



© 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



**RANCANG BANGUN PANEL TEGANGAN MENENGAH PIX  
DENGAN RELAY PROTEKSI P5 DAN SUBSTATION  
MONITORING DEVICE**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar**

**Sarjana Terapan**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**Mahesa Wijaya**

**2203411021**

**PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2026**



© 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



**RANCANG BANGUN PANEL TEGANGAN MENENGAH PIX  
DENGAN RELAY PROTEKSI P5 DAN SUBSTATION  
MONITORING DEVICE**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Terapan**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**  
**Mahesa Wijaya**  
**2203411021**

**PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2026**



**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 PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

**NAMA : Mahesa Wijaya**

**NIM : 2203411021**

**TANDA TANGAN :** 

**TANGGAL : Jumat, 31 Juli 2026**

**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

## LEMBAR PENGESAHAN

### SKRIPSI

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Mahesa Wijaya  
NIM : 2203411021  
Program Studi : Teknik Otomasi Listrik Industri  
Judul Skripsi : Rancang Bangun Panel Tegangan Menengah PIX  
Dengan Relay Proteksi P5 Dan Substation Monitoring  
Device

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada Senin, 27 Juli 2026 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Ikhsan Kamil, S.T., M.Kom.

Pembimbing II : Wisnu Hendri Mulyadi S.T. M.T.

Depok, 23 Juli 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr., Murie Dwiyaniti, S.T., M.T.

NIP. 197803312003122002



**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

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan YME, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Penulisan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Politeknik.

Skripsi ini tentang perancangan, pengujian, dan analisis sistem proteksi cerdas serta perangkat pemantau pada panel distribusi tegangan menengah tipe PIX. Penelitian ini difokuskan pada upaya perubahan sistem distribusi energi listrik dari pemeliharaan konvensional menuju sistem pemeliharaan berbasis kondisi yang terintegrasi secara digital di era Industri 4.0.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ikhsan Kamil, S.T., M.Kom. dan Bapak Wisnu Hendri Mulyadi S.T. M.T., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini
2. Bapak Abdul Gofur Syam, Bapak Dodik Tulus A., dan Ibu Utari Yuko A. selaku pembimbing industri yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang penulis butuhkan.
3. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 10 Juli 2026

Mahesa Wijaya

**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

## ABSTRAK

Perkembangan era Industri 4.0 menuntut modernisasi pada sistem distribusi energi listrik tegangan menengah dari metode pemeliharaan berbasis jadwal menjadi sistem terintegrasi secara digital berbasis kondisi. Sistem proteksi mengintegrasikan Easergy P5 (ANSI 27, 59, dan 50/51), sedangkan sistem SMD memanfaatkan arsitektur IoT Active Solution yang terdiri dari sensor nirkabel TH110, CL110, Panel Server PAS600L, serta PLC Modicon M251. Metode pengujian dilakukan melalui dua pendekatan injeksi sekunder parameter arus dan tegangan pada relay proteksi serta pengujian mekanis variasi torsi baut terminasi busbar (60 Nm hingga 2 Nm) dengan injeksi arus primer 300 A untuk memicu kenaikan suhu pada SMD. Hasil pengujian menunjukkan relay Easergy P5 bekerja dengan baik dimana proteksi tegangan kurang aktif pada tegangan  $<80\%$  (16.000 V), proteksi tegangan lebih memicu pemutusan saat tegangan  $>120\%$  (24.000 V), dan proteksi arus lebih sesaat berhasil mengisolasi gangguan saat arus melebihi  $120\%$  nominal (1.200 A) dengan rata-rata waktu tunda trip 1 detik. Sementara itu, sistem SMD berhasil mendeteksi lonjakan suhu signifikan hingga  $45^{\circ}\text{C}$  akibat kelonggaran torsi terminasi baut pada 2 Nm, yang secara otomatis memicu sinyal peringatan (Warning) ke SCADA/Cloud. Integrasi ini membuktikan bahwa pemantauan termal real-time yang dipadukan dengan relay proteksi cerdas secara efektif dapat mencegah kegagalan fatal (arc flash) dan meningkatkan keandalan jaringan distribusi listrik.

**Kata Kunci:** Condition-Based Maintenance (CBM), Distribusi Listrik Tegangan Menengah, Easergy P5, Relay Proteksi, Substation Monitoring Device (SMD).





**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

**Abstract**

*The advancement of Industry 4.0 demands the modernization of medium-voltage (MV) electrical distribution systems, transitioning from conventional scheduled preventive maintenance to digitally integrated Condition-Based Maintenance (CBM). This thesis aims to design, evaluate, and analyze an intelligent protection system and a Substation Monitoring Device (SMD) integrated into a 24 kV PIX-type switchgear panel. The framework incorporates an Easergy P5 protection relay (ANSI 27, 59, and 50/51) and an IoT Active Solution ecosystem consisting of TH110 wireless thermal sensors, CL110 environmental sensors, a PAS600L Panel Server, and a Modicon M251 PLC. The experimental methodology involved secondary injection of current and voltage parameters to evaluate relay accuracy, alongside primary current injection (300 A) with torque variation testing (60 Nm down to 2 Nm) on cable termination busbars to simulate hot-spot anomalies. The experimental results demonstrate highly precise trip execution by the Easergy P5 relay: under-voltage protection (ANSI 27) tripped below 80% (16,000 V), over-voltage protection (ANSI 59) triggered above 120% (24,000 V), and instantaneous overcurrent protection (ANSI 50) isolated faults exceeding 120% of nominal current (1,200 A) with a standard trip time of approximately 1 second. Furthermore, the SMD system effectively detected critical temperature rises reaching 45°C under connection looseness at 2 Nm torque, successfully transmitting warning signals to the SCADA/Cloud interface. The seamless integration of continuous thermal-environmental monitoring with digital protection relays proves to prevent arc flash hazards and significantly enhance MV substation operational reliability.*

**Key words :** Condition-Based Maintenance (CBM), Easergy P5, Intelligent Protection Relay, Medium Voltage Substation, Substation Monitoring Device (SMD).



**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

## DAFTAR ISI

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| HALAMAN SAMPUL .....                    | i    |
| HALAMAN JUDUL.....                      | ii   |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....   | iii  |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                 | iv   |
| KATA PENGANTAR.....                     | v    |
| ABSTRAK.....                            | vi   |
| DAFTAR ISI .....                        | viii |
| DAFTAR GAMBAR .....                     | ix   |
| DAFTAR TABEL.....                       | xi   |
| DAFTAR RUMUS.....                       | xii  |
| BAB I.....                              | 1    |
| 1.1. Latar Belakang .....               | 1    |
| 1.2. Perumusan Masalah .....            | 2    |
| 1.3. Tujuan Penelitian.....             | 3    |
| 1.4. Luaran .....                       | 3    |
| BAB II.....                             | 4    |
| 2.1. Penelitian Terdahulu.....          | 4    |
| 2.2. Panel Tegangan Menengah PIX .....  | 5    |
| 2.2.1. Fungsi Feeder .....              | 6    |
| 2.2.2. Fungsi Bus Coupler & Riser ..... | 7    |
| 2.2.3. Fungsi Bus Metering.....         | 8    |
| 2.3. Konstruksi Panel PIX.....          | 8    |
| 2.3.1. <i>Circuit Breaker</i> .....     | 9    |
| 2.3.2. Busbar .....                     | 12   |





