



Evaluasi Penggunaan *Neutral Grounding Reactor* (NGR) Pada *Shunt Reactor* GITET Indramayu

Shendy Eko Pratomo^{1,2}, Yulita Arni Priastiw¹, Widayat¹

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

²PT PLN Enjiniring, Jl. KS Tubun I No.2 Palmerah, Jakarta Barat, Indonesia 10230

^{*}Corresponding author: shendy@plne.co.id

(Received: December 27, 2024; Accepted: March 7, 2025)

Abstract

Evaluation of the Use of Neutral Grounding Reactor (NGR) on the Shunt Reactor GITET Indramayu. With the need to connect the transmission line of PT PLN (Persero) PLTU Indramayu with PLTU Tanjung Jati Central Java, PLN (Persero) built a 500 kV Extra High Voltage Substation (GITET). To channel and strengthen the distribution of electric power from the generator to customers, PT PLN (Persero) PUSLITBANG has conducted a study on the use of shunt reactors on the 500 kV GITET of PLTU Indramayu. Because the location of the 500 kV GITET of PLTU Indramayu is close to PLTU Indramayu, an evaluation of the use of a good grounding system is needed to accommodate and anticipate short circuit currents in the substation system, especially on the shunt reactor. This study aims to evaluate the use of Neutral Grounding Reactor (NGR) with supporting data collection methods, field orientation to several 500kV GITET units that use NGR and conduct a design review in accordance with the letter of PT PLN (Persero) UIP JBT I to PT PLN Enjiniring No. 1763 / KON.02.03 / 480000 / 2019 dated December 2, 2019 concerning the request for Evaluation and Recommendations for Adjusting the Scope of GITET 500 kV PLTU Indramayu in the Design Review work, QA / QC GITET 500 / 150kV PLTU Indramayu in Agreement No. 0145.PJ / DAN.02.02 / UIP JBT II / 2018 dated December 13, 2018 between PT PLN (Persero) UIP Central Java II and PT CG Power System Indonesia. The evaluation results show that the use of a grounding system in the shunt reactor system and also the system directly connected to the generator is very important using a Neutral Grounding Reactor (NGR) to overcome short circuit currents and overvoltage disturbances.

Keywords: *shunt reactor, neutral grounding reactor (NGR)*

Abstrak

Dengan adanya kebutuhan untuk menghubungkan jalur transmisi PT PLN (Persero) PLTU Indramayu dengan PLTU Tanjung Jati Jawa Tengah, maka PLN (Persero) membangun Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 500 kV. Untuk menyalurkan dan memperkuat pendistribusian daya listrik dari generator pembangkit kepada pelanggan, PT PLN (Persero) PUSLITBANG telah melakukan kajian penggunaan *shunt reactor* pada GITET 500 kV PLTU Indramayu. Dikarenakan lokasi GITET 500 kV PLTU Indramayu yang berdekatan dengan PLTU Indramayu, maka dibutuhkan evaluasi penggunaan sistem pentanahan yang baik untuk mengakomodir dan mengantisipasi arus hubung singkat pada sistem gardu induk, terutama pada *shunt reactor*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan *Neutral Grounding Reactor* (NGR) dengan metode pengumpulan data penunjang, orientasi lapangan ke beberapa unit GITET 500kV yang menggunakan NGR dan melakukan *design review* sesuai dengan adanya surat PT PLN (Persero) UIP JBT I kepada PT PLN Enjiniring No. 1763/KON.02.03/480000/2019 tanggal 2 Desember 2019 tentang permintaan Evaluasi dan Rekomendasi Penyesuaian Lingkup GITET 500 kV PLTU Indramayu pada pekerjaan *Design Review*, QA/QC GITET 500/150kV PLTU Indramayu pada 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. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penggunaan sistem *grounding* pada sistem *shunt reactor* dan juga sistem yang terhubung langsung dengan pembangkit sangat penting menggunakan *Neutral Grounding Reactor* (NGR) untuk menanggulangi arus hubung singkat dan gangguan *overvoltage*.

