



Evaluasi Penggunaan GITET Indramayu Dengan Menggunakan ETAP 1.19.1

Hartono*, Muhammad Iqbal Fadillah, Muhammad Fathan Wibowo, Rafi Arfa Hafiz

Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

Jl. Jend. Sudirman No.KM. 3, Kotabumi, Kec. Purwakarta, Kota Cilegon, Banten 42435

*)Corresponding author: hartono@untirta.ac.id

(Received: October 19, 2025; Accepted: December 21, 2025)

Abstract

Evaluation of the Use of GITET Indramayu Using ETAP 1.19.1. The construction of the 500 kV Indramayu GITET was carried out to support power distribution between the Indramayu PLTU and the Java-Bali transmission network. In this extra high voltage system, the installation of shunt reactors functions to control reactive power and maintain voltage stability on long-distance transmission lines. The proximity of the GITET location to the power plant requires a grounding system that is able to optimally limit ground fault currents. This study evaluates the use of Neutral Grounding Reactors (NGRs) on the 500 kV Indramayu GITET shunt reactor through technical data collection, field reviews, protection design analysis, and system simulations using ETAP software version 1.19.1 to validate the system's response to single-phase to ground faults. The evaluation results show that selecting the right NGR value can limit single-phase to ground short-circuit currents, reduce the risk of overvoltage, and improve the reliability and safety of 500 kV transmission network operations.

Keywords: GITET Indramayu, ETAP 1.19.1, power flow, voltage, distribution system

Abstrak

Pembangunan GITET 500 kV Indramayu dilakukan untuk mendukung penyaluran daya antara PLTU Indramayu dan jaringan transmisi Jawa-Bali. Dalam sistem tegangan ekstra tinggi ini, pemasangan *shunt reactor* berfungsi mengontrol daya reaktif serta menjaga kestabilan tegangan pada saluran transmisi jarak jauh. Kedekatan lokasi GITET dengan pusat pembangkit menuntut adanya sistem pentanahan yang mampu membatasi arus gangguan tanah secara optimal. Penelitian ini mengevaluasi penggunaan *Neutral Grounding Reactor* (NGR) pada *shunt reactor* GITET 500 kV Indramayu melalui pengumpulan data teknis, peninjauan lapangan, analisis desain proteksi, serta simulasi sistem menggunakan perangkat lunak ETAP versi 1.19.1 untuk memvalidasi respon sistem terhadap gangguan satu fasa ke tanah. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pemilihan nilai NGR yang tepat mampu membatasi arus hubung singkat satu fasa ke tanah, mengurangi risiko *overvoltage*, dan meningkatkan keandalan serta keselamatan operasi jaringan transmisi 500 kV.

Kata kunci: GITET Indramayu, ETAP 1.19.1, aliran daya, tegangan, sistem distribusi

How to Cite This Article: Hartono H., Fadillah, M. I., Wibowo, M. F., & Hafiz, R. A. (2025). Evaluasi Penggunaan GITET Indramayu Dengan Menggunakan ETAP 1.19.1. *JPII*, 3(4), 267-272. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2025.30398>

PENDAHULUAN

GI maupun GITET merupakan sekumpulan perangkat listrik bertegangan tinggi ataupun ekstra tinggi yang memiliki fungsi serta peranan masing-masing,

namun saling terhubung sehingga proses penyaluran energi listrik dapat berjalan dengan optimal. Salah satu peralatan penting yang terdapat pada gardu induk adalah transformator arus. Kesalahan dalam pemeliharaan

maupun pengoperasian transformator arus dapat memperpendek usia pakainya dan berpotensi menimbulkan gangguan (*trouble*) lebih awal. Transformator arus merupakan komponen kelistrikan yang termasuk dalam kategori mesin listrik statis dan berfungsi menyalurkan daya atau energi listrik dari level tegangan rendah ke tinggi maupun sebaliknya. Komponen ini dapat pula didefinisikan sebagai alat yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat lainnya melalui kopling magnetis berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Transformator arus terdiri dari sebuah inti besi berlapis serta dua lilitan, yakni lilitan primer dan lilitan sekunder. CT digunakan untuk memperoleh besaran arus sebagai data masukan dengan memanfaatkan rasio belitan pada sisi primer atau sekunder. Alat ini digunakan untuk pengukuran tidak langsung terhadap arus beban yang mengalir ke pelanggan sekaligus membatasinya. Selain itu, besaran arus yang dihasilkan menjadi data input bagi berbagai peralatan jaringan. Pada transformator satu fasa tiga kumparan (*1 phase three pole*), kumparan tersier berfungsi menyerap tegangan sekunder ketika kondisi beban ringan atau rendah.

