



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PERANCANGAN SIMULATOR SINKRONISASI
GENERATOR KE JARINGAN LISTRIK
MENGUNAKAN *GAME ENGINE* UNITY**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Rizaldy Saputra Dharma Winata
NIM. 1902421025

**PROGRAM STUDI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2023



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



PERANCANGAN SIMULATOR SINKRONISASI GENERATOR KE JARINGAN LISTRIK MENGUNAKAN *GAME ENGINE* UNITY

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik,

Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Rizaldy Saputra Dharma Winata

NIM. 1902421025

**PROGRAM STUDI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2023



“Skripsi ini kupersembahkan untuk Opa, Oma, Bapak, dan Mama.”

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

PERANCANGAN SIMULATOR SINKRONISASI GENERATOR KE
JARINGAN LISTRIK MENGGUNAKAN GAME ENGINE UNITY

Oleh:

Rizaldy Saputra Dharma Winata

NIM. 1902421025

Program Studi Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Ir., Andi Ulfiana, M.Si.

NIP. 196208021990032002

Pembimbing 2

Ir., Benhur Nainggolan, M.T.

NIP. 196106251990031003

Kepala Program Studi

Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik

Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.

NIP. 196605191990031002

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

PERANCANGAN SIMULATOR SINKRONISASI GENERATOR KE
JARINGAN LISTRIK MENGGUNAKAN GAME ENGINE UNITY

Oleh:

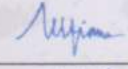

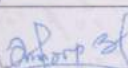
Rizaldy Saputra Dharma Winata

NIM. 1902421025

Program Studi Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 24 Agustus 2023 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Ir., Andi Ulfiana, M.Si. NIP. 196208021990032002	Ketua		29/08/2023
2	Ir., Budi Santoso, M.T. NIP. 195911161990111001	Anggota		31/08/2023
3	P. Jannus, S.T., M.T. NIP. 196304261988031004	Anggota		29/08/2023

Depok, September 2023

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T., IWE.

NIP. 197707142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizaldy Saputra Dharma Winata

NIM : 1902421025

Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Pembangkit Listrik

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 15 Agustus 2023



Rizaldy Saputra Dharma Winata

NIM. 1902421025



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



PERANCANGAN SIMULATOR SINKRONISASI GENERATOR KE JARINGAN LISTRIK MENGGUNAKAN *GAME ENGINE UNITY*

Rizaldy Saputra Dharma Winata ¹⁾, Ir. Andi Ulfiana M.Si. ¹⁾,
Ir. Benhur Nainggolan, M.T. ¹⁾

¹⁾ Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Kampus UI Depok, 16424

Email: rizaldy.saputradharmawinata.tm19@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Melakukan sinkronisasi generator ke jaringan listrik PLN di pembangkit listrik membutuhkan keahlian operator yang terampil. Namun, pandemi global COVID-19 berdampak signifikan terhadap berbagai sektor, termasuk pendidikan yang menyebabkan kegiatan perkuliahan dan praktikum tidak dapat dilaksanakan secara luring. Penelitian ini bertujuan untuk merancang simulator sinkronisasi generator ke jaringan listrik yang dapat berjalan di sistem operasi Windows 64 bit dan menyediakan media pembelajaran bagi mahasiswa di apabila praktikum luring tidak dapat dilaksanakan. Simulator menggabungkan teknik pemodelan dan simulasi yang akurat dengan teori dasar, memungkinkan pengguna untuk berlatih skenario dan meningkatkan keterampilan mereka dari jarak jauh. Temuan penelitian menunjukkan bahwa simulator mencapai tingkat kesalahan rata-rata sebesar 1,83%.

Kata kunci: Generator, Sinkronisasi, Jaringan Listrik, Simulator, Unity

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



PERANCANGAN SIMULATOR SINKRONISASI GENERATOR KE JARINGAN LISTRIK MENGGUNAKAN *GAME ENGINE UNITY*

Rizaldy Saputra Dharma Winata ¹⁾, Ir. Andi Ulfiana M.Si. ¹⁾,
Ir. Benhur Nainggolan, M.T. ¹⁾

¹⁾ Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Kampus UI Depok, 16424

Email: rizaldy.saputradharmawinata.tm19@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRACT

Synchronizing generators to the PLN grid at power plants requires skilled operator expertise. However, the global COVID-19 pandemic has had a significant impact on various sectors, including education, causing lectures and practicum activities to be held online. This study aims to design a generator synchronization simulator to the electricity grid that can run on the Windows 64-bit operating system and provide learning media for students when offline practicums cannot be carried out. The simulator combines accurate modeling and simulation techniques with basic theory, allowing users to practice scenarios and improve their skills remotely. The research findings show that the simulator achieves an average error rate of 1.83%.