**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

|         |                                                              |    |
|---------|--------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.3.  | Transformer Instrumen.....                                   | 12 |
| 2.4.    | Sistem Substation Monitoring Device (SMD) .....              | 15 |
| 2.4.1.  | TH110.....                                                   | 16 |
| 2.4.2.  | CL110.....                                                   | 16 |
| 2.4.3.  | PAS600L .....                                                | 17 |
| 2.4.4.  | PLC M251.....                                                | 17 |
| 2.5.    | Relay proteksi Easergy P5 .....                              | 17 |
| 2.5.1.  | Modul Suplai Daya .....                                      | 18 |
| 2.5.2.  | Modul Input Transformator Instrumen .....                    | 19 |
| 2.5.3.  | Modul Input & Ouput .....                                    | 20 |
| 2.5.4.  | Modul Komunikasi .....                                       | 21 |
| 2.6.    | Fungsi Proteksi Utama .....                                  | 22 |
| 2.6.1.  | Proteksi Hubung Singkat & Arus Lebih (ANSI 50/51) .....      | 22 |
| 2.6.2.  | Proteksi Tegangan Lebih dan Tegangan Kurang (ANSI 27/59).... | 23 |
| 2.6.3.  | Proteksi Kegagalan Pemutus Daya (ANSI 50BF) .....            | 25 |
| 2.6.4.  | Proteksi Sirkuit Pemutus Daya (ANSI 74) .....                | 25 |
| BAB III | .....                                                        | 26 |
| 3.1.    | Metodologi Penelitian.....                                   | 26 |
| 3.2.    | Teknik Pengambilan Data .....                                | 26 |
| 3.3.    | Lokasi dan Waktu Penelitian.....                             | 27 |
| 3.4.    | Rancangan Alat .....                                         | 27 |
| 3.4.1.  | Deskripsi alat.....                                          | 27 |
| 3.4.2.  | Cara Kerja Relay Proteksi.....                               | 30 |
| 3.4.3.  | Cara Kerja Substation Monitoring Device .....                | 31 |
| 3.4.4.  | Diagram Blok Sistem .....                                    | 32 |
| 3.4.5.  | Kalkulasi Spesifikasi Alat .....                             | 33 |



## © 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

|                              |                           |    |
|------------------------------|---------------------------|----|
| 3.4.6.                       | Spesifikasi Alat .....    | 39 |
| 3.5.                         | Realisasi Alat.....       | 45 |
| 3.5.1.                       | Konstruksi Alat .....     | 45 |
| BAB IV                       | .....                     | 49 |
| 4.1.                         | Pengujian.....            | 49 |
| 4.1.1.                       | Deskripsi Pengujian ..... | 49 |
| 4.1.2.                       | Prosedur Pengujian .....  | 49 |
| 4.1.3.                       | Data Hasil Pengujian..... | 51 |
| BAB V                        | .....                     | 59 |
| PENUTUP                      | .....                     | 59 |
| 5.1.                         | Kesimpulan .....          | 59 |
| 5.2.                         | Saran.....                | 59 |
| DAFTAR PUSTAKA               | .....                     | 60 |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS | .....                     | 64 |
| DAFTAR LAMPIRAN              | .....                     | 65 |

**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 mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR GAMBAR

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Panel PIX.....                                 | 6  |
| Gambar 2.2 Diagram Panel Feeder .....                     | 7  |
| Gambar 2.3 Diagram Panel Bus Coupler.....                 | 7  |
| Gambar 2.4 Diagram Panel Bus Riser .....                  | 8  |
| Gambar 2.5 Diagram Panel Metering .....                   | 8  |
| Gambar 2.6 Konstruksi Panel PIX.....                      | 9  |
| Gambar 2.7 Kurva DT.....                                  | 13 |
| Gambar 2.8 Sensor TH110.....                              | 16 |
| Gambar 2. 9 Sensor CL110 .....                            | 16 |
| Gambar 2.10 PAS600L .....                                 | 17 |
| Gambar 2.11 PLC M251 .....                                | 17 |
| Gambar 2. 12 Modul Relay Proteksi.....                    | 18 |
| Gambar 2.13 Modul Suplai Daya Relay Proteksi .....        | 19 |
| Gambar 2.14 Modul CT & VT Relay Proteksi .....            | 20 |
| Gambar 2.15 Modul Input & Output Relay Proteksi .....     | 21 |
| Gambar 2.16 Modul Komunikasi Relay Proteksi .....         | 22 |
| Gambar 2.17 Kurva DT.....                                 | 22 |
| Gambar 2.18 Function Block ANSI 27/59.....                | 24 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian .....           | 26 |
| Gambar 3.2 Tampak Depan Rancangan Panel PIX.....          | 28 |
| Gambar 3.3 Gambar Tampak Samping Rancangan Panel PIX..... | 28 |
| Gambar 3.4 Single Line Diagram Rancangan Panel PIX .....  | 29 |
| Gambar 3.5 Tampak Depan LV Box .....                      | 29 |
| Gambar 3.6 Diagram Alir Relay Proteksi .....              | 30 |
| Gambar 3.7 Diagram Alir SMD .....                         | 31 |
| Gambar 3.8 Rangkaian Active Solution.....                 | 32 |
| Gambar 3.9 Diagram Blok Sistem .....                      | 33 |
| Gambar 3.10 Realisasi Panel PIX .....                     | 45 |
| Gambar 3.11 Realisasi LV Box .....                        | 45 |





## © 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

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3.12 Kompartemen CB.....                                     | 46 |
| Gambar 3.13 HMI Display.....                                        | 46 |
| Gambar 3.14 Proses Injeksi Arus Pada Busbar.....                    | 47 |
| Gambar 3.15 Proses Instalasi Wiring LV Box .....                    | 47 |
| Gambar 3.16 Proses Injeksi Tegangan .....                           | 48 |
| Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian Relay Proteksi Kode ANSI 27.....  | 52 |
| Gambar 4.2 Grafik Hasil pengujian relay proteksi kode ANSI 59 ..... | 55 |
| Gambar 4.3 Grafik Hasil pengujian relay proteksi kode ANSI 50 ..... | 56 |
| Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian SMD .....                         | 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR TABEL

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Koefisien Kondisi Busbar pada CB .....            | 5  |
| Tabel 2.2 Koefisien Kondisi Busbar pada CB .....            | 11 |
| Tabel 3.1 Kalkulasi Konstanta Panel Outgoing .....          | 34 |
| Tabel 3.2 Kalkulasi Konstanta Panel Incoming .....          | 35 |
| Tabel 3.3 Spesifikasi Alat.....                             | 39 |
| Tabel 4.1 Hasil pengujian relay proteksi kode ANSI 27 ..... | 51 |
| Tabel 4.2 Hasil pengujian relay proteksi kode ANSI 59.....  | 53 |
| Tabel 4.3 Hasil pengujian relay proteksi kode ANSI 50.....  | 55 |
| Tabel 4.4 Hasil Pengujian SMD.....                          | 57 |

**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

## DAFTAR RUMUS

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| Rumus Arus Short Circuit Pada CB (2.1) .....    | 10 |
| Rumus Arus Maksimum Pada CB (2.2).....          | 10 |
| Rumus Burden Pada Transformer (2.3) .....       | 13 |
| Rumus Arus Saturasi Pada Transformer (2.4)..... | 14 |
| Rumus ALF Pada Transformer (2.5).....           | 14 |
| Rumus Rugi Daya Pada Busbar(2.6) .....          | 15 |
| Rumus Arus Kumpanan Transformator (2.7) .....   | 19 |
| Rumus ALF Sebenarnya (2.8).....                 | 20 |
| Rumus Arus Trip Overcurrent (2.9) .....         | 23 |
| Rumus Waktu Trip Overcurrent (2.10) .....       | 24 |

**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

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan Era Industri 4.0 memerlukan sistem distribusi daya yang dapat terintegrasi secara digital (Mahdi et al., 2025). Hal ini mempengaruhi sistem pengawasan dan kontrol pada proses distribusi daya tegangan menengah. Jika proses tersebut dapat terintegrasi secara digital, maka sistem akan menjadi lebih handal. Panel Tegangan Menengah PIX adalah salah satu produk panel yang digunakan pada infrastruktur distribusi daya di sektor komersial maupun industri. Namun, saat ini banyak sistem distribusi yang masih bergantung pada metode pengelolaan data konvensional melalui pemeriksaan manual secara berkala. Sistem pemeliharaan distribusi daya pada saat ini juga masih menggunakan pemeliharaan preventif berbasis jadwal (Virginia., 2024).