Untuk mendorong percepatan pembangunan, penyusunan *Engineering Design* (ED) perlu adanya perencanaan pembangunan ketenagalistrikan. ED ini akan meletakkan dasar untuk pengembangan desain dasar sistem dan peralatan elektrikal untuk Gardu Induk, dengan mempertimbangkan standar yang berlaku. Menurut Fontana & Arifin (2016), banyak faktor dan situasi yang terjadi selama instalasi yang dipengaruhi oleh desain, pemilihan, pengukuran peralatan elektrikal, suhu lingkungan, beban, permintaan, regulasi voltase, kapasitas *short circuit*, karakteristik beban, standar yang digunakan atau dimiliki oleh pengguna jasa dan standar internasional yang berlaku. (PT PLN (Persero), 2008).

Pada sistem GI atau GITET sering terjadi kegagalan pada sistem pentanahan saat terjadi anomali seperti *short circuit* dan *overvoltage*, terutama pada *bay trafo* ataupun *bay reactor* yang menggunakan sistem pentanahan *solid*. Karena hal tersebut, jaringan tenaga listrik tidak lagi dirancang dalam kondisi mengambang yang umum disebut konfigurasi delta, melainkan titik netralnya dihubungkan ke tanah melalui impedansi reaktor serta dapat pula ditanahkan secara langsung (*solid grounding*).

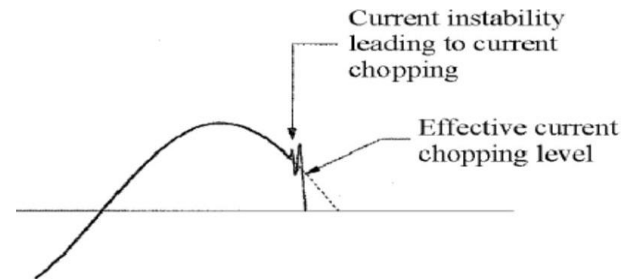
Menurut Yusniati (2018), untuk memastikan bahwa semua peralatan sesuai dengan kebutuhan, kapasitas peralatan harus dipilih sesuai dengan rekomendasi standar nasional (SNI, SPLN, Permen dan lain-lain) dan internasional (IEC) atau standar yang dimiliki oleh pengguna jasa. Kriteria desain harus digunakan sepanjang proyek dan harus disimpan sebagai dokumen yang berkelanjutan. Ini bertujuan untuk mendapatkan desain yang ideal pada proyek sehingga

dapat berjalan sesuai dengan acuan yang tepat (PT PLN (Persero), 2008).

Anomali pada sistem tenaga listrik adalah suatu masalah yang menyebabkan kondisi pada sistem tenaga listrik yang tidak sesuai dengan standar operasi. Salah satu yang menyebabkan kondisi ini adalah anomali hubung singkat. Anomali *short circuit* dibagi menjadi:

a. Anomali simetris, misalnya:

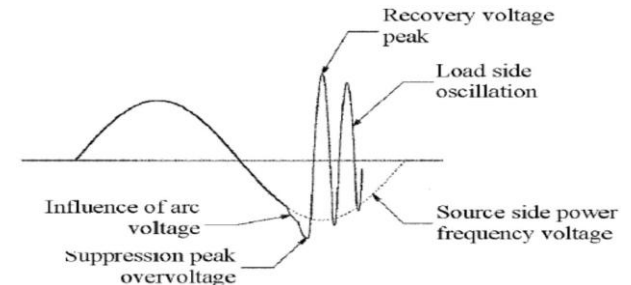
- Anomali hubung singkat tiga fasa.
- Anomali hubung singkat tiga fasa ke tanah.