Keywords: Generator, Synchronization, Electrical Grid, Simulator, Unity

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Perancangan Simulator Sinkronisasi Generator ke Jaringan Listrik Menggunakan Game Engine Unity**”. Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat membantu penelitian ini. Terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng., Muslimin, M.T., IWE selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Ibu Andi Ulfiana, M.Si. dan Bapak Benhur Nainggolan, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan hingga penelitian ini selesai.
3. Bapak Cecep Slamet Abadi, M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Pembangkit Tenaga Listrik.
4. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing dan memberikan ilmu, pengalaman, dukungan moril, dan bantuan lainnya selama masa studi dan penelitian.
5. Alm. Bapak Slamet Wiryadinata dan Ibu Umiyati sebagai kakek dan nenek yang saya sayangi dan cintai yang telah merawat saya dari saya lahir hingga saat ini.
6. Bapak Muhammad Jailani dan Ibu Yati Sumiyati sebagai orang tua yang saya sayangi dan cintai yang telah mendidik dan selalu mendukung segala kegiatan yang saya lakukan.
7. Bapak Muhammad Hizbullah Abrori dan Bapak Sukma Kiat Friyatna yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu kepada saya dalam pelaksanaan praktik kerja lapangan.
8. Ahmad Althof Tjoteng, Arva Keshena Azya, Farrel Vito Gibran Andromeda, Dicky Marhan Alarick, Hendry Dharmawan, Krisna Candra Wijaya, Muhammad Rafsya Firdaus, Muhammad Rhido Ilyas Rhamdani, Muhammad Teguh Fauzan, Mohammad Uwais Al Qorni, Raihan Pratamasyah Nugraha, dan Ricky Ardiansyah sebagai teman-teman yang selalu bersedia mengantar

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

jemput saya dari stasiun ke kampus atau pun sebaliknya selama saya kuliah di Politeknik Negeri Jakarta.

9. Prima Nur Farhan sebagai kakak kelas alumni SMA dan kakak tingkat alumni prodi Pembangkit Tenaga Listrik PNJ yang memberikan masukan dan dukungan dalam pelaksanaan skripsi saya.
10. Hilal Addiyar sebagai sahabat sekaligus teman pertama saya yang sampai saat ini masih dapat saling menjaga komunikasi dan memberikan dukungan untuk setiap kegiatan yang saya lakukan.
11. Teman-teman seangkatan program studi saya yang senantiasa memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi Politeknik Negeri Jakarta maupun semua pembaca di seluruh dunia. Mohon maaf atas segala kekurangan. Terima kasih.

Depok, 15 Agustus 2023

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Rizaldy Saputra Dharma Winata
NIM.1902421025



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Pertanyaan Penelitian	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Landasan Teori.....	5
2.1.1 Tinjauan Umum Generator	5
2.1.2 Sinkronisasi Generator ke Jaringan Listrik	16
2.1.3 <i>Game Engine Unity</i>	19
2.1.4 <i>Digital Games, Serious Games, Simulation Software, dan Training Simulator</i>	20
2.2 Kajian Literatur	30
BAB III METODE PENELITIAN.....	36
3.1 Jenis Penelitian.....	36
3.2 Objek Penelitian	37

