengan kapasitas 16 motor kipas dan 6 motor pompa, masing-masing beroperasi pada 380V 3 fase.

Kata Kunci – Daya 380 V, 3 Phase, Sistem pendingin, Transfotmator utama, PLTU.

*) penulis korespondensi: Apriliana
Email: 2010631160040@student.unsika.ac.id

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan teknologi, kebutuhan sumber daya listrik terus meningkat. Apalagi di zaman globalisasi tepatnya di era digitalisasi, daya listrik sudah menjadi nadi dalam kehidupan sehari-hari. PLN selaku produsen akan sumber daya

listrik dituntut kerja keras, praktis dan efisien dalam kinerjanya. Untuk memenuhi akan sumber daya listrik PLN telah membangun sumber daya listrik yang disebut dengan mesin pembangkit listrik. Dalam pelaksanaannya untuk penyaluran tegangan listrik dari pembangkit ke gardu induk menggunakan sistem transmisi arus listrik jarak jauh dengan media kabel dari tiang SUTET. Adapun rumusannya yakni meninggikan tegangan dan merendahkan arusnya agar pengantar lebih kecil yang biasa disebut SUTET.

Sebelum ke gardu induk, tegangan listrik PLTU Indramayu akan dinaikkan menggunakan Trafo Utama (Main Transformer), dimana masukan dari generator ke Transformator utama 24 kV lalu dinaikkan (Step Up) menjadi 150 kV untuk ke sistem jaringan. Sesuai dengan kebutuhan di masyarakat baik itu industri atau perumahan, arus listrik harus terus aktif secara kontinu tidak boleh padam. PLN sudah mempersiapkan segala sesuatunya dengan perhitungan dan sistem serta alat-alat canggih. Akan tetapi, masih belum sempurna seperti rangkaian instalasi, mesin-mesin serta alat konveksi seiring waktu akan rusak termakan usia (lifetime). Untuk mengantisipasi PLN telah mengadakan program perawatan atau pemeliharaan, perbaikan bahkan penggantian untuk semua jalur, alat dan mesin konveksi. Salah satu mesin yang sangat beresiko mengalami kerusakan adalah Transformator atau alat menaik turunkan tegangan. Transformator menghasilkan panas saat beroperasi dan oli adalah pendingin pilihan. Selain itu, untuk mentransfer panas melalui konveksi dapat didukung oleh sistem pompa. Transformator berdaya tinggi memerlukan pendingin tambahan agar mencegah kerusakan kipas akibat panas berlebih. Kipas harus memenuhi persyaratan khusus agar dapat bertahan dalam kondisi suhu pemasangan di ruangan tertentu. Properti seperti ketahanan korosi bahkan dalam kelembapan tinggi, pengoperasian tanpa perawatan, serta fungsi yang andal selama masa pakai mungkin sama pentingnya. Jika kipas beroperasi seefisien mungkin selama bertahun-tahun, maka akan menghemat sejumlah besar uang dan daya yang dapat disalurkan ke jaringan listrik. Hal ini menghasilkan ekonomi positif bagi operator energi.

Penulis akan membahas mengenai daya motor 380 v 3 phase dan proses kontrol sistem pendingin Transformator utama menggunakan mode OFAF (Oil Force Air Force).

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Transformator merupakan bagian krusial untuk distribusi listrik dari pembangkit ke pengguna akhir, baik industri maupun rumah tangga. Meskipun trafo memiliki efisiensi sangat tinggi (>99%), namun sebagian dari energi listrik terbuang sebagai panas, terutama oleh kerugian ohmik di dalam konduktor serta arus Eddy didalam magnet [1]. Transformator dapat dianggap sebagai komponen fundamental dalam sistem tenaga, mengalami berbagai tekanan yang menyebabkan kegagalan dan malfungsi sistem. Oleh karena

itu, untuk mengurangi rugi-rugi dan khususnya suhu yang dihasilkan pada belitan transformator dapat dianggap sebagai cara yang berpengaruh untuk meningkatkan masa pakai dan mengurangi biaya sistem secara keseluruhan [2]. Berdasarkan hasil eksperimen, Transformator dengan metode ONAN (Oil Natural Air Natural) 35 kV dari FOSs dan Probe termokopel terlihat bahwa saluran pendingin radiator memiliki pengaruh besar terhadap pembuangan panas, dan perbedaan suhu antara saluran masuk dan keluar mencapai 20 k[3]. Selain itu, kapasitas pendinginan, penting juga untuk mempertimbangkan arah hembusan kipas. Kapasitas pendinginan meningkat dari 19,7 [Kw] di ONAN menjadi 65–85 [Kw] di ONAF, bergantung pada konfigurasi dan arah hembusan kipas [4]. Parameter motor induksi kecil industri sama dengan motor induksi peralatan pendingin, dan mendekati motor induksi irigasi. Jadi motor induksi kira-kira dapat dibagi menjadi tiga kategori: A = motor industri tegangan menengah (10 kV/6 kV), B = motor industri tegangan rendah (380 V), C = motor AC perumahan komersial tegangan rendah (380 V) [5]. Sistem pendingin Transformator PLTU Labuan juga menggunakan metode OFAF [6]. Berbagai sektor industri banyak menggunakan pompa dengan motor listrik. Seperti mesin dapat mengalami berbagai macam masalah sehingga menyebabkan tidak dapat menjalankan fungsinya. Ini bisa saja terjadi karena kerusakan komponen seiring berjalan waktu, atau karena pemasangan dan penggunaan yang salah [7].

