

## PEMODELAN TRANSIEN ELEKTROMAGNETIK SUB SISTEM GITET NEW AUR DURI

OFPRIA VEVEL<sup>1</sup>, RAHMAT RACHIM AMIN<sup>2</sup>, HERRIS YAMASHIKA<sup>3\*</sup>,  
AGGRIVINA DWIHARZANDIS<sup>4</sup>, WIWIN LOVITA<sup>5</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat<sup>1,2,3,4,5</sup>  
PT. PLN (Persero), UIP3B Sumatera<sup>1,2</sup>

email: ofpria.vevel@yahoo.com<sup>1</sup>, ramaikachiem227@gmail.com<sup>2</sup>,  
herrisyamashika@umsb.ac.id<sup>3</sup>, aggrivinadwiharzandis@umsb.ac.id<sup>4</sup>,  
lovitawihin21@gmail.com<sup>5</sup>

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v9i2.7988>

**Abstract:** *Electromagnetic transient modeling is an analytical method used to understand the transition phenomena that occur in electric power systems due to disturbances, such as short circuits, switching, and lightning. This study aims to conduct electromagnetic transient modeling on the GITET New Aur Duri subsystem to determine the characteristics of the system's response to transient conditions. The method used is system modeling using electric power system simulation software by entering network component parameters such as transmission lines, transformers, and voltage sources. The simulation results show that transient phenomena can cause rapid changes in voltage and current in a very short time. Therefore, this modeling is important to help analyze and understand system behavior so that it can improve the reliability and safety of electric power system operations on the GITET New Aur Duri subsystem.*

**Keywords:** *electromagnetic transients, EMTP/ transient simulation, electric power systems, GITET New Aur Duri, power system disturbances, system modeling.*

**Abstrak:** Pemodelan transien elektromagnetik merupakan salah satu metode analisis yang digunakan untuk memahami fenomena peralihan yang terjadi pada sistem tenaga listrik akibat gangguan, seperti hubung singkat, switching, maupun petir. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemodelan transien elektromagnetik pada subsistem GITET New Aur Duri guna mengetahui karakteristik respon sistem terhadap kondisi transien. Metode yang digunakan adalah pemodelan sistem menggunakan perangkat lunak simulasi sistem tenaga listrik dengan memasukkan parameter komponen jaringan seperti saluran transmisi, transformator, dan sumber tegangan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa fenomena transien dapat menimbulkan perubahan tegangan dan arus secara cepat dalam waktu yang sangat singkat. Oleh karena itu, pemodelan ini penting untuk membantu menganalisis dan memahami perilaku sistem sehingga dapat meningkatkan keandalan dan keamanan operasi sistem tenaga listrik pada subsistem GITET New Aur Duri.

**Kata Kunci:** transien elektromagnetik, EMTP/ simulasi transien, sistem tenaga listrik, GITET New Aur Duri, gangguan sistem tenaga, pemodelan sistem.

### A. Pendahuluan

Fenomena transien elektromagnetik (electromagnetic transients/EMT) merupakan salah satu aspek penting dalam analisis dinamis sistem tenaga listrik, khususnya pada sistem transmisi tegangan tinggi dan ekstra tinggi. Peristiwa seperti operasi switching peralatan, gangguan hubung singkat, pelepasan energi induktif dan kapasitif, serta sambaran petir dapat menghasilkan respon sistem yang sangat cepat dalam rentang waktu mikrodetik hingga milidetik. Respon tersebut sering menimbulkan tegangan lebih (overvoltage), osilasi frekuensi tinggi, serta distribusi arus gangguan yang kompleks, yang dapat mempengaruhi koordinasi isolasi, kinerja sistem proteksi, serta keandalan peralatan sistem tenaga. Oleh karena itu, analisis fenomena transien elektromagnetik menjadi penting untuk memastikan keamanan dan kontinuitas operasi sistem tenaga modern [1].