Kata kunci: *shunt reactor, neutral grounding reactor (NGR)*

How to Cite This Article: Pratomo, S. E., Priastiwi, Y. A., & Widayat, W. (2025). Evaluasi Penggunaan *Neutral Grounding Reactor* (NGR) Pada *Shunt Reactor* GITET Indramayu. *JPII*, 3(1), 19-24. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2025.25705>

PENDAHULUAN

Shunt reactor adalah suatu kumparan yang dipasang paralel dengan sistem GI dan GITET sehingga mempunyai kemampuan untuk menyerap daya reaktif kapasitif (daya dan tegangan kerja) dari sistem tenaga listrik sesuai dengan kapasitas terpasang *shunt reactor* tersebut. *Shunt reactor* dioperasikan pada sistem yang mempunyai arus pengisian yang besar pada saat beban ringan/rendah. Selain itu, *shunt reactor* digunakan untuk memperkecil *overvoltage* karena terputusnya saluran transmisi pada salah satu ujungnya, serta digunakan juga saat *energize* pada jaringan transmisi yang panjang. *Shunt reactor* dapat dipasang langsung pada *line* transmisi, bus tegangan ekstra tinggi, atau melalui kumparan tersier transformator 1 fasa 3 kumparan (*1 phase three pole*) yang berfungsi untuk penyerapan tegangan sekunder saat beban ringan/rendah. (PT PLN (Persero), 2022).

Untuk mendorong percepatan pembangunan, penyusunan Enjiniring Desain (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).

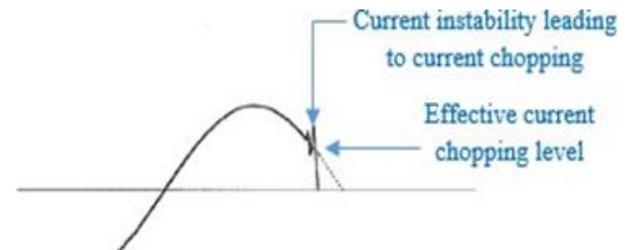
Pada sistem GI atau GITET sering terjadi kegagalan pada sistem pentanahan saat terjadi anomali seperti *short circuit* dan *overvoltage*, terutama pada *bay trafo* ataupun *bay reactor* yang menggunakan sistem pentanahan *solid*. Oleh karena itu, sistem tenaga listrik tidak lagi dibuat terapung yang lazim disebut sistem delta, tetapi titik netralnya ditanahkan melalui tahanan reaktor dan ditanahkan 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).

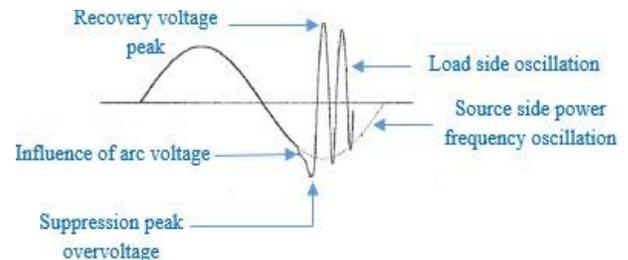
Anomali pada sistem tenaga listrik adalah suatu masalah yang menyebabkan kondisi pada sistem tenaga listrik yang tidak sesuai dengan standar operasi. Salah satu yang menyebabkan kondisi ini adalah anomali hubung singkat. Anomali *short circuit* dibagi menjadi:

- 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 langsung merupakan sistem pentanahan yang dihubungkan langsung antara titik netral trafo ke tanah. Pada sistem ini, bila terjadi gangguan kawat ke tanah akan mengakibatkan terganggunya kawat dan gangguan ini harus diisolasi dengan pemutus pemutus daya (PMT/CB). Tujuannya untuk mentanahkan titik netral secara langsung dan membatasi kenaikan tegangan dari fasa yang tidak terganggu. Digunakan pada sistem dengan tegangan 20 kV. Sistem ini mengandalkan nilai besarnya tahanan pentanahan (makin kecil tahanan pentanahan makin baik) yang dipengaruhi oleh bahan dari 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

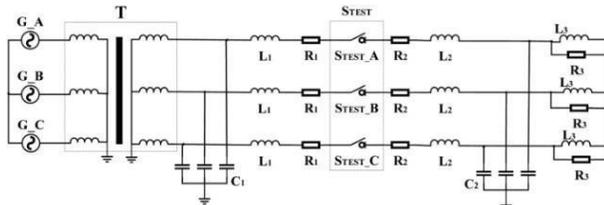
Penelitian dimulai dengan studi literatur untuk memahami referensi dan informasi terkait yang relevan. Kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan informasi dan data awal yang menjadi dasar dalam melaksanakan tahapan orientasi lapangan. Pada tahap orientasi lapangan, dilakukan pengamatan langsung untuk mendapatkan 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.