III.METODE PENELITIAN

Ada tahapan-tahapan dalam metodologi yang dilalui dalam melaksanakan penelitian. Dengan adanya metode ini, dapat digunakan sebagai acuan untuk melangkah agar tidak menyimpang dari tujuan yang ingin dicapai. Metode penelitian meliputi: 1) Waktu dan Tempat, 2) Alat dan bahan, 3) Alur penelitian, 4) Control panel pendingin Main Transformator, dan 5) Install aplikasi AutoCad dan Visual Studio Code.

Penelitian ini dikerjakan selama 2 bulan, dimulai sejak bulan Januari s/d Maret 2023, berlokasi di PT PLN Nusantara Power UP PLTU Indramayu bagian Electric Maintanance. Selain itu, penelitian menggunakan bahan studi literatur dari berbagai sumber, sebagai sumber informasi pendukung kelancaran dalam penelitian.

A. Laptop

Penelitian ini menggunakan laptop yang sudah terinstall Autocad dan Visual Code.

B. Software Autocad

Autocad merupakan desain CAD untuk menggambar 2 atau 3 dimensi. Program berjenis CAD (Computer-Aided Design) dapat membantu pembuatan, modifikasi, analisis, atau pengoptimalan desain [8]. Dalam perancangan Wiring Diagram pada proses pendingin transformator utama PLTU Indramayu Menggunakan software AutoCAD versi 2020.

C. Visual Studio Code

Visual studio code merupakan software untuk mengedit source code berbagai bahasa pemrograman. Seperti, Java Script, Type Script, Node.Js, dll. Bahkan dapat digunakan untuk membuat flowchart [9]. Dalam perancangan Flowchart proses pendingin transformator utama PLTU Indramayu menggunakan software Visual Studio Code dengan fitur Draw.io.

D. Arus dan Daya Motor 380V untuk 3 Phase

Dalam pabrik kurang lebih 85% menggunakan motor listrik untuk menggerakkan mesinnya. Ada 2 jenis phase motor listrik yang pertama 3 phase dimana ada tegangan RST, sedangkan kedua adalah 1 phase dimana motor listrik hanya diberi

tegangan phase dan netral saja [10]. Untuk pengukuran Daya motor 3 phase dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$P = V \times I \times \cos Q \sqrt{3} \quad (1)$$

Dimana:

P = Daya

V = Tegangan

I = Arus

Cos Q = 0,85

E. Arus rata-rata dan arus total untuk motor fan dan pump

PLTU Indramayu

$$\bar{I} = \frac{\sum I}{n} \quad (2)$$

Dimana :

$\sum I$ = Jumlah arus n = banyaknya arus

$$I_{tot} = \bar{I} \times n \quad (3)$$

Dimana :

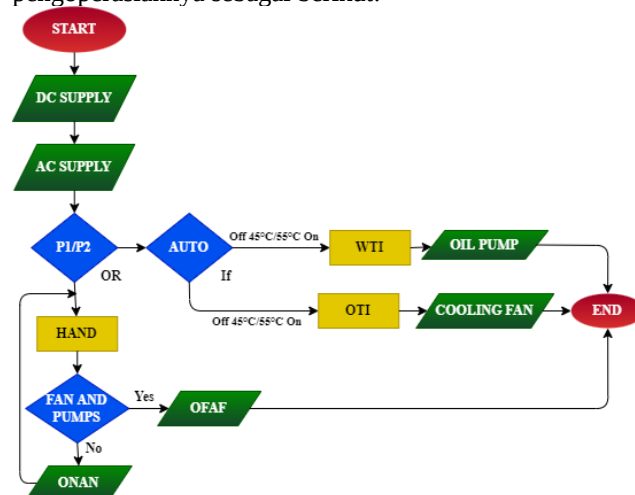
$\bar{I}$ = Arus rata-rata n = Banyaknya arus

IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Alur Kontrol Sistem Pendingin Transformator Utama