Pada sistem transmisi tegangan tinggi, fenomena transien sering dipicu oleh proses energisasi saluran transmisi, operasi pemutus tenaga, maupun gangguan eksternal seperti petir. Studi

menunjukkan bahwa operasi switching pada sistem transmisi dapat menghasilkan tegangan lebih yang mencapai lebih dari 2 per unit (pu) dari tegangan nominal, yang berpotensi melampaui batas koordinasi isolasi peralatan jika tidak dianalisis secara memadai [1]. Selain itu, interaksi elektromagnetik antara konduktor, transformator, dan komponen sistem lainnya dapat menyebabkan propagasi gelombang transien ke bagian jaringan lain melalui mekanisme kopling elektromagnetik.

Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) sebagai simpul penting dalam sistem transmisi memiliki peran strategis dalam menyalurkan energi listrik dari pembangkit menuju jaringan distribusi maupun sistem interkoneksi. Kompleksitas konfigurasi peralatan seperti busbar, transformator daya, saluran transmisi, surge arrester, serta peralatan switching menjadikan gardu induk sebagai lokasi yang sangat rentan terhadap fenomena transien elektromagnetik. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa operasi switching pada gardu induk, terutama pada sistem berisolasi gas (GIS), dapat menghasilkan very fast transient overvoltage (VFTO) dengan komponen frekuensi hingga ratusan megahertz yang dapat mempengaruhi peralatan utama maupun sistem kontrol dan proteksi [2].

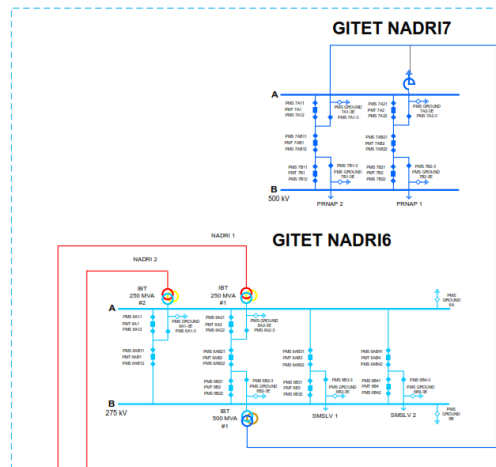
Seiring berkembangnya teknologi komputasi, analisis fenomena transien elektromagnetik semakin banyak dilakukan menggunakan perangkat lunak simulasi berbasis Electromagnetic Transient Program (EMTP) [3] dan turunannya seperti ATP-EMTP atau EMTP-RV. Perangkat lunak ini memungkinkan pemodelan rinci komponen sistem tenaga dengan mempertimbangkan parameter terdistribusi, karakteristik nonlinier peralatan, serta efek frekuensi tinggi. Dengan pendekatan ini, berbagai fenomena transien seperti switching surge, lightning surge, resonansi sistem, serta interaksi gelombang elektromagnetik dalam jaringan transmisi dapat dianalisis secara akurat tanpa harus melakukan pengujian langsung pada sistem nyata yang berisiko tinggi [4].

Dalam konteks pengembangan sistem transmisi, GITET New Aur Duri yang beroperasi pada level tegangan 275 kV dan 500 kV merupakan bagian penting dari jaringan interkoneksi tenaga listrik. Tingginya level tegangan operasi serta kompleksitas konfigurasi peralatan menjadikan analisis fenomena transien elektromagnetik pada gardu induk ini sangat penting untuk memastikan keandalan dan keamanan operasi sistem. Oleh karena itu, pengembangan model transien elektromagnetik yang representatif menjadi langkah penting untuk memahami karakteristik respon sistem terhadap berbagai skenario operasi maupun gangguan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model transien elektromagnetik sistem GITET New Aur Duri (275 kV dan 500 kV) yang dapat digunakan sebagai raw model dalam simulasi berbagai kondisi operasi dan gangguan. Model tersebut diharapkan mampu merepresentasikan perilaku dinamis komponen utama gardu induk sehingga dapat digunakan untuk menganalisis fenomena seperti tegangan lebih akibat switching, distribusi arus gangguan, respon sistem proteksi, serta koordinasi isolasi peralatan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan keandalan sistem transmisi, keamanan operasi gardu induk, serta optimalisasi desain proteksi dan koordinasi isolasi pada subsistem GITET New Aur Duri.