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.3	Metode Pengambilan Sampel.....	37
3.4	Jenis dan Sumber Data Penelitian	37
3.5	Metode Pengumpulan Data Penelitian	37
3.6	Metode Analisis Data	38
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		39
4.1	Hasil Penelitian	39
4.1.1	Rancangan Simulator	39
4.1.2	Data Putaran Turbin dan Daya Keluaran Generator	39
4.1.3	Data Operasi dan Data Perhitungan Simulator	41
4.2	Pembahasan.....	42
4.2.1	Rancangan Simulator	42
4.2.2	Analisis Putaran Turbin dan Daya Keluaran Generator.....	53
4.2.3	Analisis Perbandingan Data Operasi dan Data Perhitungan Simulasi.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		59
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA		60
LAMPIRAN.....		62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Generator Dua Kutub Milik SIEMEN untuk Turbin Gas dan Turbin Uap (Sumber: Siemens Energy).....	6
Gambar 2.2 Generator AC Sederhana (Sumber: Hartwell, 2021)	7
Gambar 2.3 Generator DC Sederhana (Sumber: Hartwell, 2021)	8
Gambar 2.4 Konstruksi Generator Sinkron (Sumber: Hidayat, 2017).....	9
Gambar 2.5 <i>Stator Core Assembly</i> (Sumber: Grigsby, 2016).....	10
Gambar 2.6 Segitiga Daya (Sumber: Chapman, 2011).....	13
Gambar 2.7 Diagram Sankey Konversi Tenaga Elektromekanis Generato AC (Sumber: Gülen Gülen, 2019)	14
Gambar 2.8 Tampilan antarmuka Unity dengan menggunakan Universal Render Pipeline (Sumber: Dokumentasi Pribadi).....	20
Gambar 2.9 Ratchet and Clank, 2016 (Sumber: Insomniac Games)	21
Gambar 2.10 Microsoft Flight Simulator, 2020 (Sumber: Xbox Game Studios) .	22
Gambar 2.11 Ansys 2022 R2, ANSYS, Inc.....	24
Gambar 2.12 Marine Training Simulator, Survival Systems Training	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 4.1 Tampilan <i>Main Menu</i> Simulator	44
Gambar 4.2 Tampilan Menu <i>Settings</i>	45
Gambar 4.3 Tampilan <i>Game World</i>	45
Gambar 4.4 Tampilan Model Panel Kontrol Turbin dan Panel Sinkronisasi Generator.....	46
Gambar 4.5 Tampilan Antarmuka Panel Sinkronisasi Generator.....	46
Gambar 4.6 Tampilan Antarmuka Panel Sinkronisasi Generator dengan Jarum <i>Synchroscope</i> Berada di Posisi Antara Arah Jam 11 dan Jam 12.....	47
Gambar 4.7 Tampilan Antarmuka <i>Console</i>	48
Gambar 4.8 Tampilan <i>Pause Menu</i> pada saat <i>Gameplay</i>	49
Gambar 4.9 Tampilan Menu <i>Settings</i> pada <i>Pause Menu</i>	49

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.10 Langkah Pertama Mengolah File <i>Comma Separated Values</i> dalam Excel.....	50
Gambar 4.11 Langkah Kedua Mengolah File <i>Comma Separated Values</i> dalam Excel.....	50
Gambar 4.12 Langkah Ketiga Mengolah File <i>Comma Separated Values</i> dalam Excel.....	51
Gambar 4.13 Langkah Keempat Mengolah File <i>Comma Separated Values</i> dalam Excel.....	51
Gambar 4.14 Tampilan Setelah Data <i>Comma Separated Values</i> Dikonversi.....	52
Gambar 4.15 Diagram Komunikasi Antar Script Sederhana.....	53
Gambar 4.16 <i>Code Snap</i> Hubungan GTGController dan GridManager.....	53
Gambar 4.17 Grafik Pengaruh Kenaikan Beban Nyata terhadap Putaran Turbin	55
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Nilai Faktor Daya Data Operasi dan Hasil Simulasi.....	57
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Nilai Arus Data Operasi dan Hasil Simulasi	58