Gambar 1. Current across breaker

b. Anomali tidak simetris, misalnya:

- Anomali hubung singkat satu fasa ke tanah.
- Anomali hubung singkat dua fasa.
- Anomali hubung singkat dua fasa ke tanah.



Gambar 2. Overvoltage voltage through reactor

Dalam hal ini, sistem pentanahan dibagi menjadi dua yaitu:

a. *Neutral Grounding Reactor*

Neutral Grounding Reactor (NGR) merupakan reaktor satu fasa yang umumnya dihubungkan antara pembumian dan netral transformator atau generator untuk mengendalikan gangguan saluran-ke-tanah tunggal pada tingkat yang diinginkan. Mereka mencapai ini dengan menahan aliran arus melalui elemen induktif. Dalam hal ini, NGR memungkinkan aliran arus gangguan yang cukup untuk mengoperasikan relai pelindung untuk menghilangkan gangguan. Jika rangkaian seimbang, arus yang mengalir melalui reaktor akan menjadi nol, sehingga tidak akan ada kerugian serta mengurangi arus hubung singkat pada transformator atau *shunt reactor* pada Gardu

Induk yang merupakan salah satu jenis gangguan yang paling umum dalam sistem kelistrikan. NGR memungkinkan membatasi beban harmonik pada sistem operasi dan memberikan impedansi pada jalur pentanahan, dengan adanya pembatasan arus harmonik ketiga.

b. Pentanahan langsung (*solid*)

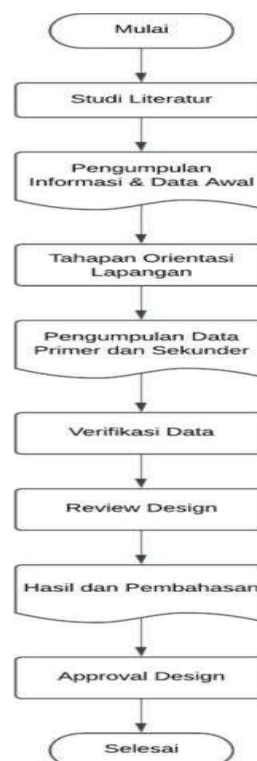
Pentanahan tanpa impedansi, atau yang sering disebut pentanahan langsung, merupakan metode pentanahan di mana titik netral transformator dihubungkan ke tanah tanpa melalui elemen pembatas. Pada konfigurasi ini, apabila terjadi gangguan konduktor terhadap tanah, maka salah satu fasa akan terpengaruh dan kondisi gangguan tersebut harus segera diatasi dengan membuka pemutus daya (PMT/CB). Sistem ini bertujuan untuk menyalurkan titik netral secara langsung ke tanah serta menekan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak mengalami gangguan. Umumnya digunakan pada jaringan bertegangan 20 kV. Kinerja sistem sangat bergantung pada nilai resistansi tanah. Semakin rendah tahanan pentanahan, semakin baik yang ditentukan oleh karakteristik material elektroda pentanahannya.