## B. Metodologi Penelitian

Objek dari kajian ini adalah Sub Sistem GITET New Aur Duri. GITET ini merupakan bagian dari sistem interkoneksi kelistrikan pulau Sumatera, yang tersambung dengan saluran transmisi 275 kV dan 500 kV. GITET New Aur Duri terhubung dengan GITET Pranab melalui 2 saluran transmisi 500 kV. GITET New Aur Duri memiliki 2 unit IBT (Inter Bus Transformator) 275/150 kV, dan 1 unit IBT 500/175 kV. GITET ini menerima pasokan daya dari PLTU Sumsel V (2x200 MW) melalui saluran transmisi 275 kV. Berikut adalah single line diagram GITET New Aur Duri.

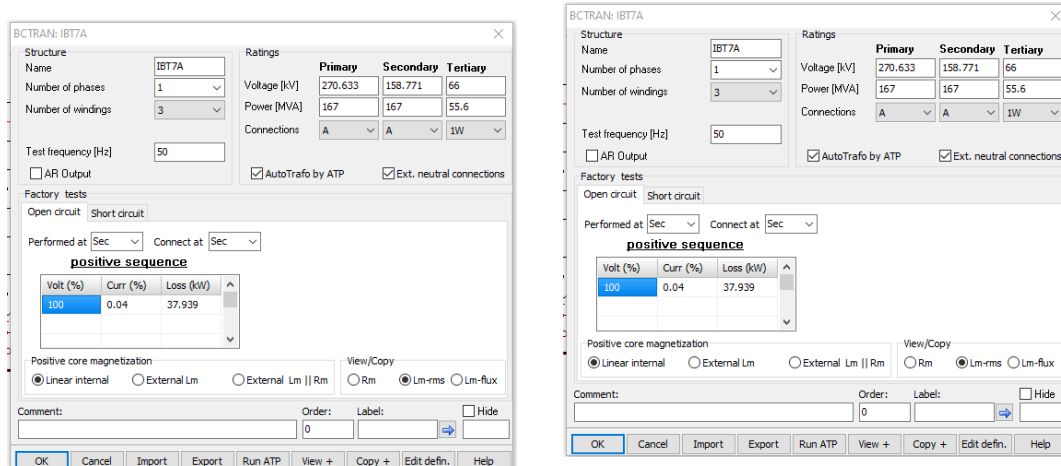


Gambar 6. Diagram Garis Tunggal GITET New Aur Duri

## C. Pembahasan dan Analisa Pemodelan

### 1.1 IBT 500/275 kV

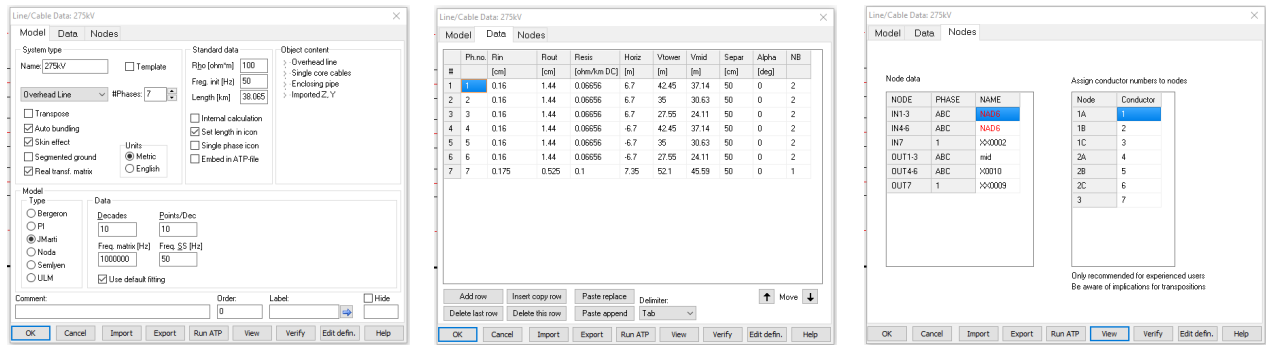
IBT 500/275 kV yang digunakan terdiri dari 3 unit autotrafo fasa tunggal 3 belitan. Masing-masing autotrafo berkapasitas 167 MVA untuk belitan utama dan 55,6 MVA untuk belitan delta yang dirangkai secara external untuk mendapatkan vektor YNa0d11. IBT ini dimodelkan oleh BCTRAN trafo. Parameter yang dimasukkan adalah hasil pengujian tanpa beban dan pengujian hubung singkat.