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Digital Games dan Serious Games.....	25
Tabel 2.2 Perbedaan <i>Serious Games</i> dan <i>Simulation Software</i>	27
Tabel 2.3 Perbedaan <i>Serious Games</i> dan <i>Training Simulator</i>	28
Tabel 3.1 Spesifikasi Generator 4-1 Blok 4 PT PLN Indonesia Power Priok POMU	37
Tabel 4.1 Sistem yang Digunakan dalam Perancangan Simualtor	39
Tabel 4.2 Data Putaran Turbin dan Daya Keluaran Generator Ketika Pengguna Tidak Mengatur Putaran Turbin Seiring Meningkatnya Permintaan Daya Aktif... 39	
Tabel 4.3 Data Putaran Turbin dan Daya Keluaran Generator Ketika Pengguna Mengatur Putaran Turbin Seiring Meningkatnya Permintaan Daya Aktif	40
Tabel 4.4 Data Operasi Generator 4-1 PT PLN Indonesia Power Priok POMU ..	41
Tabel 4.5 Data Hasil Perhitungan Generator pada Simulator	42
Tabel 4.6 Perbandingan Nilai Faktor Daya Data Operasi dengan Hasil Perhitungan Simulasi.....	55
Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Arus Data Operasi dengan Hasil Perhitungan Simulasi.....	56

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesifikasi Generator 4-1 PT PLN Indonesia Power Priok POMU .	63
Lampiran 2. Unity C# Script.....	64
Lampiran 3. Data Operasi Generator 4-1 1 September 2022.....	68



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era modern ini, pembangkit listrik berfungsi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat. Salah satu komponen pada pembangkit listrik yang penting adalah generator sinkron, yang terhubung ke jaringan listrik untuk memasok energi listrik ke konsumen. Dalam operasinya, generator harus selalu terjaga sinkronisasi antara putaran rotor generator dan frekuensi sistem jaringan suplai listrik. Sinkronisasi yang buruk dapat menyebabkan gangguan serius dalam sistem jaringan, bahkan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik dan merugikan pihak-pihak yang terkait.

Selain itu, pandemi COVID-19 yang terjadi di seluruh dunia mempengaruhi banyak aspek kehidupan termasuk pada sektor pendidikan. Pembelajaran daring menjadi pilihan utama untuk meminimalkan interaksi fisik dan mengurangi risiko penyebaran virus. Namun, metode pembelajaran daring yang monoton dan membosankan dapat menurunkan minat belajar mahasiswa. Oleh karena itu, perlu ada metode pembelajaran yang lebih menarik dan interaktif, seperti *game-based learning*.

Studi oleh Sara de Freitas (2016), hasil penelitiannya mengungkapkan adanya perbaikan yang signifikan dalam penggunaan *game* dibandingkan dengan metode tradisional, dan pendekatan gabungan antara *game* dan pembelajaran tatap muka semakin meningkatkan efektivitas pembelajaran. (de Freitas, 2018) Studi lain oleh Colleen Stieler-Hunt dan Christian Jones (2019) mengungkapkan hambatan paling signifikan untuk menggunakan *immersive digital game* (IGD) dalam kurikulum adalah pendapat negatif dari rekan pengajar terdekat dan guru yang tidak



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mengetahui cara terbaik untuk menggunakan IDG di ruang kelas. Kontribusi penuh IDG untuk pembelajaran tidak akan terwujud sampai semua guru merasa nyaman dan antusias untuk merangkul kemampuan IDG. (Stieler-Hunt & Jones, 2019)

Oleh karena itu, dalam penelitian ini, akan dirancang simulator sinkronisasi generator ke jaringan listrik menggunakan *game engine* Unity. Dalam simulator ini, mahasiswa dapat mempelajari konsep dasar sinkronisasi generator ke jaringan listrik dan memperoleh pengalaman virtual proses sinkronisasi. Diharapkan dengan menggabungkan pendekatan *game-based learning* dan simulasi dalam pembelajaran, simulator ini dapat meningkatkan minat dan pemahaman mahasiswa dalam topik yang penting ini, sekaligus memperkenalkan keberadaan teknologi untuk mengembangkan *serious game* dalam konteks pendidikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dijawab melalui skripsi ini, yaitu pengembangan simulator sinkronisasi generator ke jaringan listrik menggunakan Unity sebagai media pembelajaran.

Agar penelitian tidak meluas jauh dalam segi pembahasan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Fokus utama perancangan simulator adalah sinkronisasi generator ke jaringan listrik.
2. Tegangan dan frekuensi PLN (*infinite bus*) dianggap konstan, tetapi tidak menutup kemungkinan fitur tambahan untuk mengubah parameter di jaringan listrik dapat diimplementasikan.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan-pertanyaan penelitian yang akan dijawab melalui tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Bagaimana merancang simulator sinkronisasi generator ke jaringan listrik menggunakan game engine Unity sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa Pembangkit Tenaga Listrik?