Relay Proteksi adalah komponen proteksi pada panel distribusi tegangan menengah yang berfungsi untuk melindungi sistem distribusi. Komponen ini dapat mendeteksi adanya gangguan elektrik pada jaringan distribusi lalu mengisolasi gangguan tersebut agar sistem distribusi tetap beroperasi dengan baik (Dimas et al., 2026). Salah satu tipe relay proteksi yang mulai umum digunakan adalah Easergy P5 yang merupakan salah satu produk dari Schneider Electric. Relay P5 memiliki akurasi yang tinggi serta kemampuan untuk mengisolasi gangguan dengan cepat. Relay ini sudah mendukung integrasi digital dengan menggunakan standar komunikasi IEC61850 yang menjadi standar komunikasi skala industri (Schneider Electric., 2026).

Substation Monitoring Device adalah komponen pemantauan terintegrasi yang memiliki fungsi untuk mengawasi parameter pada panel distribusi. Sistem SMD yang akan digunakan adalah Active Solution. Active Solution merupakan arsitektur IoT dari Schneider Electric yang berfokus pada pengawasan kondisi suhu pada sistem distribusi secara berkelanjutan dan *real-time*. Active Solution mendukung komunikasi sensor nirkabel yang akan mendukung keselamatan pada saat pengawasan dalam keadaan bertegangan. Sistem ini juga akan mendukung

### 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

pemeliharaan berdasarkan kondisi yang akan memperpanjang umur komponen distribusi.

Masalah yang sering ditemukan pada sistem distribusi daya adalah panas berlebih pada busbar yang menyebabkan penurunan efisiensi pada sistem (*derating*). Fenomena *thermal runaway* pada koneksi terminasi baut yang longgar juga menjadi penyebab kenaikan suhu signifikan pada busbar. Jika sudah pada tahap kritis, maka kondisi ini dapat memicu timbulnya busur api (*arc flash*) (Bibash et al., 2025) .

Metode pengelolaan data konvensional melalui pemeriksaan manual secara berkala memiliki beberapa kekurangan seperti gangguan minor diluar jadwal pemeliharaan yang tidak tercatat, pengumpulan data tidak akurat akibat human error, dan waktu pengumpulan data memerlukan waktu yang lama. Data yang dikumpulkan dari hasil pemeriksaan manual tersebut akan dijadikan acuan sebagai rencana pemeliharaan preventif berbasis jadwal yang akan berpengaruh kepada resiko keselamatan operator, *downtime* pada saat pemeliharaan, dan juga biaya untuk pemeliharaan (Dingjia., 2025)(Yue et al.,2023).

Oleh karena itu, integrasi relay proteksi P5 dan ekosistem monitoring berbasis IoT yang terdiri dari Gateway PAS600L serta sensor wireless TH110 dan CL110 menjadi sebuah kebutuhan. Relay P5 berperan sebagai perlindungan terhadap gangguan listrik pada proses distribusi, sementara sensor TH110 dan CL110 melakukan pemantauan suhu dan kelembapan secara real-time tanpa harus berinteraksi langsung dengan peralatan bertegangan. Integrasi digital ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pada proses distribusi tenaga listrik, baik dari faktor keandalan sistem, biaya operasi sistem, dan juga faktor keselamatan pada proses distribusi daya.

## 1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang panel tegangan menengah PIX dengan relay proteksi *Easergy* P5 dan *Substation Monitoring Device* ?

**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

2. Bagaimana integrasi relay proteksi *Easergy P5* dengan *Substation Monitoring Device* dapat mempengaruhi efisiensi dalam distribusi daya listrik tegangan menengah?
3. Bagaimana Perancangan sistem SMD dengan mengintegrasikan sensor TH110 dan CL110 dengan Panel Server PAS600L
4. Bagaimana Perancangan sistem proteksi menggunakan relay proteksi *Easergy P5*

### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan membangun Panel Tegangan Menengah PIX
2. Menganalisis kinerja sistem proteksi dan *Substation Monitoring Device* dalam meningkatkan efisiensi dalam distribusi daya listrik tegangan menengah.
3. Merancang dan membangun sistem *Substation Monitoring Device* menggunakan sensor TH110, CL110, dan *Panel Server PAS600L*
4. Merancang dan mengaplikasikan proteksi sistem panel menggunakan relay proteksi *Easergy P5*

### 1.4. Luaran

Penulisan skripsi ini memiliki luaran sebagai berikut :

1. Panel tegangan menengah PIX yang dilengkapi dengan sistem proteksi *Easergy P5* dan *Substation Monitoring Device*.
2. Dokumen pendukung perancangan panel PIX
3. Artikel ilmiah yang diseminarkan pada Seminar Nasional Teknik Elektri (SNTE)



**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

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, dan pengujian sistem, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Panel PIX menggunakan relay proteksi dengan kode proteksi ANSI 27/59 dan ANSI 50/51 serta monitoring menggunakan sistem *Substation Monitoring Device* berhasil dirancang dan direalisasikan dengan sensor TH110, CI110, relay proteksi Easergy P5, PLC Schneider TM251MESE, HMI Harmony HMISTU855, dan komunikasi Modbus TCP/IP
2. Sistem mampu memproteksi terhadap gangguan arus lebih instant (ANSI 50) dengan waktu kurang lebih 1s dari adanya gangguan dan 120% dari tegangan kerja. Namun terdapat data yang menunjukkan waktu trip berada pada 1,4s. Sistem mampu memproteksi tegangan kurang (ANSI 27) dengan waktu kurang lebih 1s dengan batas 80% dari tegangan kerja, dan tegangan lebih (ANSI 59) dengan waktu kurang lebih 1s dengan batas 120% dari tegangan kerja.
3. Sistem dapat mengukur suhu pada busbar koneksi kabel dengan baik. Integrasi antara PAS600L, PLC, dan relay proteksi dengan sensor TH110 dan CL110 dapat dilakukan dengan handal. Data yang diperoleh dari sensor dapat digunakan sebagai acuan pemeliharaan berbasis kondisi. Pada kondisi suhu diatas  $>40^{\circ}\text{C}$ , SMD mampu membaca dan memberikan status warning kepada sistem SCADA

#### 5.2. Saran

1. Perlu dilakukan pengaturan tripping dengan menggunakan kurva IDMT agar waktu tripping dapat berbanding lurus dengan gangguan.
2. Perlu adanya analisa lanjut terkait pengaruh pemeliharaan berbasis kondisi terhadap efisiensi kerja pada sistem distribusi listrik dari sisi biaya



**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

## DAFTAR PUSTAKA

- Alsumaidaee, Y.A.M.; Yaw, C.T.; Koh, S.P.; Tiong, S.K.; Chen, C.P.; Ali, K. Review of Medium-Voltage Switchgear Fault Detection in a Condition-Based Monitoring System by Using Deep Learning. *Energies* 2022, 15, 6762. <https://doi.org/10.3390/en15186762>
- Apriyulida, Fitria & Yusdartono, Habib & Daulay, Muhammad & Kartini, Sri. (2024). ANALISIS SISTEM PROTEKSI MOTOR (OVER CURRENT RELAY MENGGUNAKAN EASERGY P3U30) PADA ROTARY DRYER (VSD) 81-MM-362-A DI PT PIM LHOKSEUMAWE. *Jurnal Energi Elektrik*. 13. 10.29103/jee.v13i1.18174.
- Arifudin, Arifudin, et al. "Perencanaan Gardu Distribusi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tadulako." *Foristek*, vol. 10, no. 1, 2020, pp. 1-5, doi:10.54757/fs.v10i1.49.
- B. Adhikari and M. Ghassemi, "A Review of Electrical Insulation Challenges in Medium Voltage High-Frequency Transformers for Solid State Transformers," *2025 IEEE Kansas Power and Energy Conference (KPEC)*, Manhattan, KS, USA, 2025, pp. 1-5, doi: 10.1109/KPEC65465.2025.11045007.
- Bouyahrouzi, El Mahdi & Benmimoun, Racha & Yousra, El Kihel & Bajjou, Mohamed Saad. (2025). Integrating industry 4.0 technologies and maintenance 4.0 for sustainable manufacturing: a systematic literature review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 140. 35-61. 10.1007/s00170-025-16194-3.



**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

Cai, Yue & Teunter, Ruud & Jonge, Bram. (2023). A Data-Driven Approach for Condition-Based Maintenance Optimization. *European Journal of Operational Research*. 311. 10.1016/j.ejor.2023.05.002.