Gambar 7. Parameter BCTRAN (IBT Autotrafo)

### 1.2 TRANSMISI 275

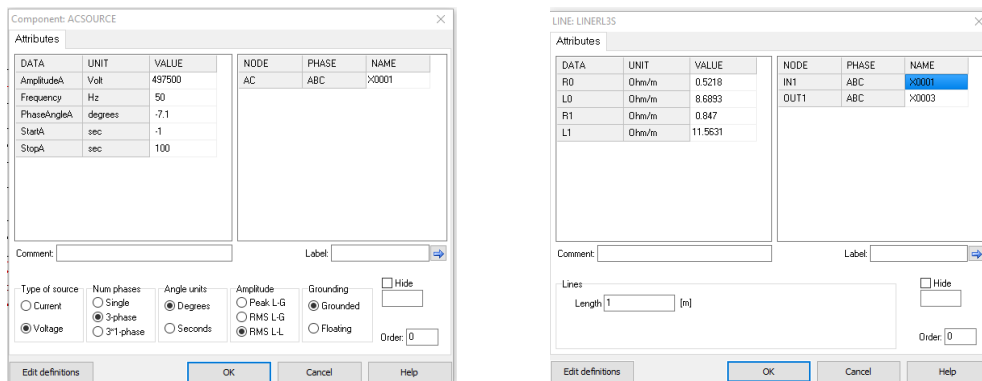
Saluran transmisi 275 kV yang dimodelkan menghubungkan PLTU Sumsel V dan GITET New Aur Duri sepanjang 78,134 kms. Saluran tersebut terdiri dari dua saluran dengan ukuran penghantar 2x435 mm<sup>2</sup> dan ukuran GSW 70 mm<sup>2</sup>. Saluran transmisi dimodelkan oleh LCC Line JMarti. Konfigurasi penghantar pada tower transmisi mengacu pada konstruksi tower tipe AA.



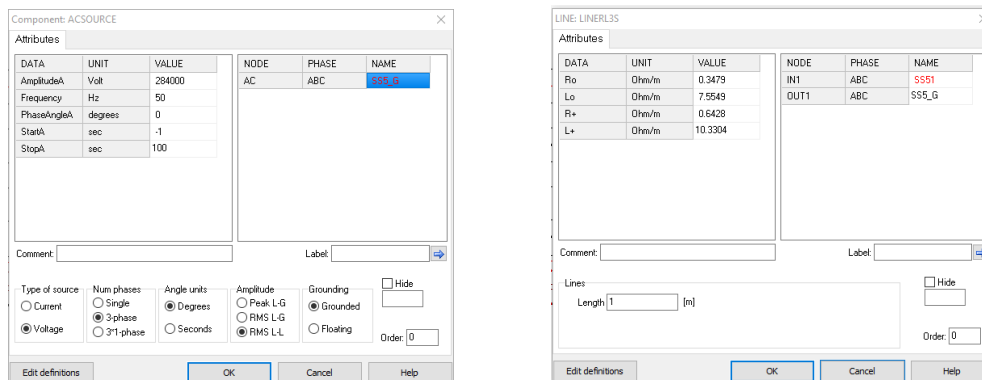
Gambar 8. Parameter Line JMarti

### 1.3 GENERATOR DAN GRID 500 kV

PLTU Sumsel V dan grid 500 kV dimodelkan sebagai sumber tegangan yang terhubung seri dengan komponen RL seri. Komponen RL seri tersebut merupakan impedansi Thevenin urutan positif dan urutan nol yang diperoleh dari data level hubung singkat.