Ketidakstabilan dan peningkatan besaran arus yang cepat dipicu oleh pembukaan *circuit breaker* secara tiba-tiba, yang mengakibatkan terputusnya arus. Untuk mencegah pengaruh *overvoltage* sebagai akibat dari *chopping current*, pada *shunt reactor* biasanya dilakukan *de-energized* ketika arusnya nol (PT PLN (Persero), 2022). Pada GITET 500 kV PLTU Indramayu yang jaraknya 1,6 km dari PLTU Indramayu sangat berpotensi terjadinya *short circuit* dan *overvoltage*, terutama pada *bay generator*. Oleh karena itu dibutuhkan evaluasi terkait penggunaan sistem pentanahan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan *Neutral Grounding Reactor* (NGR) pada sistem Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 500 kV sesuai dengan standar SPLN T5.012 2020. Evaluasi dilakukan melalui pengumpulan data pendukung, orientasi lapangan ke beberapa unit GITET 500 kV yang menggunakan NGR, serta melakukan *design review*. Penelitian ini juga merujuk pada surat PT PLN (Persero) UIP JBT I kepada PT PLN Enjiniring No. 1763/KON.02.03/480000/2019 tanggal 2 Desember 2019 terkait permintaan evaluasi dan rekomendasi penyesuaian lingkup GITET 500 kV PLTU Indramayu. Kajian ini merupakan bagian dari pekerjaan *Design Review* dan QA/QC GITET 500/150 kV PLTU Indramayu berdasarkan Perjanjian No. 0145.PJ/DAN.02.02/UIP JBT II/2018 tanggal 13 Desember 2018 antara PT PLN (Persero) UIP Jawa Bagian Tengah II dan PT CG Power System Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kombinasi pengumpulan data penunjang dan orientasi lapangan, pekerjaan *design review*, QA/QC GITET 500/150kV PLTU Indramayu (Kota Indramayu) sesuai dengan kebutuhannya, diskusi dan pelaporan, dijelaskan pada *flowchart*/diagram alir pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart penelitian

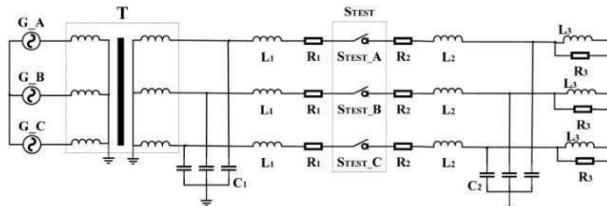
Penelitian dimulai dengan studi literatur untuk memahami referensi dan informasi terkait yang relevan. Kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan informasi dan data awal yang menjadi dasar dalam melaksanakan tahapan orientasi lapangan. Pada tahap orientasi lapangan, dilakukan pengamatan langsung untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai kondisi aktual di lapangan. Setelah itu, data primer dan sekunder dikumpulkan untuk mendukung analisis lebih lanjut. Data yang terkumpul kemudian diverifikasi untuk memastikan validitas dan keakuratannya. Tahap berikutnya adalah *review design*, di mana desain dievaluasi berdasarkan data yang telah diverifikasi. Hasil evaluasi dan pembahasan dituangkan dalam bentuk laporan yang kemudian diajukan untuk proses persetujuan desain (*approval design*). Setelah desain disetujui, penelitian berakhir dengan implementasi hasil desain atau rekomendasi.

Dalam hal ini, desain reaktor menggunakan spesifikasi sesuai dengan *approval* setelah dilakukan

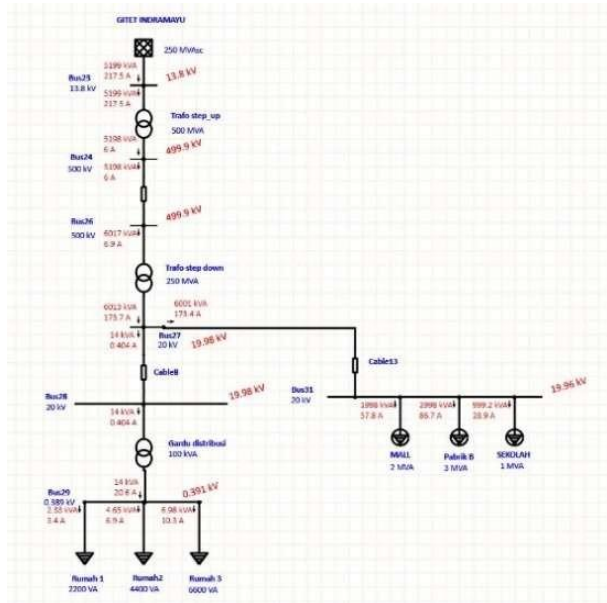
design review yang akan dipasang pada sisi bay line pada sistem GITET 500 kV Indramayu, yaitu:

- Oil immersed type
- Single phase
- Core type
- Jenis pendingin ONAN

Technical Particular Guarantee (TPG) terlampir sesuai dengan hasil design review project GITET 500 kV PLTU Indramayu dan pengadaan shunt reactor 2×100 MVAR ($3 \times 33,33$ MVAR).