Gouda, Osama & El Dein, Adel & Tag-Eldin, Elsayed & Lehtonen, Matti & Darwish, M. M. F.. (2023). Thermal analysis of the influence of harmonics on the current capacity of medium-voltage underground power cables. *Energy Science & Engineering*. 11. 10.1002/ese3.1534.

Fajri, A. F., & Kusumaningrum, N. (2022). PENGARUH PENERAPAN PEMELIHARAAN GARDU DISTRIBUSI 20KV MENGGUNAKAN METODE MINIM PADAM PADA NILAI SAIDI DAN ENS DI PT. PLN (PERSERO) AREA BULUNGAN (KB 11B). *JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI*, 11(1). <https://doi.org/10.35968/jti.v11i1.968>

Huynh, Johnny. (2020). Temperature and Humidity Monitoring in Switchgear. 2020-05-27T07:08:41Z; Thesis, University of Applied Science Electrical Engineering and Automation.

Halve, S., Sonje, D., & Mallireddy, V. (2026). Simultaneous Network Reconfiguration and Optimal Allocation of Multiple DGs in Radial Distribution System to Reduce Real Power Loss. *ECTI Transactions on Electrical Engineering, Electronics, and Communications*, 24(1). <https://doi.org/10.37936/ecti-eec.2026241.259980>

H. Zhang, S. He, Y. Zhang and W. Meng, "QPADL: Quadratic Programming for Allocation of Distributed Energy Resources to Minimize Power Loss in





**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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Distribution Networks," in *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, vol. 13, pp. 2038-2052, 2026, doi: 10.1109/TNSE.2025.3608895.

J. Purnama, M. I. B.S., H. R. Ali and E. Prasetyo, "Impact of Operating Voltage Variations on Transformer Overcurrent Protection in Central Java," *2025 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, Surabaya, Indonesia, 2025, pp. 855-860, doi: 10.1109/ISITIA66279.2025.11137435.

K. E. Thorvaldsen, E. Aglen and S. Jaehnert, "Cost-effective Use of Flexible Resources for Voltage Support in Medium Voltage Distribution Grid," *2025 IEEE Kiel PowerTech*, Kiel, Germany, 2025, pp. 1-8, doi: 10.1109/PowerTech59965.2025.11180518.

L. d. C. Rocha, T. T. Borges and F. L. Casas, "Overvoltages in Medium-Voltage Industrial Systems Associated With Switching High-Voltage Transformers Connected Through Insulated Cables: Analysis and Solutions," in *IEEE Industry Applications Magazine*, vol. 31, no. 4, pp. 27-36, July-Aug. 2025, doi: 10.1109/MIAS.2025.3559856.

M. M. Perona, S. N. Perez, S. N. Braganolo and J. I. Amaya, "Analysis of the Impact of Electric Mobility on a Medium Voltage Distribution Network: A Case Study of the Cerro De Las Rosas Feeder," *2025 XXI Workshop on Information Processing and Control (RPIC)*, San Francisco, Argentina, 2025, pp. 1-6, doi: 10.1109/RPIC67987.2025.

Nilhusna, Rauf, R., & Budiman. (2024). Analisa Susut Tegangan dan Rugi- Rugi Daya Pada SUTM 20 kV Pada Unit PT. PLN (Persero) ULP Lubuk Sikaping



**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

Pasaman Sumatera Barat. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 5(2), 117–128.  
<https://doi.org/10.53695/jm.v5i2.1129>

Nur Prakoso, D., Prasetyo, Y., Triyono, B., & Winarno, B. (2026). Setting Relay Diferensial Siemens 7UT5121 pada Transformator dengan ETAP untuk Meningkatkan Sistem Proteksi. *Jurnal FORTECH*, 7(1), 8–15.  
<https://doi.org/10.56795/fortech.v7i1.7102>

Spaggiari, G., Touret, T., Changenet, C., Bourdon, A., Remond, D., & Mayoux, S. (2025). Estimation of Power Loss Repartition in an Electric Truck Transmission through Thermal Modelling and Experimental Temperature Measurements. *Tribology Transactions*, 68(3), 518–530.  
<https://doi.org/10.1080/10402004.2025.2489696>

Zhao, Dingjia. (2025). Advancements and Applications of Robotics Technology in Modern Manufacturing and Inspection Systems. *Applied and Computational Engineering*. 148. 26-32. 10.54254/2755-2721/2025.22535.

**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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Mahesa Wijaya

Lulus dari SDIT Pondok Duta tahun 2015, SMP Negeri 3 Depok tahun 2018, dan SMA Negeri 51 Jakarta tahun 2021. Sampai saat skripsi ini dibuat, penulis merupakan mahasiswa aktif di Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.



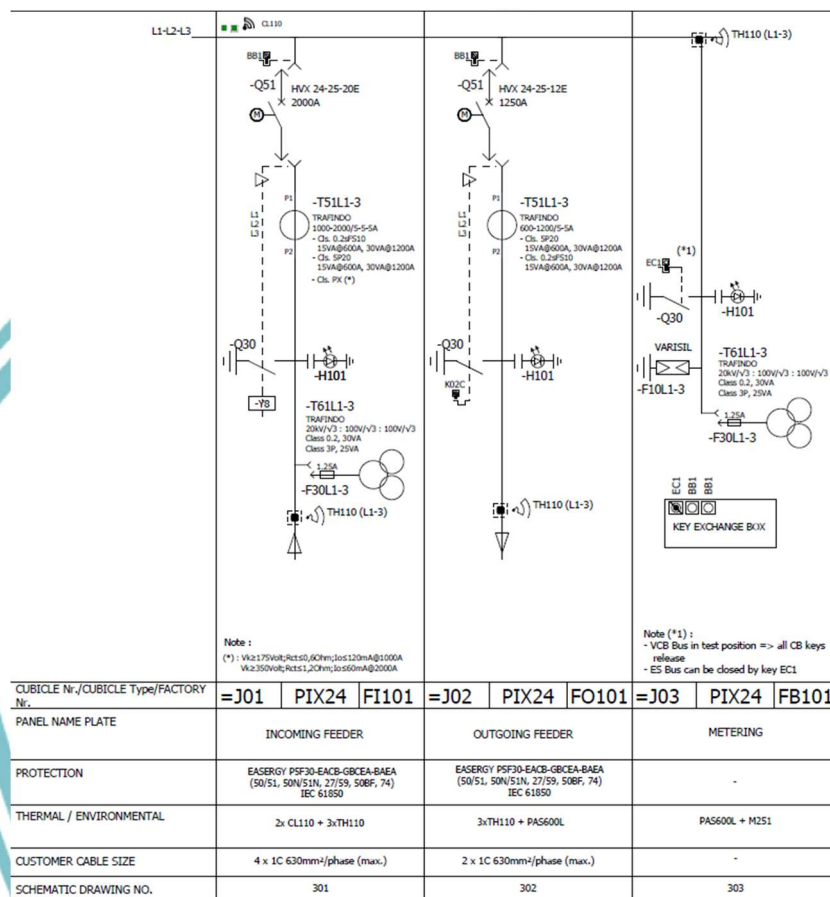


### Hak Cipta :

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 mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Single Line Diagram dan General Arrangement