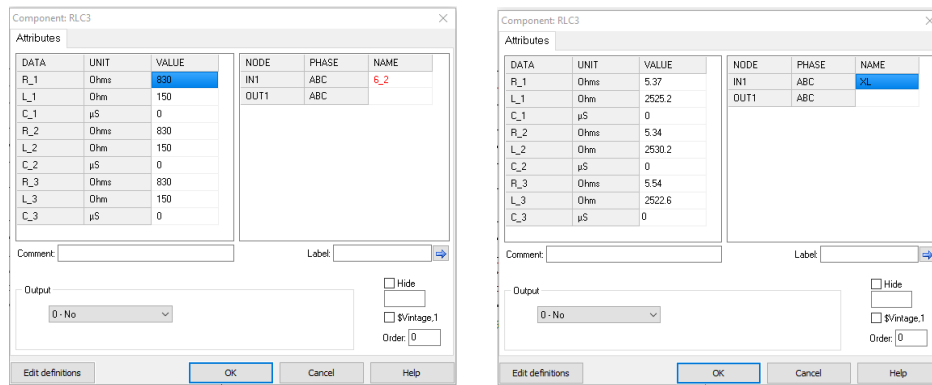
Gambar 9. Parameter Sumber Tegangan



Gambar 10. Parameter Impedansi Thevenin

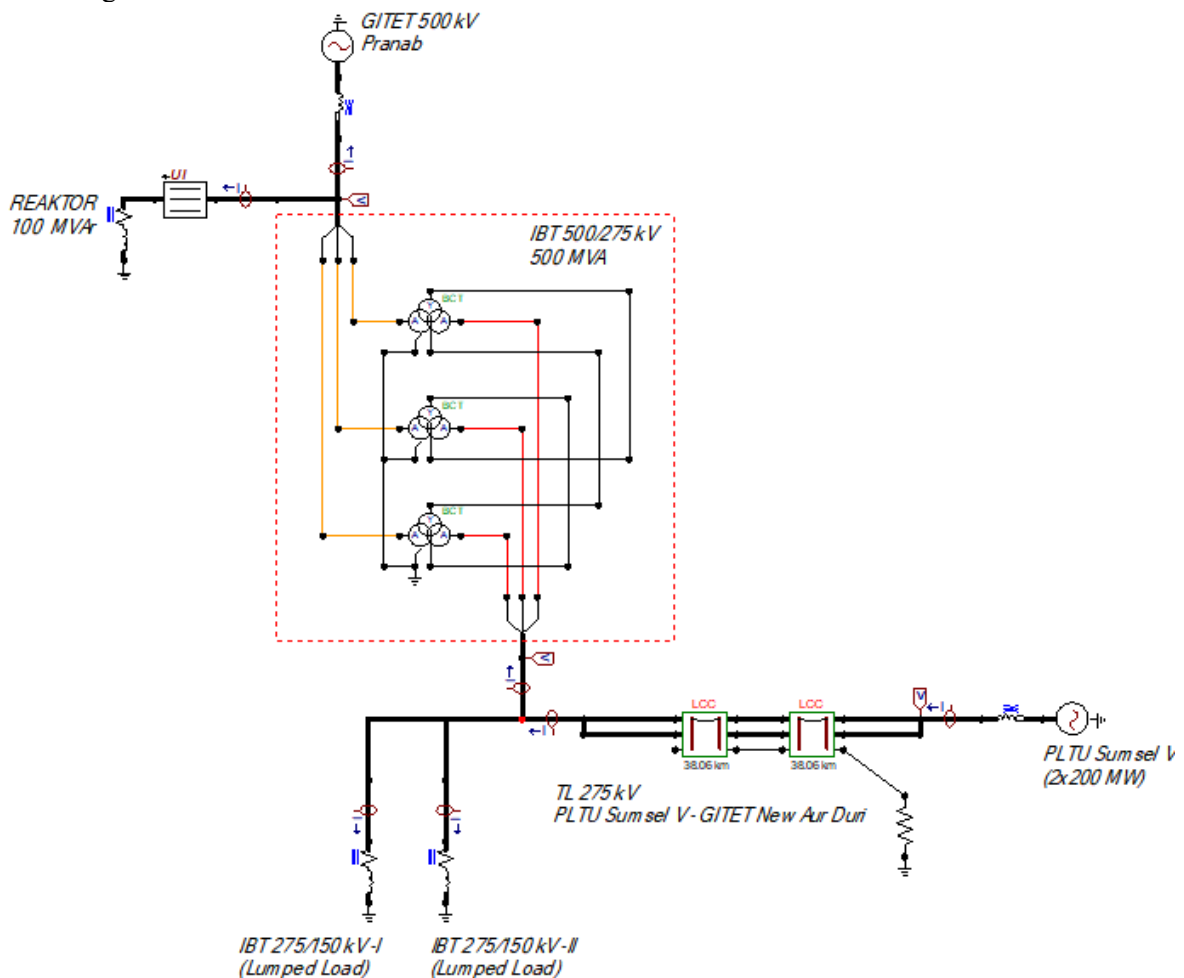
### 1.4 Beban

Pada pengembangan model ini, IBT 275/150 kV dimodelkan sebagai beban sisi 275 kV. Nilai beban diambil dari pembacaan di SCADA. Beban dimodelkan sebagai komponen RLC 3 fasa. Selain itu komponen RLC 3 fasa juga digunakan untuk memodelkan reaktor 500 kV 100 MVAR



Gambar 11. Parameter komponen RLC (beban dan reaktor)