PLTU Indramayu

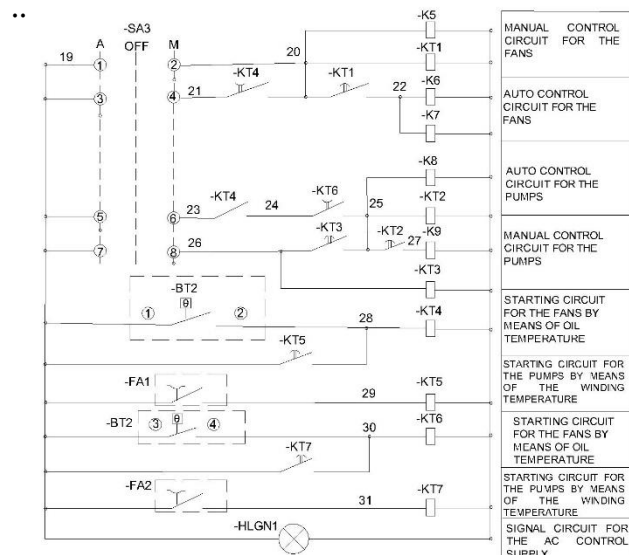
Berikut merupakan alur sistem cooling Control Fan pada PLTU Indramayu. Dimana, Main Transformer PLTU Indramyu menggunakan operasi OFAF. Untuk Alur pengoperasiannya sebagai berikut:



Gambar. 1 Flowchart Kontrol Sistem pendingin Main Transformer PLTU Indramayu

Gambar Flowchart 1 merupakan kontrol sistem pendingin Transformator utama di PT PLN Nusantara Power UP PLTU Indramayu. Dimana, DC Supply dan AC Supply diaktifkan, lalu P1 atau P2 kita aktifkan, setelah itu putar tombol ke bagian Hand atau Auto. Dimana, jika Hand akan mengoperasikan

Fans dan Pumps sehingga akan terjadi proses OFAF. Namun, Pada PLTU Indramayu ini menggunakan Auto dimana jika WTI (Winding Temperature Indicator) membaca suhu pada 550C akan mengaktifkan Oil Pump, dan suhu 450 akan off. Sedangkan jika OTI (Oil Temperature Indicator) membaca suhu pada 550C akan mengaktifkan Cooling Fan, dan suhu 450 akan off.



Gambar. 2 Rangkaian Kontrol Sistem Pendingin Main Transformer PLTU Indramayu

Dapat dilihat pada gambar 2 merupakan rangkaian kontrol sistem pendingin Transformator Utama PLTU Indramayu. Ketika change over switch 3-4 diberi power KT4 dan KT1, Maka Auto kontrol sistem Fans akan beroperasi sehingga pada Power KT4 menyalakan Oil Temperature BT2. Sedangkan, change over switch 5-6 diberi power KT4 dan KT6 maka Auto kontrol sistem pumps beroperasi, sehingga KT6 ini mengoperasikan power KT7 dan akan menyalakan FA2 atau operasi Winding Temperature.

4.2 Daya Motor untuk satu Fan

4.2.1 Nameplate Specification of the Transformer Water Fan

Tabel 1. Nameplate Motor Fan

MINGXIN Fan Co.,Ltd Zhejiang China	
Flow	16000 m ³ /h
RPM	960 r/min
Tegangan motor	380 V
Tekanan	200 Pa
Power	1,5 kW
Kebisingan	73 dB/A
Frekuensi	50 Hz
Weight	81 Kg

4.2.2 Hasil Pengukuran Motor Fan



Gambar. 3 Hasil Pengukuran Arus Fan

Terlihat pada gambar.3 bahwa hasil pengukuran arus saat menjalankan satu motor fan yakni 0,54 A. Dimana daya saat menjalankan motor 380V fan dengan perhitungan matematis 1 dihasilkan 0,3 kW.

4.3 Daya Motor untuk Satu Oil Pump

4.3.1 Nameplate Specification of the Transformer Oil Pump

Table 2 Nameplate Motor Pump

Beijing Fute Disc Motor Co.,Ltd	
Type	6 BP 80-5 2,2V
RPM	900 r/min
Tegangan motor	380 V
Current	6 A
Power	2,2 kW
Lift	5 m
Frekuensi	50 Hz
Weight	94 Kg
Standard	JB/T10112
No	1968075
Flow	80 m ³ /h

4.3.2 Hasil Pengukuran Motor Pump



Gambar. 4 Hasil Pengukuran Arus Pump

Terlihat pada gambar.4 bahwa hasil pengukuran arus saat menjalankan satu motor *pump* yakni 0,39 A. Dimana daya saat menjalankan motor 380V pumps dengan perhitungan matematis 1 dihasilkan 0,218 kW.

