



## Pedoman Khusus Pemanfaatan *Switching* Untuk Pembebasan Tegangan dan Pemberian Tegangan Penghantar 150 kV Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 dan Gardu Induk Ngenang

Akhmad Budianto<sup>1</sup>, Muhamad Habibi<sup>2</sup>, Denis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

<sup>2</sup>Dosen Institut Teknologi PLN,

<sup>3</sup>Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

\*Corresponding author: budianto.ahmed@gmail.com

(Received: November 2, 2025; Accepted: December 7, 2025)

### Abstract

*Special Guidelines for the Use of Switching for Voltage Relief and Voltage Supply of 150 kV Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 and Ngenang Substations.* Switching maneuver is the process of opening and closing components in the Electric Power System (STL) such as Breakers (PMT) and Disconnectors (PMS) before and after electrical installation work, both transmission, generation and distribution installations which aim to ensure the safety and smoothness of installation work. Ngenang Substation (GI) is a GI located in the Bintan system, where the substation has a special design that does not have a 150 kV Conductor Bay or often called a Cantol Substation. Ngenang Substation is located on Line 2 of the Tanjung Kasam-Tanjung Uban Conductor Bay by utilizing the conductor line as a 150 kV busbar. With these conditions, when the maintenance of the Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 Conductor Bay will certainly have an impact on the Ngenang Substation. The problem arose when there was a Lightning Arrester (LA) foundation repair work on the conductor, which required a conductor line outage for 8 hours with a work duration of 6 days. This is certainly very burdensome because the Ngenang Substation must be out of power for 8 hours for 6 days. The purpose of this study is to design a special procedure for Switching Voltage Relief and Voltage Supply of 150 kV Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 and Ngenang Substation in order to minimize the impact of the blackout at the Ngenang Substation. With the Special Switching Procedure, it has an impact on improving the performance of the System Average Interruption Duration Index (SAIDI) by 89% and the System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) by 50% as well as Energy Not Served (ENS) by 89%.

**Keywords:** maneuver, switching, substation, K3, customer focus

### Abstrak

*Switching maneuver* adalah proses membuka dan menutup komponen-komponen pada Sistem Tenaga Listrik (STL) seperti Pemutus (PMT) dan Pemisah (PMS) sebelum dan sesudah pekerjaan instalasi kelistrikan, baik instalasi transmisi, pembangkitan dan distribusi yang bertujuan untuk memastikan keselamatan dan kelancaran pekerjaan instalasi. Gardu Induk (GI) Ngenang adalah GI yang berada pada sistem Bintan, di mana gardu induk tersebut memiliki desain khusus yang tidak memiliki Bay Penghantar 150 kV atau sering disebut Gardu Induk Cantol. Gardu Induk Ngenang terletak pada Line 2 Bay Penghantar Tanjung Kasam-Tanjung Uban dengan memanfaatkan *line* penghantar tersebut sebagai busbar 150 kV. Dengan kondisi tersebut maka ketika pemeliharaan Bay Penghantar Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 tentunya akan berdampak padam pada Gardu Induk Ngenang. Permasalahan timbul ketika ada pekerjaan perbaikan pondasi *Lightning Arrester* (LA) pada penghantar tersebut, di mana butuh pemadaman *line* penghantar

selama 8 jam dengan durasi pekerjaan 6 hari. Hal ini tentunya sangat memberatkan dikarenakan Gardu Induk Ngenang harus padam 8 jam selama 6 hari. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk merancang prosedur khusus *Switching* Pembebasan Tegangan dan Pemberian Tegangan Penghantar 150 kV Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 dan Gardu Induk Ngenang agar dapat meminimalisir dampak padam yang ada di Gardu Induk Ngenang. Dengan adanya Prosedur Khusus *Switching* tersebut berdampak pada perbaikan kinerja *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI) sebesar 89% dan *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI) sebesar 50% serta *Energy Not Serve* (ENS) sebesar 89%.

**Kata kunci:** *manuver, switching, gardu induk, K3, fokus pelanggan*

**How to Cite This Article:** Budianto, A., Habibi, M., & Denis, D. (2025). Pedoman Khusus Pemanfaatan *Switching* Untuk Pembebasan Tegangan dan Pemberian Tegangan Penghantar 150 kV Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 dan Gardu Induk Ngenang. *JPII*, 3(6), 425-430. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2025.28105>

## PENDAHULUAN

*Switching manuver* adalah proses membuka dan menutup komponen-komponen pada Sistem Tenaga Listrik (STL) seperti Pemutus (PMT) dan Pemisah (PMS) sebelum dan sesudah pekerjaan instalasi kelistrikan, baik instalasi transmisi, pembangkitan dan distribusi. Kegiatan ini bertujuan untuk memastikan keselamatan dan kelancaran pekerjaan instalasi.