4.5 Rangkaian model



Gambar 12. Model ATP Draw – EMTP Sub Sistem New Aur Duri

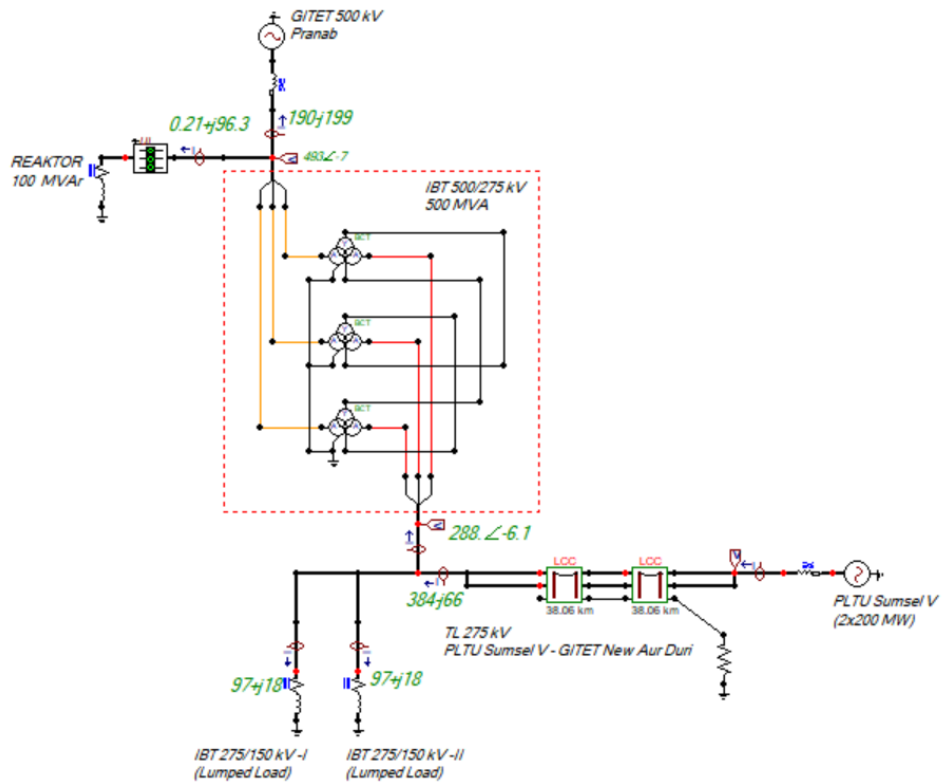
**Validasi model**

Validasi model yang telah dikembangkan bertujuan untuk memastikan bahwa model tersebut benar-benar merepresentasikan sistem secara aktual berdasarkan kondisi lapangan. Validasi dilakukan dengan melakukan simulasi pada kondisi normal didasarkan pada kondisi operasi luar waktu beban puncak. Hasil simulasi akan dibandingkan dengan nilai aktual parameter.