Gambar 4. Shunt reactor connection



Gambar 5. Single line diagram GITET pada ETAP

Pada GITET 500 kV Indramayu akan dibangun 2 bay arah GITET Mandirancan dengan menggunakan reaktor yang terdiri dari:

- Circuit breaker
- Disconnecting switch with earth
- Current transformer 500 kV
- Shunt reactor
- Current transformer 150 kV
- Neutral reactor

Terlampir pada Gambar 6 single line diagram shunt reactor.

NO.	KOMPONEN	PEMAKAIAN KV	DAYA kVA	PEMAKAIAN AMPERE
1	GITET INDRAMAYU	13.8	5199	217.5
2	TRAFO STEP UP	499.9	5198	6
3	TRAFO STEP DOWN	19.98	6013	173.3
4	GARDU DISTRIBUSI		14	20.6
5	RUMAH KECIL	0.391	2.33	3.4
6	RUMAH SEDENG		4.66	6.9
7	RUMAH GEDE		6.99	10.3
8	MALL	19.96	1998	57.8
9	PABRIK		2998	86.7
10	SEKOLAH		999.2	28.9
11	BUS 23	13.8	5,198	217.5
12	BUS 24	499.9	5,196	6
13	BUS 25		5,975	6.9
14	BUS 26		0,013981	0.404
15	BUS 27	19.98	0,013981	0.404
16	BUS 28		0,013951	3.4
17	BUS 29	19.96	5,994	173.4

Gambar 6. Data GITET pada aplikasi ETAP

- Pengumpulan Data Penunjang dan Orientasi Lapangan

Gambaran lokasi pekerjaan berdasarkan Peta Wilayah Administrasi lokasi GITET 500/150 kV Indramayu (Kota Indramayu) termasuk dalam sistem Transmisi Pulau Jawa bagian utara. Alamat GITET 500/150 kV Indramayu (Kota Indramayu): Sumuradem, Sukra, Indramayu Regency, Jawa Barat 45131 pada koordinat -6.5994752° S, 106.8072960° E seperti ditunjukkan pada Gambar



Gambar 7. Gambar lokasi GITET Indramayu

Pada lokasi GITET 500/150 kV Indramayu (Kota Indramayu) direncanakan seperti layout pada Gambar 7 yang terdiri dari:

- 4 (empat) Line Bay
- 2 (dua) Reactor Bay 100 MVAR
- 2 (dua) Future Bay

- Pekerjaan Survei

Dari hasil site survey jarak yang diperoleh:

- GITET Indramayu dengan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Indramayu berjarak $\pm 1,5$ kilometer.

2. Jarak antara PLTU Indramayu dengan PLTU Tanjung Jati adalah ± 330 kilometer.
 3. Melakukan *site survey* dan sistem operasi pada GITET 500 kV Depok.
- c) Pekerjaan *Engineering Design*:
1. Pada GITET 500/150 kV Indramayu (Kota Indramayu) harus didesain untuk memenuhi aspek keamanan dan keandalan yang tinggi sesuai dengan kaidah operasi yang berlaku di PLN.
 2. Pada GITET 500/150 kV Indramayu (Kota Indramayu) akan digunakan *shunt reactor* 2×100 MVAR ($3 \times 33,33$ MVAR) untuk mengkoordinasi jalur transmisi ke PLTU Tanjung Jati.
 3. Pada GITET 500/150 kV Indramayu (Kota Indramayu) akan menggunakan NGR.