Terdapat 2 kegiatan utama dalam *switching* manuver, yaitu:

- a. *Energize*, yaitu memberikan tegangan pada peralatan instalasi kelistrikan bertegangan tinggi atau ekstra tinggi.
- b. *Deenergize*, yaitu membebaskan tegangan pada peralatan instalasi kelistrikan bertegangan tinggi atau ekstra tinggi.

Contohnya *energize/deenergize* SUTET 500 kV, SUTT 150 kV atau Trafo Daya

Gardu Induk bagaikan jantung dalam sistem ketenagalistrikan. Ia merupakan instalasi vital yang dilengkapi peralatan canggih untuk menjalankan 3 fungsi utama:

- a. Transformasi tegangan: Gardu Induk mampu mengubah tegangan listrik tinggi menjadi tegangan tinggi lain atau tegangan menengah (TM).
- b. Pengaturan dan kontrol: layaknya sistem kontrol tubuh, Gardu Induk memantau, mengoperasikan dan menjaga keamanan jaringan listrik.
- c. Distribusi daya: Gardu Induk menyalurkan daya listrik ke Gardu Induk lain melalui tegangan tinggi dan ke Gardu Distribusi melalui tegangan menengah (TM).

Gardu Induk (GI) Ngenang adalah GI yang berada pada sistem Bintang, di mana gardu induk tersebut memiliki desain khusus yang tidak memiliki *Bay* Penghantar 150 kV atau sering disebut Gardu Induk Cantol. Gardu Induk Ngenang terletak pada *Line 2 Bay* Penghantar Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 dengan memanfaatkan *line* pengantar tersebut sebagai busbar 150 kV.

Dengan kondisi tersebut maka ketika pemeliharaan *Bay* Penghantar Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 tentunya akan berdampak padam pada Gardu Induk Ngenang. Permasalahan timbul ketika pada tanggal 15 November 2023 ada permohonan izin padam Penghantar 150 kV Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 untuk melakukan pekerjaan perbaikan pondasi *Lightning Arrester* (LA) pada penghantar tersebut, di mana butuh pemadaman *line* penghantar selama 8 jam dengan durasi pekerjaan 6 hari. Hal ini tentunya sangat memberatkan dikarenakan Gardu Induk Ngenang harus padam 8 jam selama 6 hari.

Dengan kondisi tersebut dibutuhkan adanya prosedur khusus *Switching* Pembebasan Tegangan dan Pemberian Tegangan Penghantar 150 kV Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 dan Gardu Induk Ngenang agar dapat meminimalisir dampak padam yang terjadi pada Gardu Induk Ngenang supaya durasi padam di GI Ngenang dapat diminimalisir namun dengan tetap tidak mengabaikan prinsip K3 untuk keselamatan selama pekerjaan perbaikan tersebut berlangsung.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dirumuskan untuk menjawab beberapa permasalahan utama, yaitu bagaimana konfigurasi Gardu Induk Ngenang serta penghantar 150 kV Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2, bagaimana merancang Prosedur Khusus *Switching* untuk pembebasan tegangan dan pemberian tegangan pada penghantar 150 kV Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 dan Gardu Induk Ngenang agar dapat meminimalisir dampak padam yang terjadi di Gardu Induk Ngenang, serta seberapa besar dampak kinerja yang dihasilkan setelah penerapan prosedur khusus *switching* tersebut. Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui konfigurasi Gardu Induk Ngenang beserta penghantar 150 kV Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2, serta merancang Prosedur Khusus *Switching* pembebasan dan pemberian tegangan pada sistem tersebut guna meminimalisir dampak pemadaman yang terjadi di Gardu Induk Ngenang, serta menganalisis dampak kinerja sistem kelistrikan yang ditunjukkan melalui indikator

SAIDI, SAIPI dan ENS setelah penerapan prosedur *switching* yang dirancang.