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang simulator sinkronisasi generator ke jaringan listrik menggunakan *game engine* Unity yang diharapkan dapat berguna sebagai media pembelajaran mahasiswa untuk mempelajari konsep dasar dan memperoleh pengalaman virtual sinkronisasi generator ke jaringan listrik.
2. Menganalisis dan membandingkan hasil perhitungan simulator dengan data operasi.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang sinkronisasi generator ke jaringan listrik.
2. Meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam melakukan simulasi sinkronisasi generator ke jaringan listrik.
3. Menyediakan media pembelajaran yang menarik dan interaktif bagi mahasiswa agar kegiatan perkuliahan tidak monoton.
4. Meningkatkan kualitas lulusan program studi Pembangkit Tenaga Listrik yang memahami sinkronisasi generator ke jaringan listrik.
5. Menyediakan simulator yang *scalable*, yang dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur baru atau meningkatkan fitur yang sudah ada.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

- BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori yang berhubungan dalam penelitian literatur yang dapat membantu berjalannya penelitian ini.

- **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tentang jenis penelitian, objek penelitian, metode pengambilan sampel, jenis dan sumber data penelitian, alur penelitian, pengumpulan data penelitian, pengolahan data, dan analisis data.

- **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan uraian rancangan simulator, analisis karakteristik generator berdasarkan data simulator, perbandingan perhitungan data simulator dengan data operasi.

- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil pengolahan data dan pembahasan serta saran bagian penelitian selanjutnya. Kesimpulan harus sesuai dengan tujuan penelitian dan bisa menyelesaikan rumusan masalah.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berhasil dibuat simulator sinkronisasi generator ke jaringan listrik yang dapat dijalankan pada sistem operasi Windows 64 bit.
2. Terdapat perbedaan pada hasil perhitungan pada simulator dengan data operasi, rata-rata *error* pada hasil perhitungan nilai faktor daya sebesar 0,68 % dan rata-rata *error* pada hasil perhitungan nilai arus sebesar 1,36 %.

5.2 Saran

Adapun saran dari penulis untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya adalah:

1. Memperbaiki rancangan generator dengan menggantinya menggunakan spesifikasi generator yang lebih lengkap.
2. Menambahkan *logic* untuk komponen lain, seperti kendali *prime mover*, agar simulator lebih realistis.
3. Meningkatkan model 3D agar lebih mencerminkan wujud asli komponen tersebut di dunia nyata.
4. Melakukan *decouple* dan mengimplementasikan *design pattern* pada sisi *scripting* agar kode menjadi lebih bersih.