4.4 Hasil Rata-rata dari 16 Motor Fan Main Transformer

Dari hasil keseluruhan atau rata-rata arus dan arus total 16 EA motor fan yang didapat dari persamaan 2 yakni arus rata-rata sebesar 0,51 A. Dan arus total didapat dari persamaan 3 yakni sebesar 8,16 A. Sedangkan, arus total ketika menggunakan clamp ampere didapat 8,25 A.



Gbr. 5 Hasil total Arus 16 Fan Main Transformer

4.5 Hasil Rata-rata dari 6 Motor *Pump Main Transformer*

Dari hasil keseluruhan atau rata-rata arus 6 motor Pump didapat dari persamaan 2 yakni sebesar 0,39 A. Sedangkan Arus total dalam penggunaan 6 EA *Pump* dari persamaan 3 yakni sebesar 2,34 A.

Sehingga dapat disimpulkan dari spesifikasi daya motor 380V 3 Phase *Fans* dan *Pumps* dengan daya pemakaian ini dapat beroperasi atau *running* sesuai dengan kebutuhan *Main Transformer*.

V.KESIMPULAN

5.1 Sistem Pendingin Transformator Utama pada PLTU Indramayu menggunakan metode OFAF (Oil Force Air force) atau Auto dimana fan beroperasi atau *running* ketika Oil Temperature Indicator (OTI) mencapai 55° dan Off saat 45° serta Pump beroperasi pada saat Winding temperature Indicator (WTI) mencapai 55° dan Off saat 45°.

5.2 Sistem pendingin Transformator Utama dengan metode OFAF di PLTU Indramayu memiliki keunggulan biaya dan pemeliharaan lebih mudah dan murah. Serta memiliki kapasitas 16 EA motor Fan dan 6 EA motor Pump dengan daya tiap motor 380V 3 phase mampu atau dapat dioperasikan sebagaimana mestinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Ibu Ulinnuha Latifa selaku dosen pembimbing kerja praktik, Pak Esa, Pak Riki, dan staff lain yang telah memberikan arahan, dan teman-teman di PT PLN Nusantara Power UP Indramayu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Stebel *et al.*, "Thermal analysis of 8.5 MVA disk-type power transformer cooled by biodegradable ester oil working in ONAN mode by using advanced EMAG-CFD-CFD coupling," *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol. 136, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.ijepes.2021.107737.
- [2] Z. Taghikhani, M. A. Taghikhani, and G. B. Gharehpetian, "A comprehensive investigation on the efficiency of alumina nanoparticles in ONAN and OFAN cooling performance enhancement of transformers," *Powder Technol.*, vol. 387, pp. 466–480, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.powtec.2021.04.031.
- [3] C. Chi, F. Yang, C. Xu, L. Cheng, and C. Yang, "A multi-scale thermal-fluid coupling model for ONAN transformer considering entire circulating oil systems," *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol. 135, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.ijepes.2021.107614.

- [4] L. Garelli, G. Ríos Rodriguez, M. Storti, D. Granata, M. Amadei, and M. Rossetti, "Reduced model for the thermo-fluid dynamic analysis of a power transformer radiator working in ONAF mode," *Appl Therm Eng.*, vol. 124, pp. 855–864, 2017, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2017.06.098.
- [5] Y. Zhang *et al.*, "Equivalent modeling method of induction motor contribution to short-circuit current," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 1202–1210, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.egy.2022.08.102.
- [6] P. G. Pratama, S. Santoso, and S. H. Ramadhan, "Modification of The Oil Cooler to Avoid Oil Leaking in Generator Transformer PLTU Labuan 'Moderator,'" *Journal of Mechanical Design and Testing*, vol. 5, no. 1, p. 42, Jun. 2023, doi: 10.22146/jmdt.85644.
- [7] S. Bruinsma, R. D. Geertsma, R. Loendersloot, and T. Tinga, "Motor current and vibration monitoring dataset for various faults in an E-motor-driven centrifugal pump," *Data Brief*, vol. 52, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.dib.2023.109987.
- [8] Y. Setiyaningsih, "Pengertian AutoCAD – Sejarah, Versi, Fitur, Fungsi, dll.," dianisa.com. Accessed: Apr. 06, 2023. [Online]. Available: <https://dianisa.com/pengertian-autocad/>
- [9] M. Ariffudin, "Mengenal Visual Code Studio dan Fitur-Fitur Pentingnya," NiagaHoster Blog. Accessed: Apr. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www.niagahoster.co.id/blog/visual-code-studio/>
- [10] R. Situmorang and F. Christian, "Cara menghitung Ampere motor 3 dan 1 phase dengan rumus daya," Ruang Server. Accessed: Apr. 06, 2023. [Online]. Available: <http://www.ruang-server.com/2020/12/cara-menghitung-ampere-motor-3-dan-1.html>