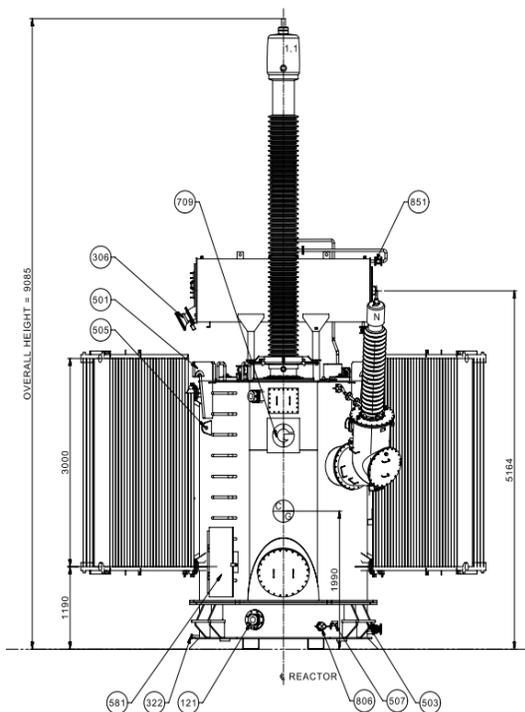
Dalam hal ini, desain reaktor menggunakan spesifikasi sesuai dengan *approval* setelah dilakukan *design review* yang akan dipasang pada sisi *bay line* pada sistem GISTET 500 kV Indramayu, yaitu:

- a. *Oil immersed type*
- b. *Single phase*
- c. *Core type*
- d. Jenis pendingin ONAN

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



Gambar 4. *Shunt reactor connection*

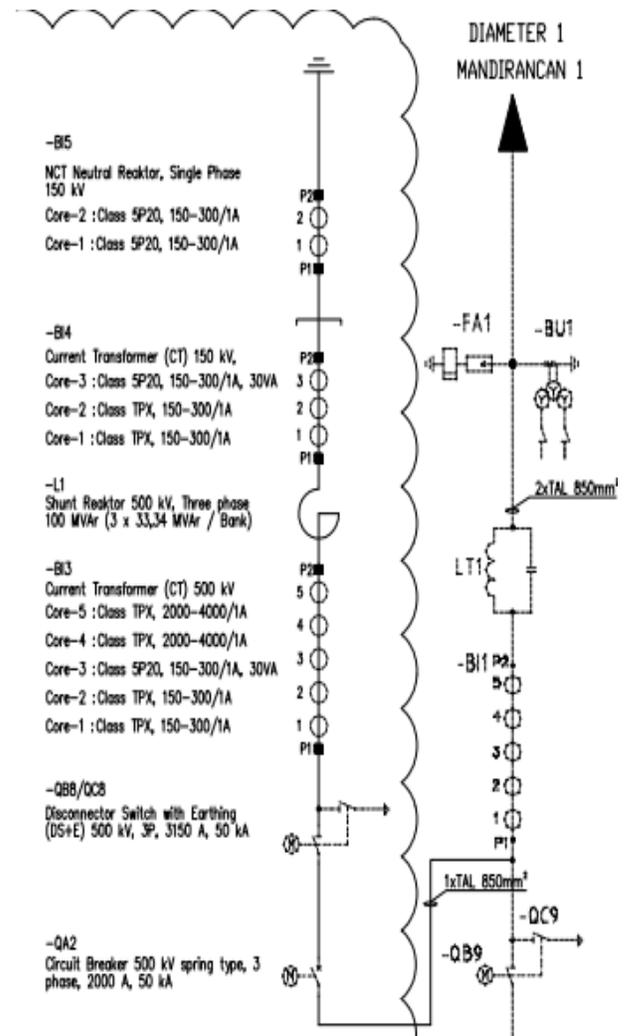


Gambar 5. *Design shunt reactor*

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

1. *Circuit breaker*
2. *Disconnecting switch with earth*
3. *Current transformer 500 kV*
4. *Shunt reactor*
5. *Current transformer 150 kV*
6. *Neutral reactor*

Terlampir pada Gambar 6 *single line diagram* shunt reactor.



Gambar 6. *Single line diagram shunt reactor*

- a) 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 7.