## Lampiran 2. Spesifikasi Panel

### Switchboard characteristics:

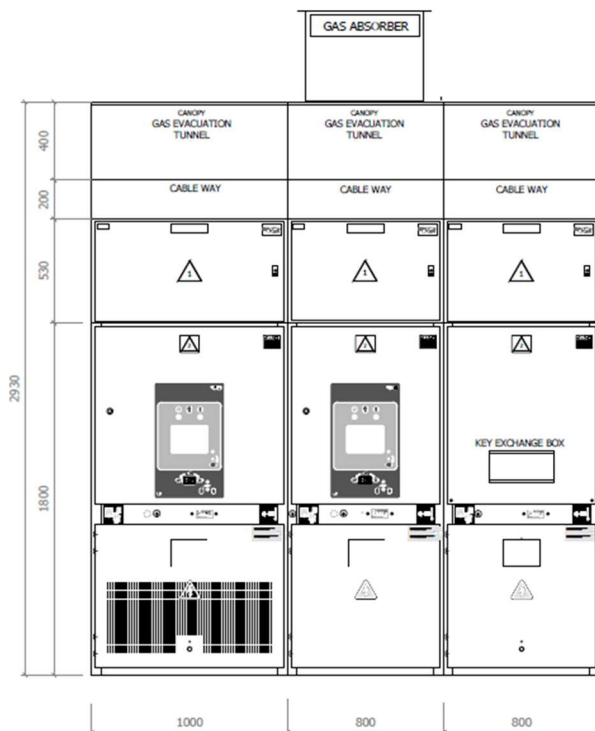
|                                                                                                     |                                                 |                                      |                                      |                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Rated voltage (Uir / kV) -----                                                                      | <input type="checkbox"/> 7.2kV                  | <input type="checkbox"/> 12kV        | <input type="checkbox"/> 17.5kV      | <input checked="" type="checkbox"/> 24kV                                             |
| Rated service voltage (Us / kV) -----                                                               | 20kV                                            |                                      |                                      |                                                                                      |
| <b>Rated insulation level</b>                                                                       |                                                 |                                      |                                      |                                                                                      |
| Power frequency withstand voltage 50Hz - 1mn (Ud / rms kV) ---                                      | <input type="checkbox"/> 10kVrms-1mn            | <input type="checkbox"/> 20kVrms-1mn | <input type="checkbox"/> 28kVrms-1mn | <input type="checkbox"/> 38kVrms-1mn <input checked="" type="checkbox"/> 50kVrms-1mn |
| Lightning impulse withstand voltage 1.2 / 50 $\mu$ s (Up / kV peak) --                              | <input type="checkbox"/> 40kV Peak              | <input type="checkbox"/> 60kV Peak   | <input type="checkbox"/> 75kV Peak   | <input type="checkbox"/> 95kV Peak <input checked="" type="checkbox"/> 125kV Peak    |
| <b>Rated normal current and maximum short time withstand current</b>                                |                                                 |                                      |                                      |                                                                                      |
| Short time withstand current (Ik / kA) -----                                                        | <input checked="" type="checkbox"/> 25kA-eff    | <input type="checkbox"/> 31.5kA-eff  | <input type="checkbox"/> 40kA-eff    | <input type="checkbox"/> 50kA-eff                                                    |
| Rated duration of short circuit (tk / s) -----                                                      | <input checked="" type="checkbox"/> 1sec        | <input type="checkbox"/> 3sec        |                                      |                                                                                      |
| Short circuit making current (Ip / peak value kA) at <input checked="" type="checkbox"/> 50Hz ----- | <input checked="" type="checkbox"/> 62.5kA peak | <input type="checkbox"/> 80kA peak   | <input type="checkbox"/> 100kA peak  | <input type="checkbox"/> 125kA peak                                                  |
| <input type="checkbox"/> 60Hz -----                                                                 | <input type="checkbox"/> 65kA peak              | <input type="checkbox"/> 82kA peak   | <input type="checkbox"/> 104kA peak  | <input type="checkbox"/> 130kA peak                                                  |

|                                               |                                            |                                                      |                                                    |                                                                                                      |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Internal arc current (IA / kA - 1A / s) ----- | <input type="checkbox"/> NA                | <input checked="" type="checkbox"/> 25kA-1sec        | <input type="checkbox"/> 31.5kA-1sec               | <input type="checkbox"/> 40kA-1sec                                                                   |
| Internal arc classification (IAC) -----       | <input type="checkbox"/> NA                | <input type="checkbox"/> AFL (3 sides)               | <input checked="" type="checkbox"/> AFLR (4 sides) |                                                                                                      |
| Anti-seismic (option) -----                   | <input type="checkbox"/> YES               | <input type="checkbox"/> NO                          |                                                    |                                                                                                      |
| Marine Application (option) -----             | <input type="checkbox"/> YES               | <input type="checkbox"/> NO                          |                                                    |                                                                                                      |
| Neutral system network -----                  | <input type="checkbox"/> Solidly Earthed   | <input type="checkbox"/> Impedance                   | <input type="checkbox"/> Isolated                  | <input checked="" type="checkbox"/> Unknown                                                          |
| Ambient temperature -----                     | > -5°C                                     | <input checked="" type="checkbox"/> <30°C (standard) | <input type="checkbox"/> <30°C (max)               |                                                                                                      |
| Altitude -----                                | <input checked="" type="checkbox"/> <1000m | <input type="checkbox"/> >1000m (max)                |                                                    |                                                                                                      |
| Average relative humidity -----               | $\leq$ 95% on 24 h /                       | $\leq$ 90% on 1 month                                |                                                    |                                                                                                      |
| Degree of protection (IP) -----               | <input type="checkbox"/> IP3X              | <input type="checkbox"/> IP31                        | <input type="checkbox"/> IP32                      | <input type="checkbox"/> IP4X <input checked="" type="checkbox"/> IP41 <input type="checkbox"/> IP42 |

### Busbar characteristics :

|                                                              |                                                                              |                                                                                               |                                                                                            |                                        |                                      |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| Main Busbar rated current -----                              | <input type="checkbox"/> 630A/800A                                           | <input type="checkbox"/> 1250A (max)                                                          | <input checked="" type="checkbox"/> 2000A (max)                                            | <input type="checkbox"/> 3150A (max)   | <input type="checkbox"/> 4000A (max) |
| Busbar colour marking -----                                  | <input checked="" type="checkbox"/> Without (Standard)                       | <input type="checkbox"/> Red-Yellow-Blue                                                      | <input type="checkbox"/> Other                                                             |                                        |                                      |
| Earth Bar Size -----                                         | <input checked="" type="checkbox"/> Cu 50 x 5 mm <sup>2</sup> up to 40kA-1s  |                                                                                               | <input type="checkbox"/> Cu 50 x 10 mm <sup>2</sup> 40kA-3s (max)                          |                                        |                                      |
| Earthing Switch -----                                        | Up to 40kA/3s (PDS-12)<br>Up to 16kA/1s (PDS-40)<br>Up to 31.5kA/3s (PDS-24) | <input checked="" type="checkbox"/> Manual (Standard)                                         | <input type="checkbox"/> Motorized (see supply voltage characteristics for supply voltage) |                                        |                                      |
| <b>Insulation</b>                                            |                                                                              |                                                                                               |                                                                                            |                                        |                                      |
| Busbar Heat-shrink -----                                     | <input type="checkbox"/> NO                                                  | <input checked="" type="checkbox"/> YES (standard for PDS-24)                                 |                                                                                            |                                        |                                      |
|                                                              |                                                                              | <input type="checkbox"/> Insulated on main and vertical busbar                                |                                                                                            |                                        |                                      |
|                                                              |                                                                              | <input checked="" type="checkbox"/> Insulated on main busbar, vertical busbar & CT connection |                                                                                            |                                        |                                      |
|                                                              |                                                                              | <input type="checkbox"/> Fully Insulated with segregation                                     |                                                                                            |                                        |                                      |
| <b>Coating (plating)</b>                                     |                                                                              |                                                                                               |                                                                                            |                                        |                                      |
| Horizontal main busbar (Switchboard) -----                   | <input checked="" type="checkbox"/> Standard                                 | <input type="checkbox"/> Silver                                                               | <input type="checkbox"/> Tin                                                               | <input type="checkbox"/> Jointing only | <input type="checkbox"/> Full        |
| Vertical derivation of main busbar (Cubicle) -----           | <input checked="" type="checkbox"/> Standard                                 | <input type="checkbox"/> Silver                                                               | <input type="checkbox"/> Tin                                                               | <input type="checkbox"/> Jointing only | <input type="checkbox"/> Full        |
| Main circuit in cable connection compartment (Cubicle) ----- | <input checked="" type="checkbox"/> Standard                                 | <input type="checkbox"/> Silver                                                               | <input type="checkbox"/> Tin                                                               | <input type="checkbox"/> Jointing only | <input type="checkbox"/> Full        |
| Earthing busbar -----                                        | <input checked="" type="checkbox"/> Standard                                 | <input type="checkbox"/> Silver                                                               | <input type="checkbox"/> Tin                                                               |                                        |                                      |