**METODE PENELITIAN**

**Lokasi Penelitian**

Penelitian dilakukan di lokasi Gardu Induk Ngenang, Desa Ngenang, Kecamatan Nongsa, Kota Batam, Kepulauan Riau.

**Data Penelitian**

Data yang diperlukan dalam penelitian yaitu dalam bentuk data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a) *Single Line Diagram* Gardu Induk Tanjung Kasam, Gardu Induk Ngenang dan Gardu Induk Tanjung Uban.
- b) Data Peralatan Gardu Induk Tanjung Kasam, Gardu Induk Ngenang dan Gardu Induk Tanjung Uban.

b. Data Sekunder

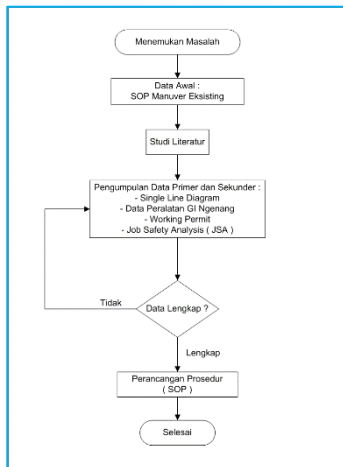
Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a) SOP Pengoperasian Gardu Induk
- b) JSA
- c) *Working Permit*

Data primer dan sekunder tersebut digunakan sebagai acuan dalam merancang Prosedur Khusus *Switching* Manuver Pembebasan Tegangan dan Pemberian Tegangan Penghantar 150 kV Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 dan Gardu Induk Ngenang

**Diagram Alir**

Metode yang dipakai dalam penelitian yaitu dengan pengamatan lapangan (observasi), studi literatur dan *systematic review*. Urutan pelaksanaan penelitian dijelaskan dalam Gambar 1 di bawah ini.

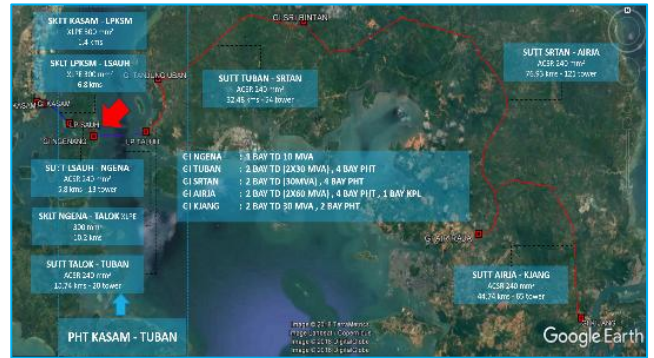


Gambar 1. Diagram alir penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

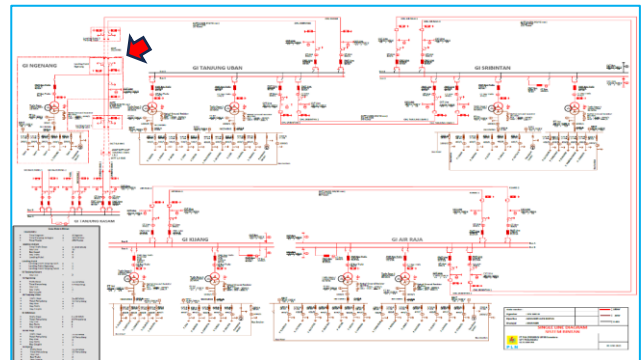
**Peta dan *Single Line Diagram* Sistem Bintang**

Gardu Induk (GI) Ngenang adalah GI yang berada pada sistem Bintang, terletak di antara Pulau Batam dan Pulau Bintan. Letak GI Ngenang dapat dijelaskan pada Gambar 2 Peta Sistem Bintang di bawah ini.



Gambar 2. Peta Sistem Bintang

Selanjutnya *Single Line Diagram* Sistem Bintang dapat dijelaskan pada Gambar 3 di bawah, di mana dapat dijelaskan bahwa GI Ngenang tidak memiliki *Bay* Penghantar 150 kV sebagaimana yang terdapat pada gardu induk lainnya.