Gambar 7. Gambar lokasi GITET Indramayu

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

1. 4 (empat) *Line Bay*
2. 2 (dua) *Reactor Bay* 100 MVAR
3. 2 (dua) *Future Bay*

b) Pekerjaan Survei

Dari hasil *site survey* jarak antara diperoleh:

1. GITET Indramayu dengan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Indramayu berjarak ±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 Enjiniring 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 × 33,33 MVAR) untuk mengakomodir jalur transmisi ke PLTU Tanjung Jati.
3. Pada GITET 500/150 kV Indramayu (Kota Indramayu) akan menggunakan NGR untuk mengantisipasi gangguan arus hubung singkat dan *overvoltage*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

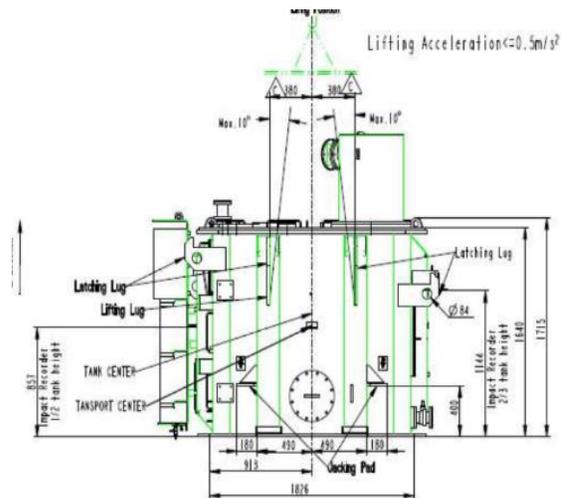
Dari hasil *site survey* dan kajian sistem yang telah disebutkan SPLN T3.015:2022 Pemilihan Spesifikasi *Shunt Reactor* pada sistem transmisi dan SPLN T5.012

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 phasa-nya. 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 ≤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 resiko terjadinya arus *short circuit* yang dapat mengakibatkan kerusakan pada *shunt reactor* akibat dari besarnya arus hubung singkat gangguan (1 fasa ke tanah) yang terjadi pada *shunt reactor*. Untuk mereduksi arus gangguan tersebut, maka

digunakan pentanahan menggunakan NGR dengan resistansi rendah yang dapat membatasi arus gangguan hingga kisaran 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.

$$I_{1 \text{ fasa}} = \frac{V_s}{N_{GR} \cdot \sqrt{3}} \quad (1)$$

di mana $I_{1 \text{ fasa}}$ merupakan arus gangguan 1 fasa ke tanah, V_s adalah tegangan sumber (dalam ribuan), N_{GR} adalah nilai resistansi NGR. Sehingga didapatkan NGR dengan nilai resistansi $2 \times 18 \Omega$ dapat menahan nilai arus *short circuit* 1 fasa ke tanah sebesar 2405,63 A.

Keuntungannya dengan mengetanahkan *shunt reactor* adalah untuk menekan tegangan lebih transien, sehingga *shunt reactor* daya dapat menggunakan isolasi dan tipe *arrester* yang lebih kecil dan mengurangi penggunaan metode pengetanahan dengan reaktor, terutama untuk sistem-sistem 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

Berdasarkan studi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *Neutral Grounding Reactor* (NGR) memiliki peran penting dalam sistem pentanahan untuk membatasi arus gangguan tanah pada saat terjadi gangguan, khususnya pada *shunt reactor* yang dilengkapi dengan fitur *autoreclosed*. NGR direkomendasikan untuk mengatasi arus hubung singkat dan gangguan *overvoltage*, terutama jika trafo daya atau reaktor tidak cukup membatasi arus gangguan tanah. Penggunaan NGR juga memenuhi persyaratan sistem pentanahan, yaitu minimal 25% dari arus gangguan tiga fasa. Berdasarkan data yang terkumpul, sistem pentanahan yang baik diperlukan untuk mengatasi gangguan yang terjadi pada sistem GITET, GI, maupun PLTU. Pada GITET 500 kV Depok dan Indramayu, NGR digunakan pada *shunt reactor* sebagai upaya untuk mengelola daya reaktif yang teridentifikasi dalam satuan *Mega Volt Ampere Reactive* (MVA_r). Dengan demikian, implementasi sistem pentanahan ini mendukung keandalan dan kestabilan operasi sistem kelistrikan sesuai standar yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Adli, N. A., & Oetomo, P. (2022). ANALISA PENTANAHAN NETRAL PADA TRANSFORMATOR 150/20KV DI GARDU INDUK. *SINUSOIDA*, 24(1), 28-33.
- Darma I.K.A.S, I.G.D.Arjana, A.A.G.M.Pemayun, Studi Pengaruh Pemasangan NGR 40 Ohm pada

Uprating Transformator 2 GI Gianyar Terhadap Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Tanah. *Teknologi Elektro*

- 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.
- 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. *Jurnal teletronic*, 1(1), 50-55.