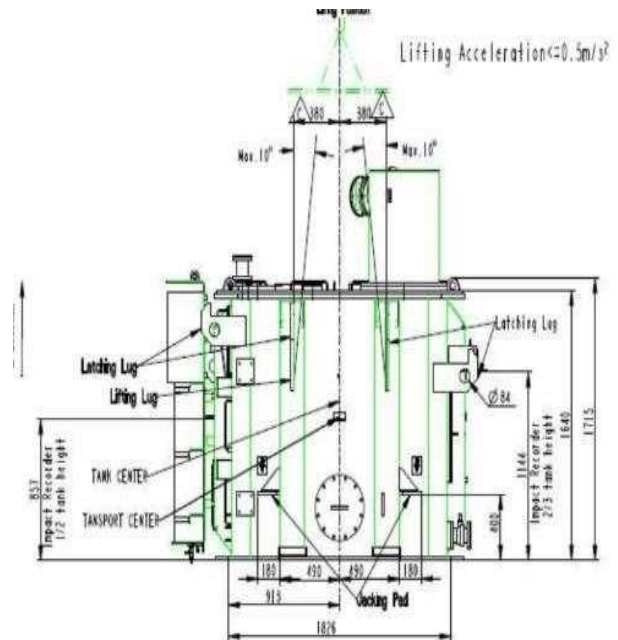
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil *site survey* dan kajian sistem yang telah disebutkan SPLN T3.015:2022 Pemilihan Spesifikasi *Shunt Reactor* pada sistem transmisi dan SPLN T5.012 2020 tentang pembumian pada gardu induk dan jaringan transmisi untuk mengurangi beban transien dan *overvoltage* dibutuhkan koneksi konduktor ke elektroda, serta untuk menyeimbangkan ketiga tegangan fasa yang dipasang seimbang dari masing-masing arus impedansi akan menjadi sama dan saling berbeda antar fasanya. Maka sesuai gambaran dan referensi pembumian, pada *shunt reactor* disarankan menggunakan *Neutral Grounding Reactor* (NGR) dengan memperhatikan:

- a) Sistem pembumian didesain sesuai dengan standar IEEE Std 80 tentang *Guide for Safety in AC Substation Grounding* 2013 dan SPLN T5.012 2020 tentang pembumian pada gardu induk dan jaringan transmisi.
- b) Perhitungan batasan toleransi tegangan langkah dan tegangan sentuh adalah sebesar ≤ 2800 V untuk tegangan langkah, ≤ 787 V untuk tegangan sentuh pada *mesh grounding*.
- c) Tahanan pembumian *grid* adalah $\leq 0,5$ Ohm.

Shunt reactor pada GITET menggunakan sistem pentanahan yang berfungsi melindungi dalam mengatasi *overvoltage*, *short circuit* dan gangguan lainnya pada sistem Gardu Induk (GI) maupun GITET yang dihubungkan ditanahkan/*grounding* pada saat gangguan di atas 25 % dari arus gangguan 3 fasa.

Untuk mengurangi *autoreclose* dengan cepat, *shunt reactor* dibumikan melalui *Neutral Grounding Reactor* (NGR). NGR juga akan membantu mengurangi tegangan lebih akibat resonansi selama operasi kutub tunggal. Gambar 8 menunjukkan gambar desain NGR.



Gambar 8. Design Neutral Grounding Reactor

Arus gangguan di atas 50 kA tidak dapat ditahan oleh *shunt reactor*, oleh karena itu risiko terjadinya arus *short circuit* yang dapat mengakibatkan kerusakan pada *shunt reactor* akibat dari besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah yang muncul pada *shunt reactor* dapat menjadi cukup tinggi. Untuk menurunkan besarnya arus gangguan tersebut, diterapkan sistem pentanahan menggunakan NGR dengan resistansi rendah, sehingga arus yang timbul dapat dibatasi hanya berada pada kisaran sekitar 1000 Ampere. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa NGR dengan nilai resistansi $2 \times 18 \Omega$ dapat menahan nilai arus *short circuit* 1 fasa ke tanah melalui perhitungan berikut.

$$I_{1 \text{ fasa}} = \frac{V_s}{NGR \times \sqrt{3}} \quad (1)$$

Penghitungan arus gangguan satu fasa ke tanah menunjukkan bahwa nilai resistansi NGR sangat berpengaruh dalam membatasi arus hubung singkat. Dengan menggunakan nilai resistansi $2 \times 18 \Omega$, sistem mampu menahan arus gangguan hingga sekitar 2405,63 A, sehingga kondisi lebih terkendali dan aman bagi peralatan. Nilai ini menunjukkan bahwa pemilihan NGR yang tepat dapat mengurangi risiko kerusakan peralatan serta mencegah kenaikan arus yang berlebihan saat terjadi gangguan. Secara keseluruhan, hasil perhitungan ini menegaskan pentingnya penentuan nilai NGR yang sesuai untuk meningkatkan keandalan dan proteksi sistem tenaga listrik.