DAFTAR PUSTAKA

- Albahari, J. (2022). *C# 10 in a Nutshell*. O'Reilly Media, Inc.
- Chapman. (2011). *Electric Machinery Fundamentals* (5th Revised edition).
Mcgraw Hill Higher Education.
- de Freitas, S. (2018). Are Games Effective Learning Tools? A Review of Educational Games. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(2), 74–84.
- Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W., & Wiemeyer, J. (2016). *Serious Games: Foundations, Concepts and Practice*. Springer.
- Game based learning with artificial intelligence and immersive technologies: An overview*. (2022, Agustus 31). University XP.
<https://www.universityxp.com/research/2022/8/31/game-based-learning-with-artificial-intelligence-and-immersive-technologies-an-overview>
- Grigsby, L. L. (Ed.). (2016). *Electric Power Generation, Transmission, and Distribution* (3rd edition). CRC Press.
- Gülen, S. C. (2019). *Gas Turbines for Electric Power Generation*. Cambridge University Press.
- Habibie, W. M., Abadi, C. S., & Ulfiana, A. (2019). Perancangan Simulasi Pengoperasian Turbin Uap sebagai Media Pembelajaran Operasi PLTU berbasis LabVIEW. *Seminar Nasional Teknik Mesin*, 9(1), 1085–1092.
- Hartwell, F. (2021). *American Electricians' Handbook, Seventeenth Edition* (17th edition). McGraw Hill.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Hocking, J. (2022). *Unity in Action, Third Edition: Multiplatform game development in C#* (3rd edition). Manning.
- Hutchins, N., Hook, L., Friedel, W., & Kirkendoll, Z. (2017). Use of Unity in Scientific Simulation and Modeling for Research and Education. *Atas Do XIX Simpósio Internacional de Informática Educativa e VIII Encontro Do CIED – III Encontro Internacional*, 179–182.
- IEEE Standard for Cylindrical-Rotor 50 Hz and 60 Hz Synchronous Generators Rated 10 MVA and Above. (2014). *IEEE Std C50.13-2014 (Revision of IEEE Std C50.13-2005)*, 1–63.
<https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2014.6811137>
- Matsson, J. E. (2022). *An Introduction to ANSYS Fluent 2022*. SDC Publications.
- Michael, D., & Chen, S. (2005). *Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform* (1st edition). Cengage Learning PTR.
- Stieler-Hunt, C., & Jones, C. (2019). A professional development model to facilitate teacher adoption of interactive, immersive digital games for classroom learning. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 264–279. <https://doi.org/10.1111/bjet.12679>
- Thompson, M. J. (2019). Fundamentals and advancements in generator synchronizing systems. *Synchronous Generator Protection and Control: A Collection of Technical Papers Representing Modern Solutions*.
<https://doi.org/10.1109/CPRE.2012.6201234>
- Zirawaga, V. S., Olusanya, A. I., & Maduku, T. (2017). Gaming in Education: Using Games as a Support Tool to Teach History. *Journal of Education and Practice*, 8(15), 55–64.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Lampiran 1. Spesifikasi Generator 4-1 PT PLN Indonesia Power Priok POMU

-RATING & SPECIFICATION

1. RATING OF GENERATOR

	Rating	Remark
Rated capacity (MVA)	370	
Rated voltage (kV)	19	
Rated power factor (PF)	0.85	
Rated speed (rpm)	3000	

2. RATING OF EXCITER

	Rating	Remark
Rated output (kW)	1280	
Rated output voltage (V)	405	
Rated output current (A)	3160	
Rated field voltage at full-load (V)	369	
Rated field current at full-load (A)	2865	
Celling voltage (V)	574	
Thyristor Rectifier	Type	3-phase full bridge
	Thyristor element	Type N880CH30
	Peak Reverse voltage	3000V
	Number of parallels	3 (include 1 redundant)

3. Rating of VT/CT

Item	Rating	Remark
VT	19000V/110V	3Phase
CT	15000A/5A	5-phase

4. RATING OF EXCITATION TRANSFORMER

	Rating	Remark
Capacity (PAC) (kVA)	2270	
Secondary voltage (V)	500	
Impedance voltage (%Z)	7.5%	

5. Rating of power source

	Item	Rating	Remark
AVR Cubicle	AC (For control)	220V . 1.0kVA	
	DC (For control)	220V . 1.0kW	
	AC (For Aux. circuit)	220V . 0.5kVA	
EXC Cubicle	DC (For control)	220V . 2.5kW	
	AC (For control)	220V . 1.5kVA	
	AC (For Aux. circuit)	220V . 1.5kVA	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 2. Unity C# Script

GTGController.cs

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class GTGController : MonoBehaviour
{
    // Other Classes
    private GridManager gridManager;
    private GeneratorSyncPanel generatorSyncPanel;

    // Gas Turbine Variables
    private float initialRotationSpeed;
    public float governorControlSpeed; // in RPM (Rotations
Per Minute)
    public float rotationSpeed; // in RPM
    public float rotationAngle; // in degree
    public float frequency; // in Hertz
    [Tooltip("Whether the GTG is running or not")]
    public bool isRunning;

    // Generator Variables
    private float generatorPoles;
    public float voltage; // in KV
    public float current; // in KA
    private float ratedCurrent; // in KA
    public float generatorPowerFactor;
    [Tooltip("Generator power output in megawatts (MW)")]
    public float powerOutput;
    private float previousPowerOutput;
    [Tooltip("Generator reactive power output in megavars
(MVAR)")]
    public float reactivePowerOutput;
    [Tooltip("Generator apparent power output in megavolt-amp
(MVA)")]
    public float apparentPowerOutput;