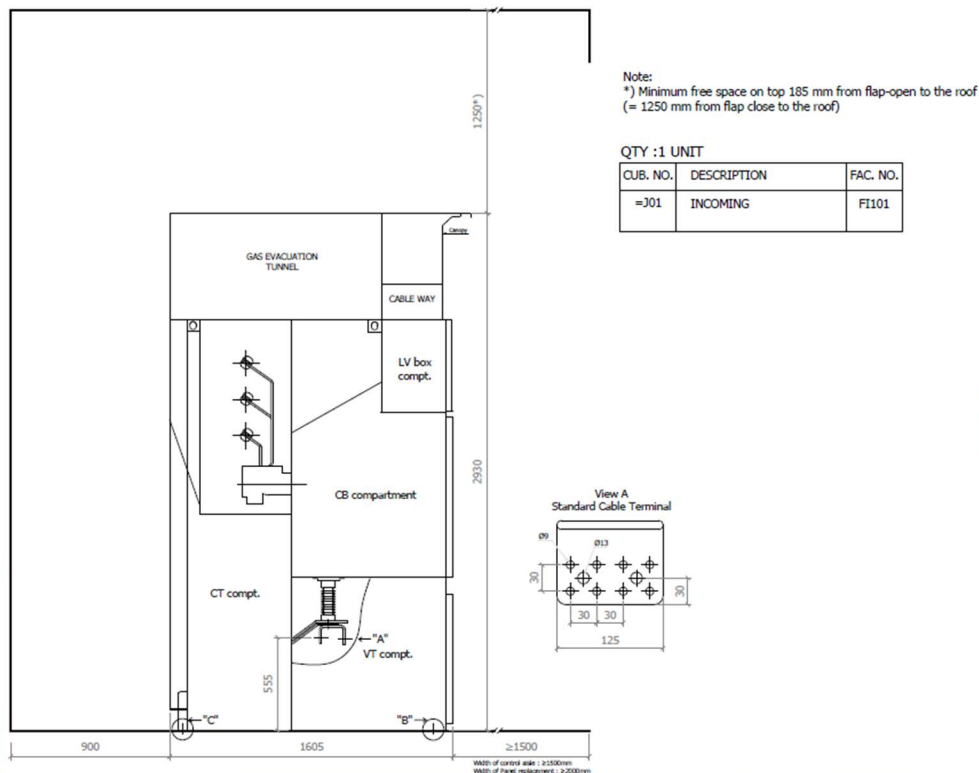
## Lampiran 3. Tampak Depan Panel



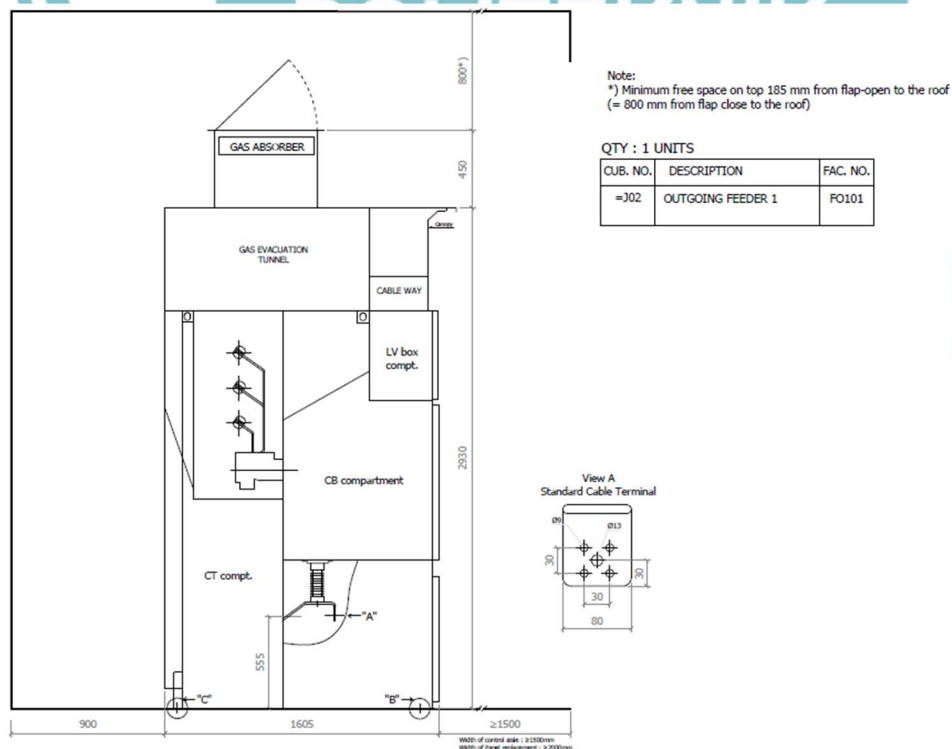
### Hak Cipta :

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 4. Tampak Samping Panel Incoming

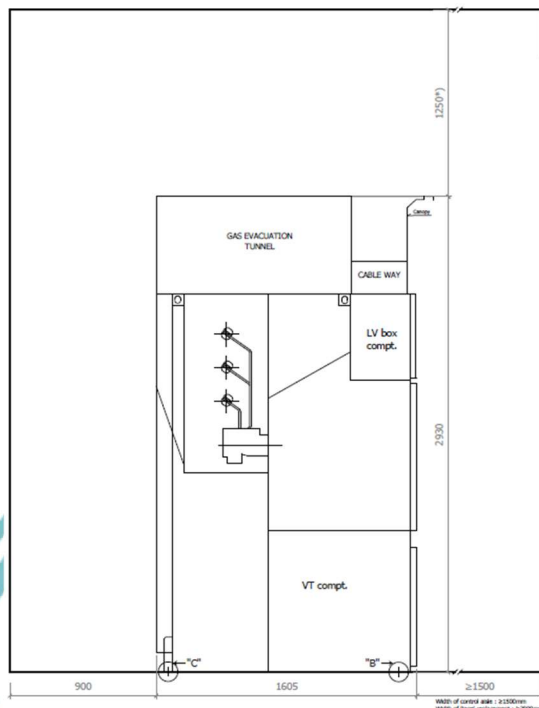


## Lampiran 5. Tampak Samping Panel Outgoing





## Lampiran 6. Tampak Samping Panel Metering

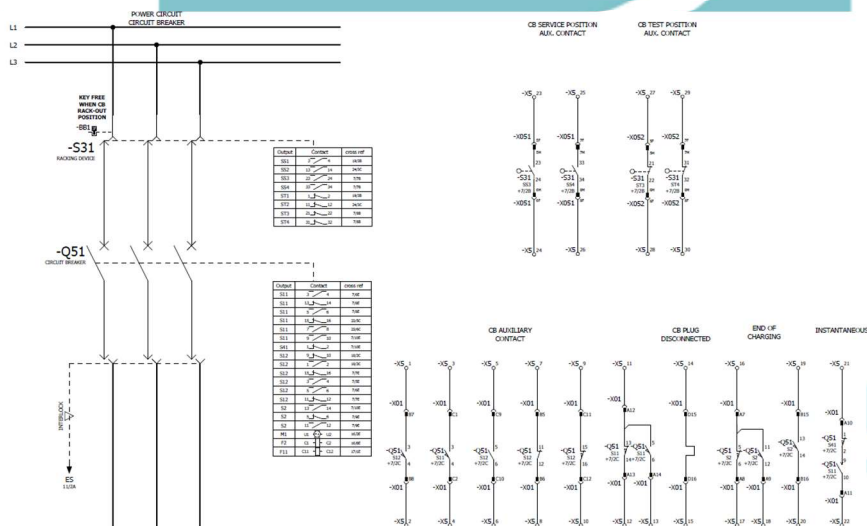


Note:  
\*) Minimum free space on top 185 mm from flap-open to the roof  
(= 1250 mm from flap close to the roof)