Keuntungan melakukan pentanahan pada *shunt reactor* adalah kemampuannya menurunkan tegangan lebih transien, sehingga peralatan *shunt reactor* dapat memakai tingkat isolasi serta tipe *arrester* yang lebih kecil. Cara ini juga dapat mengurangi kebutuhan

penggunaan metode pentanahan dengan reaktor, terutama pada sistem bertegangan di atas 115 kV. NGR terhubung antara tanah dan titik rangkaian delta. Pada kondisi normal, hanya arus terbatas atau arus nol yang mengalir ke tanah. Tetapi pada kondisi gangguan terdapat terlalu banyak arus yang dibatasi oleh NGR berfungsi untuk menjaga kelangsungan operasi sistem dan umur peralatan.

KESIMPULAN

Penggunaan *Neutral Grounding Reactor* (NGR) berperan penting untuk membatasi arus gangguan tanah pada sistem yang menggunakan *shunt reactor* dengan *autoreclosed*. NGR membantu mengurangi arus hubung singkat dan *overvoltage* ketika transformator atau reaktor tidak mampu membatasinya sendiri. Selain itu, pemilihan NGR juga memenuhi persyaratan minimal 25% dari arus gangguan tiga fasa. Studi pada GITET 500 kV Depok dan Indramayu menunjukkan bahwa penerapan NGR meningkatkan keandalan dan kestabilan operasi sistem kelistrikan sesuai standar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adli, N. A., & Oetomo, P. (2022). Analisa Pentanahan Netral Pada Transformator 150/20kv Di Gardu Induk. *SINUSOIDA*, 24(1), 28-33.
- Geng, Y., Dong, J., Chen, X., Zhang, L., Yan, J., Geng, Y., ... & Wang, K. (2021). Three-phase modeling of 40.5-kV vacuum circuit breaker switching off shunt reactors and overvoltage suppression measure analysis. *Electric Power Systems Research*, 194, 107058.
- IEEE. (2006). *IEEE Guide for the Protection of Shunt Reactors*. IEEE Standard C37.109-2006. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- International Electrotechnical Commission. (2007). *Power transformers – Part 6: Reactors (IEC 60076-6:2007)*. International Electrotechnical Commission.
- Limtrakul, K., Premrudeepreechacharn, S., & Baghzouz, Y. (2018, May). Analysis of replacement from disconnecting switch to circuit breaker for 500 kV line shunt reactor. In *2018 18th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP)* (pp. 1-6). IEEE.
- Pratomo, S. E., Prastiwi, Y. A., & Widayat, W. (2025). Evaluasi Penggunaan Neutral Grounding Reaktor (NGR) Pada Shunt Reactor GITET 500 kV PLTU Indramayu. *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia*, 3(1).
- PT PLN (Persero). (2020). *SPLN T5.012: Pembumian pada gardu induk dan jaringan transmisi*. PT PLN (Persero)
- PT PLN (Persero). (2022). *SPLN T3.015: Pemilihan spesifikasi shunt reactor pada sistem transmisi*. PT PLN (Persero).

- Sampe, A., Mangopo, D., Ohee, E. M., Oktaviani, T. W., Bay, J. A. P., & Sole, V. T. (2023). Analisa Penggunaan NGR (Neutral Grounding Resistance) Pada Transformator 150/20 kV Dan 70/20 kV Di Gardu Induk Skyline. *Telecommunication, Electrical and Electronics Journal*, 1(1), 50-55.
- Surya, K. A. (2017). Studi Pengaruh Pemasangan NGR 40 Ohm Pada Upgrading Transformator 2 GI Gianyar Terhadap Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Tanah. *Teknologi Elektro*, 16, 112-117.