Gambar 3. *Single Line Diagram* Sistem Bintang

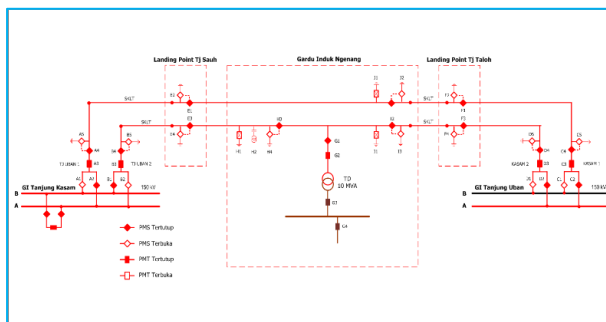
Gardu Induk Ngenang memiliki permasalahan pada konstruksi *Lightning Arrester* 150 kV di mana terdapat anomali pada pondasi akibad adanya pergerakan tanah sehingga menyebabkan konstruksi miring. Dengan kondisi tersebut dibutuhkan tindakan perbaikan. Foto kondisi *Lightning Arrester* 150 kV dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



**Gambar 4.** Kondisi Pondasi LA yang perlu dilakukan perbaikan

**Single Line Diagram GI Ngenang**

Berikut adalah *Single Line Diagram* GI Tanjung Kasam Bay Tanjung Uban 1 dan 2, GI Tanjung Uban Bay Tanjung Kasam 1 dan 2 serta GI Ngenang sebagaimana dijelaskan dalam Gambar 5.



**Gambar 5.** *Single Line Diagram* GI Tanjung Kasam, GI Tanjung Uban dan GI Ngenang

Keterangan Gambar:

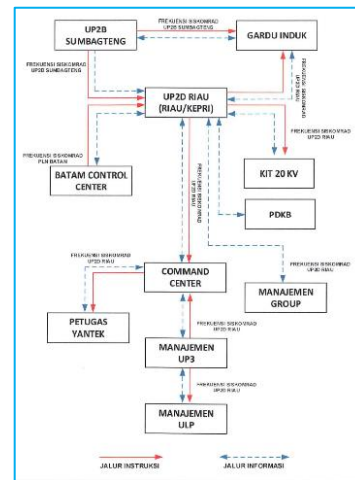
- A. GI Tanjung Kasam Bay Pht 150 kV Tanjung Uban 1
  - A.1. PMS Bus A
  - A.2. PMS Bus B
  - A.3. PMT 150 kV
  - A.4. PMS Line
  - A.5. PMS Ground
- B. GI Tanjung Kasam Bay Pht 150 kV Tanjung Uban 2
  - B.1. PMS Bus A
  - B.2. PMS Bus B
  - B.3. PMT 150 kV
  - B.4. PMS Line
  - B.5. PMS Ground
- C. GI Tanjung Uban Bay Pht 150 kV Tanjung Kasam 1
  - C.1. PMS Bus A
  - C.2. PMS Bus B
  - C.3. PMT 150 kV
  - C.4. PMS Line
  - C.5. PMS Ground
- D. GI Tanjung Uban Bay Pht 150 kV Tanjung Kasam 2
  - D.1. PMS Bus A
  - D.2. PMS Bus B
  - D.3. PMT 150 kV
  - D.4. PMS Line
  - D.5. PMS Ground
- E. *Landing Point* Tanjung Sauh
  - E.1. PMS Line 1
  - E.2. PMS Ground 1
  - E.3. PMS Line 2
  - E.4. PMS Ground 2

- F. *Landing Point* Tanjung Taloh
  - F.1. PMS Line 1
  - F.2. PMS Ground 1
  - F.3. PMS Line 2
  - F.4. PMS Ground 2
- G. Gardu Induk Ngenang Bay TD 10 MVA
  - G.1. PMS Bus
  - G.2. PMT 150 kV
  - G.3. PMT Incoming 20 kV
  - G.4. PMT 20 kV
- H. Gardu Induk Ngenang Arah Tower 13
  - H.1. Lightning Arrester
  - H.2. CVT
  - H.3. PMS Line
  - H.4. PMS Ground
- I. Gardu Induk Ngenang Arah Sealing End Line 2
  - I.1. Lightning Arrester
  - I.2. PMS Line
  - I.3. PMS Ground
- J. Gardu Induk Ngenang Arah Sealing End Line 1
  - J.1. Lightning Arrester
  - J.2. PMS Line
  - J.3. PMS Ground

Dengan konfigurasi *Single Line Diagram* GI Ngenang seperti pada Gambar 5, terdapat Pemisah (PMS) Line Arah Tower 13 dan Pemisah (PMS) Line Arah Sealing End Line 2 yang dapat dimanfaatkan pengoperasiannya untuk meminimalisir dampak padam pada GI Ngenang.