    // Generator Excitation Variables
    public float excitationCurrent; // in A
    private float initialExcitationCurrent = 1386f;
    private float minExcitationCurrent = 0.0f; // Minimum
excitation current value
    private const float FieldCurrentChangePerMVAR = 5.23f; //
Change in field current for every 1 MVAR increase
    private float generatorMEL; // Minimum Excitation Limit in
MVAR
    private float generatorOEL; // Over Excitation Limit in
MVAR

    // Load Control Variables
    private float targetRotationSpeed; // Target rotation
speed for adjusting the RPM
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

private float rpmChangeRate = 30f / 75f; // 30 RPM
decrease for every 75 MW increase
private float rpmDrop;

// Start is called before the first frame update
void Start()
{
    gridManager = FindObjectOfType<GridManager>();
    generatorSyncPanel =
FindObjectOfType<GeneratorSyncPanel>();

    previousPowerOutput = powerOutput;
    rpmDrop = 0f;

    SetupValuesFromPlayerSettings();
}

// Update is called once per frame
void Update()
{
    if (isRunning)
    {
        // Calculate the target rotation speed based on
the load demand and RPM drop
        targetRotationSpeed = initialRotationSpeed +
rpmDrop + governorControlSpeed;

        // Gradually update the rotation speed towards the
target rotation speed
        rotationSpeed = Mathf.Lerp(rotationSpeed,
targetRotationSpeed, 0.1f);

        // Calculate frequency
        frequency = (rotationSpeed * generatorPoles) /
120f;

        // Retrieve voltage value from Player Settings
        voltage = LoadingData.generatorRatedVoltage;

        if (generatorSyncPanel.isSynchronized)
        {
            CalculateGeneratorOperation();
            SetExcitationCurrent(reactivePowerOutput);
        }
        else if (!generatorSyncPanel.isSynchronized)
        {
            ResetGeneratorVariables(voltage, 0f,
frequency);
        }
    }
    else
    {
        generatorSyncPanel.isSynchronized = false;
        frequency = 0f;
        voltage = 0f;
        powerOutput = 0f;
    }
}

```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    reactivePowerOutput = 0f;
    current = 0f;
  }
}

private void SetupValuesFromPlayerSettings ()
{
    initialRotationSpeed = LoadingData.turbineRatedSpeed;
    ratedCurrent = LoadingData.generatorRatedCurrent;
    generatorPoles = LoadingData.generatorPoles;
    generatorMEL = LoadingData.generatorMEL;
    generatorOEL = LoadingData.generatorOEL;
}

private void CalculateGeneratorOperation ()
{
    // Get values from GridManager script
    powerOutput = gridManager.activePowerDemand;
    reactivePowerOutput = gridManager.reactivePowerDemand;

    apparentPowerOutput =
    Mathf.Sqrt(Mathf.Pow(powerOutput, 2) +
    Mathf.Pow(reactivePowerOutput, 2));
    generatorPowerFactor = powerOutput /
    apparentPowerOutput;
    current = apparentPowerOutput / (Mathf.Sqrt(3) *
    voltage);

    // Calculate the difference between the previous power
    output and the current power output
    float powerOutputDifference = powerOutput -
    previousPowerOutput;

    // Adjust governorControlSpeed based on power output
    change direction
    if (powerOutputDifference > 0)
    {
        // Power output increased, decrease
        governorControlSpeed to decrease RPM
        rpmDrop -= rpmChangeRate * powerOutputDifference;
    }
    else if (powerOutputDifference < 0)
    {
        // Power output decreased, increase
        governorControlSpeed to increase RPM
        rpmDrop += rpmChangeRate *
        Mathf.Abs(powerOutputDifference);
    }

    // Store the current power output as the previous
    power output for the next frame
    previousPowerOutput = powerOutput;

    // Excitation Limit
    if (reactivePowerOutput >= generatorOEL ||
    reactivePowerOutput <= generatorMEL)

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    {
        isRunning = false;
    }
}

private void SetExcitationCurrent(float
reactivePowerDemand)
{
    // Calculate the change in field current based on the
    reactive power demand
    float fieldCurrentChange = reactivePowerDemand *
FieldCurrentChangePerMVAR;

    // Calculate the new excitation current
    float newExcitationCurrent = initialExcitationCurrent
+ fieldCurrentChange;

    // Set the excitation current (limiting it to a
    minimum value)
    excitationCurrent = Mathf.Max(newExcitationCurrent,
minExcitationCurrent);

    string fieldCurrent = $"Field Current:
{excitationCurrent} A";
    Debug.Log(fieldCurrent);
}

private void ResetGeneratorVariables(float targetVoltage,
float targetCurrent, float targetFrequency)
{
    voltage = targetVoltage;
    current = targetCurrent;
    frequency = targetFrequency;
}

public void ToggleTurbineOperation()
{
    isRunning = !isRunning;
}
}