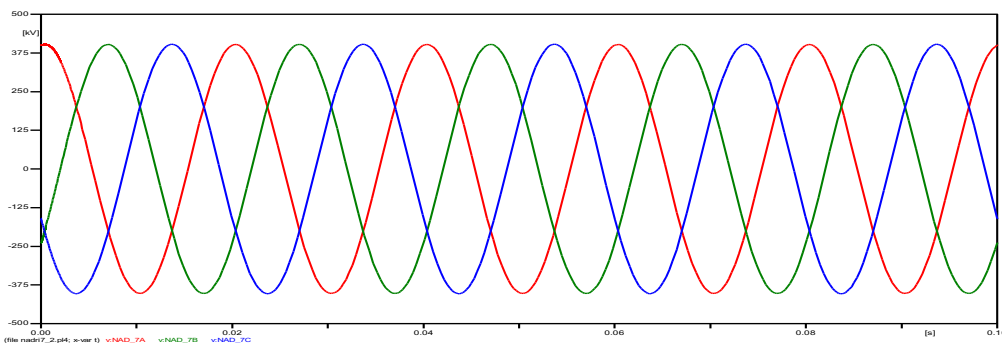
Hasil simulasi pada kondisi normal, memperlihatkan PLTU Sumsel V mengirim daya aktif ke GITET New Aur Duri sebesar 384 MW dan menerima daya reaktif sebesar 66 MVar melalui bus 275 kV. Daya aktif yang diterima, akan disalurkan ke 2 unit IBT 275/150 kV dengan beban masing-masing 97 MW dan 18 MVar. Sisa daya aktif disalurkan ke bus 500 kV melalui IBT 500/275 kV. Besarnya daya yang disalurkan ke sistem 500 kV adalah 190 MW, dan daya reaktif sebesar 199 MVar diterima dari sistem 500 kV. Perbandingan nilai aktual dan hasil simulasi parameter terlihat pada tabel 1, dan hasil simulasi ditunjukkan oleh gambar 8 - 10.

Tabel 4. Perbandingan hasil simulasi terhadap kondisi operasi aktual

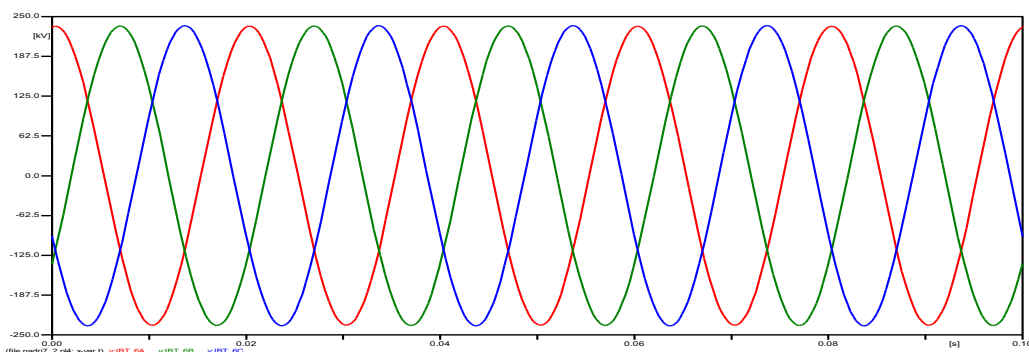
No	Parameter	Kondisi Operasi Aktual	Hasil Simulasi Kondisi Normal	Deviasi (%)
1	<b>Tegangan (kV)</b>			
	Bus 500 kV GITET New Aur Duri (kV)	493	493	0.00%
	Bus 275 kV GITET New Aur Duri (kV)	283	288	1.77%
2	<b>Daya Aktif (MW)</b>			
	Import dari PLTU Sumsel V	380.95	384	0.80%
	Export ke IBT 275/150 kV I	93.28	97	3.99%
	Export ke IBT 275/150 kV II	94.27	97	2.90%
	Export ke GITET Pranab (via 500 kV)	193.79	190	-1.96%
3	<b>Daya Reaktif (MVar)</b>			
	Import dari PLTU Sumsel V	-68.7	-66	-3.93%
	Export ke IBT 275/150 kV I	17.27	18	4.23%
	Export ke IBT 275/150 kV II	17.15	18	4.96%
	Export ke GITET Pranab (via 500 kV)	207.86	199	-4.26%
	Export ke Reaktor	95.12	96.3	1.24%