QTY : 1 UNIT

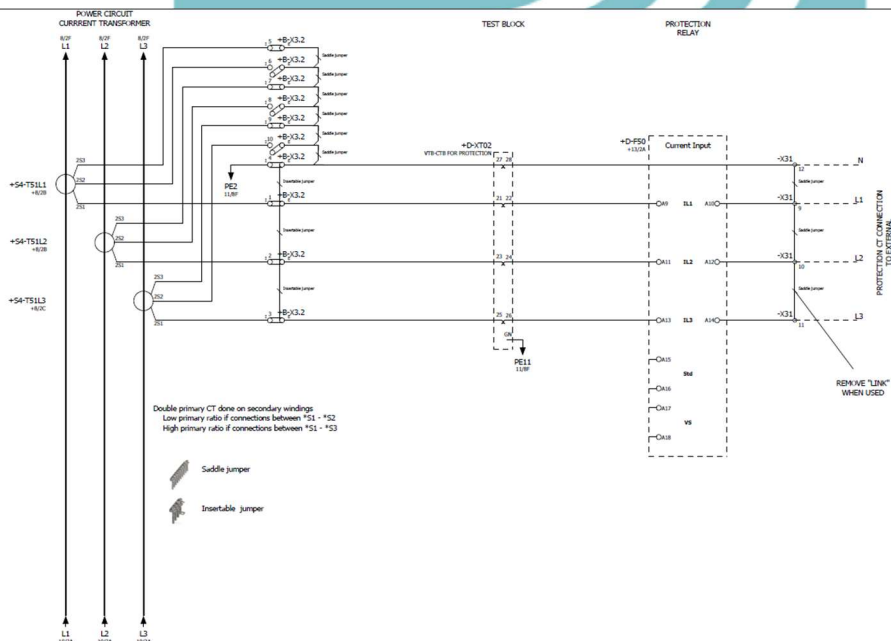
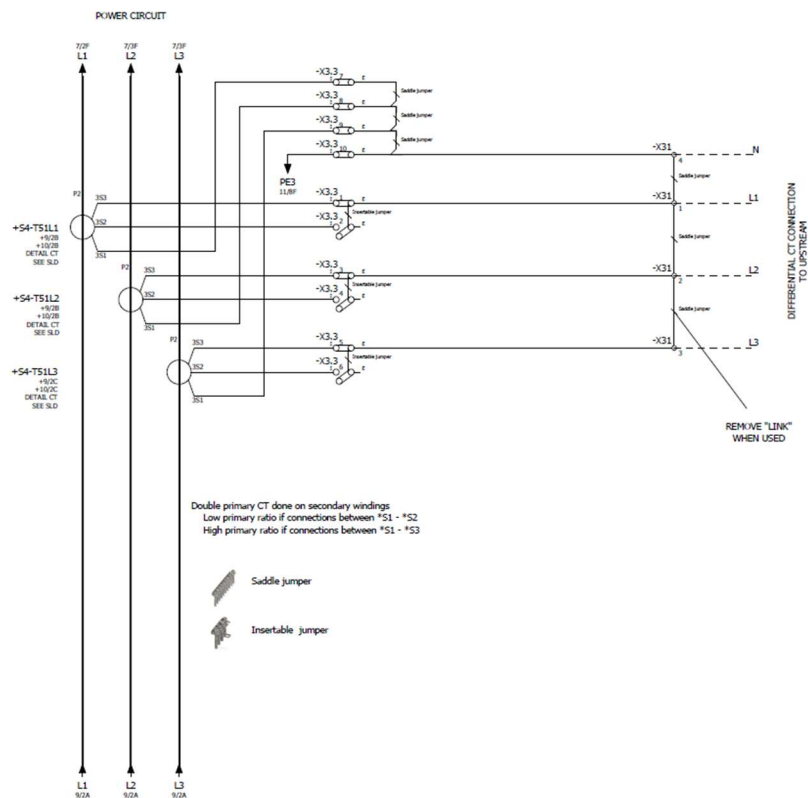
| CUB. NO. | DESCRIPTION         | FAC. NO. |
|----------|---------------------|----------|
| =303     | BUSBAR VT+ E/S + SA | FB101    |

## Lampiran 7. Rangkaian Daya Panel



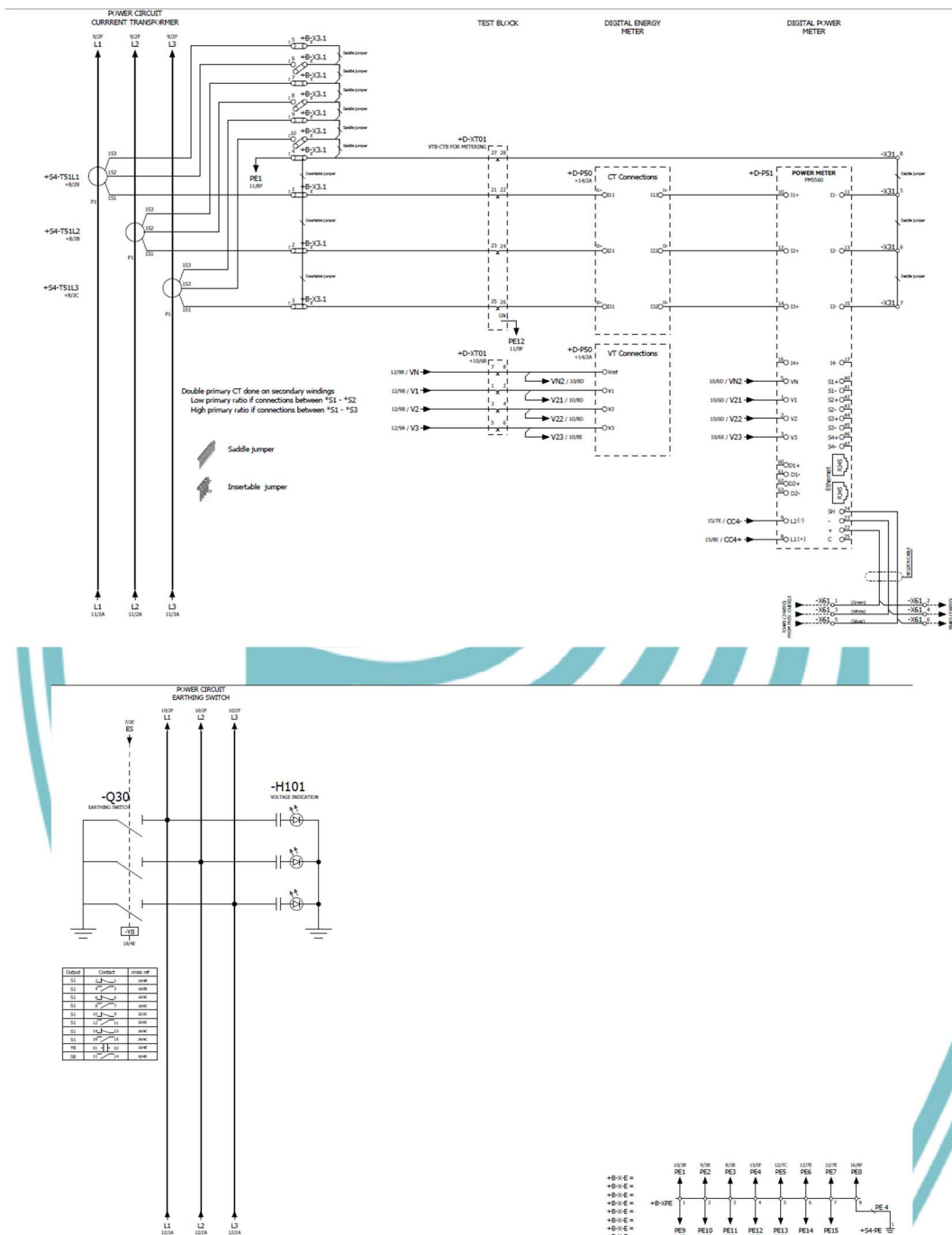
## Hak Cipta :

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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## Hak Cipta :