```

Lampiran 3. Data Operasi Generator 4-1 1 September 2022

Tag	41CEAG-D001_01Z	41CEAG-D002_01Z	41CEAG-B085_05	41CEAG-B084_01	41CEAG-B084_02	41CEAG-B085_01	41CEAG-B085_04	41CEAG-B084_06	41CEAG-B084_05
Name	GT SPEED	GEN POWER OUTPUT	GENERATOR VAR (REACTIVE POWER)	GENERATOR POWER FACTOR	GENERATOR VOLTAGE	GENERATOR CURRENT	GENERATOR FREQUENCY	GENERATOR FIELD VOLTAGE	GENERATOR FIELD CURRENT
Unit	rpm	MW	MVar	-	kV	kA	Hz	V	A
01/09/2022 00:00	3003	170,765	3,7	0,99309	18,96	5,31	50	150,8	1386,3
01/09/2022 01:00	3003	173,915	2,3	0,99334	18,95	5,39	50	150,5	1385,7
01/09/2022 02:00	3001,9	167,795	-0,9	0,99415	18,93	5,21	50	146,5	1352,4
01/09/2022 03:00	3003,4	174,59	-0,9	0,99413	18,95	5,42	50	148,9	1373,1
01/09/2022 04:00	2999,3	176,435	-1	0,99419	18,96	5,47	49,9	150,5	1382,2
01/09/2022 05:00	3003,8	171,035	0,7	0,9938	18,97	5,31	50	148,6	1373,7
01/09/2022 06:00	3005,3	184,895	4,8	0,99291	18,97	5,72	50	156,5	1432,3
01/09/2022 07:00	3000,4	185,75	8,6	0,99207	18,97	5,76	50	159,4	1455,8
01/09/2022 08:00	2998,5	192,95	23,5	0,98672	19,01	5,98	49,9	170,3	1550,9
01/09/2022 09:00	3000,4	172,16	22,6	0,98531	18,96	5,38	49,9	162,2	1478,6
01/09/2022 10:00	3005,6	220,805	38,9	0,97728	18,97	6,91	50	189,9	1694,3
01/09/2022 11:00	2998,1	228,455	43,6	0,97434	18,97	7,18	49,9	197,5	1749,7
01/09/2022 12:00	2999,6	255,455	43,4	0,9789	18,94	8	49,9	212,1	1833,1
01/09/2022 13:00	3001,5	242,9	45,2	0,97534	18,97	7,61	50	204,8	1801,2
01/09/2022 14:00	3001,9	251,45	51,7	0,97114	18,98	7,9	50	211,2	1860,8
01/09/2022 15:00	3002,6	255,05	50,9	0,97267	18,97	8,01	50	213,4	1867,7
01/09/2022 16:00	3001,5	257,66	46,1	0,97687	18,96	8,07	50	211,7	1854,4
01/09/2022 17:00	3003,4	260,315	37,8	0,98321	18,94	8,14	50	206,6	1824,7
01/09/2022 18:00	3004,1	256,355	32,1	0,98636	18,97	7,95	50	201,6	1784,5
01/09/2022 19:00	2999,6	257,12	41,6	0,98051	19	8,01	49,9	208,3	1837,5
01/09/2022 20:00	3002,3	257,255	36,1	0,98424	18,96	8,01	50	203,4	1807,1
01/09/2022 21:00	3003,4	253,385	38,6	0,9821	19	7,88	50	202	1805,9
01/09/2022 22:00	3004,1	242,9	30	0,98666	18,97	7,54	50	193,2	1729,9
01/09/2022 23:00	3003,8	250,37	28,1	0,98808	18,97	7,77	50	194,9	1746,2