Gambar 13. Simulasi bus kondisi normal luar waktu beban puncak (LWBP)



Gambar 14. Kurva tegangan bus 500 kV kondisi normal luar waktu beban puncak (LWBP)



Gambar 15. Kurva tegangan bus 275 kV kondisi normal luar waktu beban puncak (LWBP)

Pada Gambar 9. terlihat hasil gelombang tegangan pada sistem BusBar 500 kV GITET New Aur Duri yang dengan urutan Phasa R (Merah), S (Hijau) dan T (Biru). Pada Gambar 10. terlihat hasil gelombang tegangan pada sistem BusBar 275 kV GITET New Aur Duri yang dengan urutan Phasa R (Merah), S (Hijau) dan T (Biru). Untuk pemodelan ini kita menggunakan Aplikasi ATP-Draw yang berfungsi memodelkan sistem kelistrikan—seperti sistem proteksi petir pada BTS—dalam bentuk rangkaian listrik dan gelombang impuls, yang memungkinkan analisis transien elektromagnetik dan elektromekanis secara visual.

#### D. Penutup

Berdasarkan hasil pemodelan dan validasi yang telah dilakukan pada subsistem GITET New Aur Duri menggunakan aplikasi ATP-Draw berbasis EMTP, dapat disimpulkan bahwa model sistem yang dikembangkan mampu merepresentasikan kondisi operasi sistem tenaga listrik secara cukup akurat. Hal ini ditunjukkan dari perbandingan antara hasil simulasi dengan data operasi aktual yang memiliki deviasi relatif kecil pada parameter tegangan, daya aktif, dan daya reaktif.

Model yang dibangun mencakup komponen utama sistem seperti saluran transmisi 275 kV, inter bus transformator (IBT), sumber pembangkit, serta beban yang dimodelkan menggunakan parameter yang mendekati kondisi sebenarnya. Melalui pemodelan ini, perilaku sistem pada kondisi operasi normal dapat dianalisis sehingga memberikan gambaran mengenai karakteristik aliran daya dan kondisi tegangan pada bus sistem.

Dengan demikian, model transien elektromagnetik yang dikembangkan dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan berbagai simulasi skenario gangguan maupun operasi switching pada subsistem GITET New Aur Duri. Hasil analisis tersebut diharapkan dapat mendukung peningkatan keandalan sistem, keamanan operasi, serta perencanaan proteksi dan koordinasi isolasi pada sistem tenaga listrik.

#### Daftar Pustaka

- [1] J. Luis *et al.*, “Analysis of transient overvoltages caused by energization of multi-conductor transmission lines,” *J. Electr. Eng.*, vol. 76, no. 5, pp. 391–397, 2025.
- [2] A. Ametan, H. Xue, M. Natsui, and J. Mahseredjian, “Electromagnetic disturbances in gas-insulated substations and VFT calculations,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 160, pp. 191–198, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2018.02.014>.
- [3] H. W. Dommel, “Digital Computer Solution of Electromagnetic Transients in Single-and Multiphase Networks,” *IEEE Trans. Power Appar. Syst.*, vol. PAS-88, no. 4, pp. 388–39, 1969.
- [4] O. W. Turbines, L. Transient, O. Considering, L. Channel, and W. Impedance, “Studies on an Electromagnetic Transient Model of Offshore Wind Turbines and Lightning Transient Wave Impedance,” *Energies*, 2017, doi: 10.3390/en10121995.
- [5] Al Qadhar, Muhammad Aziz, et al. "Rancang Bangun Lengan Robot Pick And Place 6 Axis Menggunakan Arduino Mega." *Menara Ilmu: Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmiah* 19.2 (2025): 771-777.
- [6]. Berli, Ade Usra, et al. "Analisis Laju Perpindahan Panas Pada Berbagai Material Dinding Bangunan." *Menara Ilmu: Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmiah* 20.1 (2026): 118-126.
- [7]. Edison, Taufik. *PROTOTIPE PENGIKUT OTOMATIS SINAR MATAHARI PANEL SURYA BERBASIS MIKROKONTROLER*. Diss. UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT, 2022.