**Alur Komunikasi**

Alur komunikasi dalam skema Pedoman Khusus *Switching* Pembebasan Tegangan dan Pemberian Tegangan Penghantar 150 kV Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 dan Gardu Induk Ngenang dapat dijelaskan dalam Gambar 6 berikut.



**Gambar 6.** Alur komunikasi

Dalam alur komunikasi tersebut dapat dijelaskan bahwa UP2D Riau/Kepri memiliki wewenang untuk memberikan instruksi kepada gardu induk dan pembangkit 20 kV untuk melakukan *switching* pada peralatan GI. Sedangkan gardu induk memiliki wewenang sebatas memberikan informasi kepada UP2D Riau/Kepri berupa info waktu *switching*, beban dan status peralatan.

### Peranan dan Tugas/Tanggung Jawab

Terdapat banyak pihak yang terlibat dalam pelaksanaan *Switching* Pembebasan Tegangan dan Pemberian Tegangan Penghantar 150 kV Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 dan Gardu Induk Ngenang yang mana peran dan tanggung jawab pihak-pihak yang terlibat dapat dijelaskan pada Tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1.** Peran dan tanggung jawab

No.	UNIT	PERAN DAN TANGGUNG JAWAB
1.	ULTG Bintang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemilik Aset</li> <li>• Pelaksana Pekerjaan</li> <li>• Memastikan K3 selama pekerjaan</li> </ul>
2.	UP2D Riau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengatur Sistem Operasi 150 kV dan 20 kV di Bintang</li> <li>• Mengkoordinir Pelaksanaan <i>Switching</i> Pembebasan Tegangan and Pemberian Tegangan</li> </ul>
3.	UP3 Tanjungpinang	Memastikan customer focused
4.	Batam Control center	Pengatur Sistem Operasi 150 kV dan 20 kV di Batam
5.	GI Kasam	Melaksanakan <i>switching</i> di GI Kasam
6.	GI Tanjung Uban	Melaksanakan <i>switching</i> di GI Tanjung Uban
7.	GI Ngenang	Melaksanakan <i>switching</i> di GI Ngenang

### Urutan *Switching*

Untuk skema Pedoman Khusus *Switching* Pembebasan Tegangan dan Pemberian Tegangan Penghantar 150 kV Tanjung Kasam-Tanjung Uban 2 dan Gardu Induk Ngenang dapat dijelaskan dalam Tabel 2 di bawah ini.

**Tabel 2.** Skema prosedur khusus

HARI	KEGIATAN	PROSEDUR SWITCHING YANG DIBUTUHKAN	KETERANGAN
HARI KE-1	PEMBONGKARAN LIGHTNING ARRESTER (LA)	A. PEMBEBASAN TEGANGAN BAY TRAFODAYA & PHT KASAM - NGENA	
		B. PENORMALAN TEGANGAN BAY TRAFODAYA GI NGENANG DARI GI KASAM SETELAH PELEPASAN JUMPER KONDUKTOR	
		C. PEMBEBASAN TEGANGAN BAY TRAFODAYA GI NGENANG DARI GI KASAM UNTUK PEMASANGAN JUMPER KONDUKTOR	
		D. PENORMALAN TEGANGAN BAY TRAFODAYA & PHT KASAM - NGENA	
HARI KE-2	PERBAIKAN PONDASI	TIDAK ADA SWITCHING	GARDU INDUK NGENANG ARAH SEALING END LINE 2 OPERASI TANPA LA
HARI KE-3	PERBAIKAN PONDASI	TIDAK ADA SWITCHING	GARDU INDUK NGENANG ARAH SEALING END LINE 2 OPERASI TANPA LA
HARI KE-4	PERBAIKAN PONDASI	TIDAK ADA SWITCHING	GARDU INDUK NGENANG ARAH SEALING END LINE 2 OPERASI TANPA LA
HARI KE-5	PERBAIKAN PONDASI	TIDAK ADA SWITCHING	GARDU INDUK NGENANG ARAH SEALING END LINE 2 OPERASI TANPA LA
HARI KE-6	PEMASANGAN LIGHTNING ARRESTER (LA)	E. PEMBEBASAN TEGANGAN BAY TRAFODAYA & PHT KASAM - NGENA	
		F. PENORMALAN TEGANGAN BAY TRAFODAYA & PHT KASAM - NGENA	

*Switching* manuver untuk pembebasan dan pemberian tegangan dilaksanakan pada hari pertama dan hari ke-6, sedangkan hari ke-2 sampai dengan hari ke-5 tidak ada *switching*. Dengan catatan Gardu Induk Ngenang arah *sealing end line* 2 beroperasi tanpa *Lightning Arrester* 150 kV dikarenakan masih dalam tahap perbaikan pondasi.

### KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Dengan konfigurasi *Single Line Diagram* GI Ngenang, terdapat PMS (Pemisah) *Line Arah Tower 13* dan PMS *Line Arah Sealing End Line 2*

yang dapat dimanfaatkan untuk meminimalisir padam pada GI Ngenang.

- Dengan adanya Prosedur Khusus *Switching* tersebut dapat meminimalisir padam pada GI Ngenang dari semula 8 jam selama 6 hari (48 jam) menjadi 5 jam.
- Dengan adanya Prosedur Khusus *Switching* tersebut berdampak pada perbaikan kinerja *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI) sebesar 89,6% dan *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI) sebesar 50% dan *Energy Not Serve* (ENS) sebesar 89,6%.

### DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni, S. K. (2016). *Manuver pembebasan tegangan penyulang GI Krapyak dan pengoperasian PMT outgoing 20 kV dengan SCADA PLN APD Jawa Tengah dan DIY* [Makalah seminar kerja praktik].

Aslimeri, G., & Hamdi, Z. (2008). *Teknik Transmisi Tenaga Listrik. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.*

Atmojo, S. S. (2013). *Manuver pembebasan tegangan sistem distribusi sisi incoming 20 kV dan busbar guna pekerjaan di kubikel GI Tambak Lorok PLN APD Jawa Tengah dan DIY* [Makalah seminar kerja praktik].

Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (1996). *Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor 05/MEN/1996 tentang sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3).*

Putra, M. A. M., Suprihanto, A., & Pramono, Y. B. (2023). Perancangan dan fabrikasi test stand wheel boogie pada workshop garbarata pt bukaka teknik utama. *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia*, 1(5), 186-193.

Perusahaan Listrik Negara (Persero). (2005a). *Keputusan Direksi Nomor 090.K/DIR/2005 tentang pedoman keselamatan instalasi.*

Perusahaan Listrik Negara (Persero). (2005b). *Keputusan Direksi Nomor 091.K/DIR/2005 tentang pedoman keselamatan umum.*

Perusahaan Listrik Negara (Persero). (2005c). *Keputusan Direksi Nomor 092.K/DIR/2005 tentang pedoman keselamatan kerja.*

Perusahaan Listrik Negara (Persero). (2006). *Diklat profesi kurikulum K2/K3 pada instalasi TT/TET untuk pelaksana pekerjaan.* Pusdiklat PT PLN (Persero).

Perusahaan Listrik Negara (Persero). (2009). *Materi workshop operasi dan pemeliharaan gardu induk.* Pusdiklat PT PLN (Persero).

Perusahaan Listrik Negara (Persero). (2014a). *Buku pedoman pemeliharaan lightning arrester.* PT PLN (Persero).

- Perusahaan Listrik Negara (Persero). (2014b). *Himpunan buku pedoman pemeliharaan primer gardu induk*. PT PLN (Persero).
- PLN Corporate University. (2016). *Sistem ketenagalistrikan*. PLN Corporate University.
- Purwanto, H. (2018). Prosedur pelaksanaan dan penerapan APD K3 pada pekerjaan putus sambung jalur transmisi 150 kV Tanjung Api–Api–Talang Kelapa–Borang di Gardu Induk 150 kV Kenten. *Jurnal Deformasi*, 3(2).
- Republik Indonesia. (1970). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1970 tentang keselamatan kerja*.
- Republik Indonesia. (1985). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 1985 tentang ketenagalistrikan*.
- Republik Indonesia. (2005). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2005 tentang instalasi penyediaan dan pemanfaatan tenaga listrik*.
- Republik Indonesia. (2012). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja*. Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Senen, A. (2019). Studi perhitungan indeks keandalan sistem tenaga listrik menggunakan graphical user interface Matlab pada PT PLN (Persero) Rayon Kota Pinang. *Jurnal Ilmiah Energi dan Kelistrikan*.