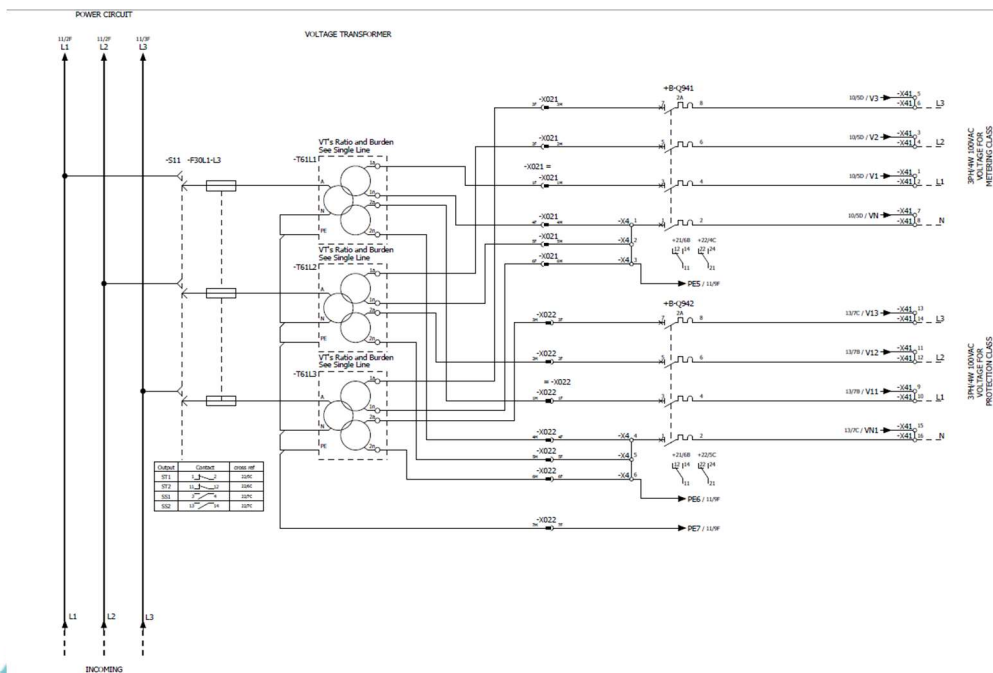
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



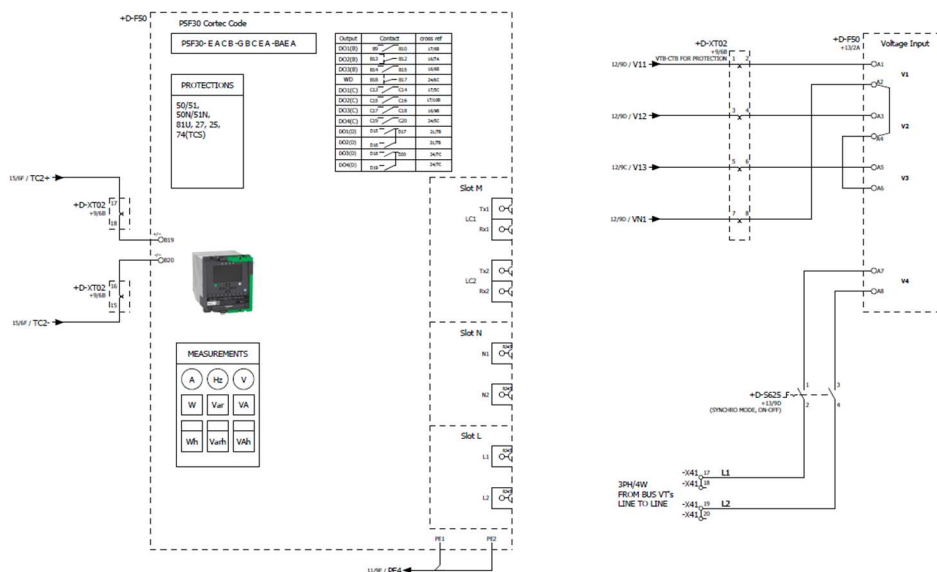


### Hak Cipta :

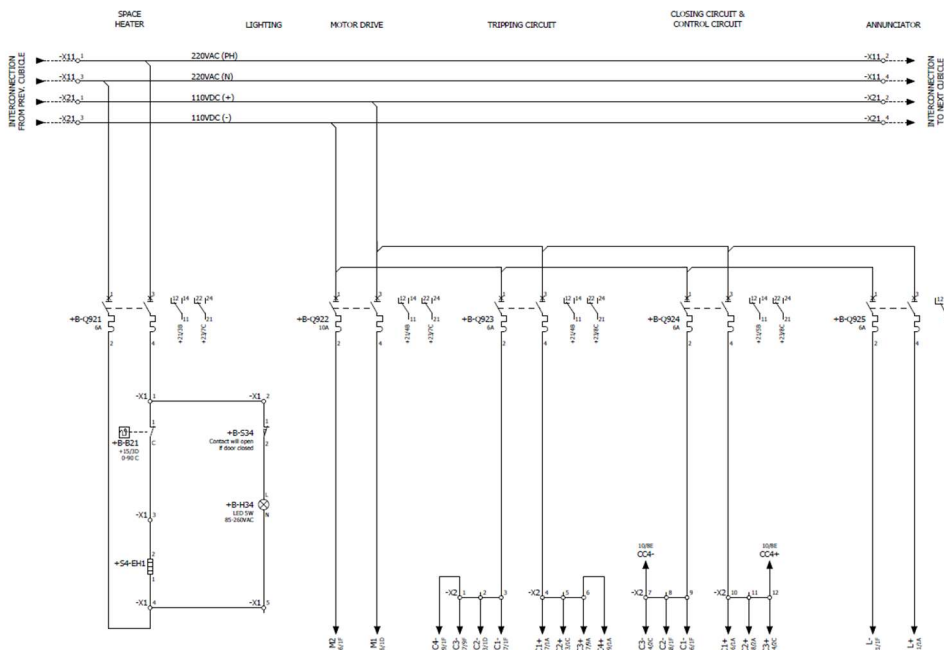
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



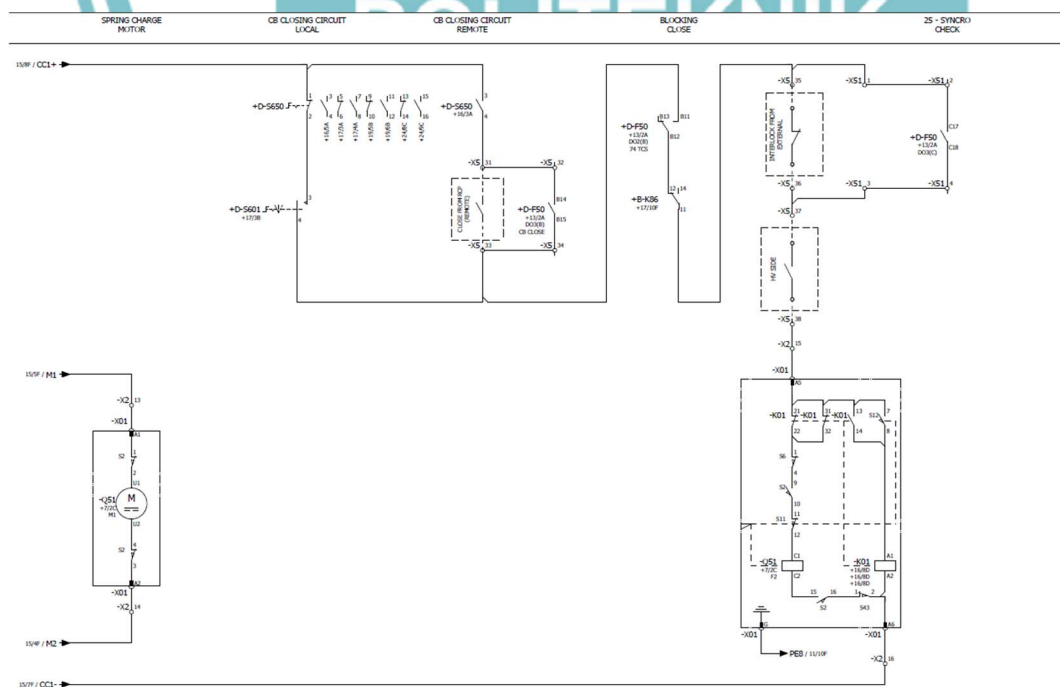
Lampiran 8. Rangkaian Relay Proteksi Panel



## Lampiran 9. Rangkaian Kontrol Supply Power Panel



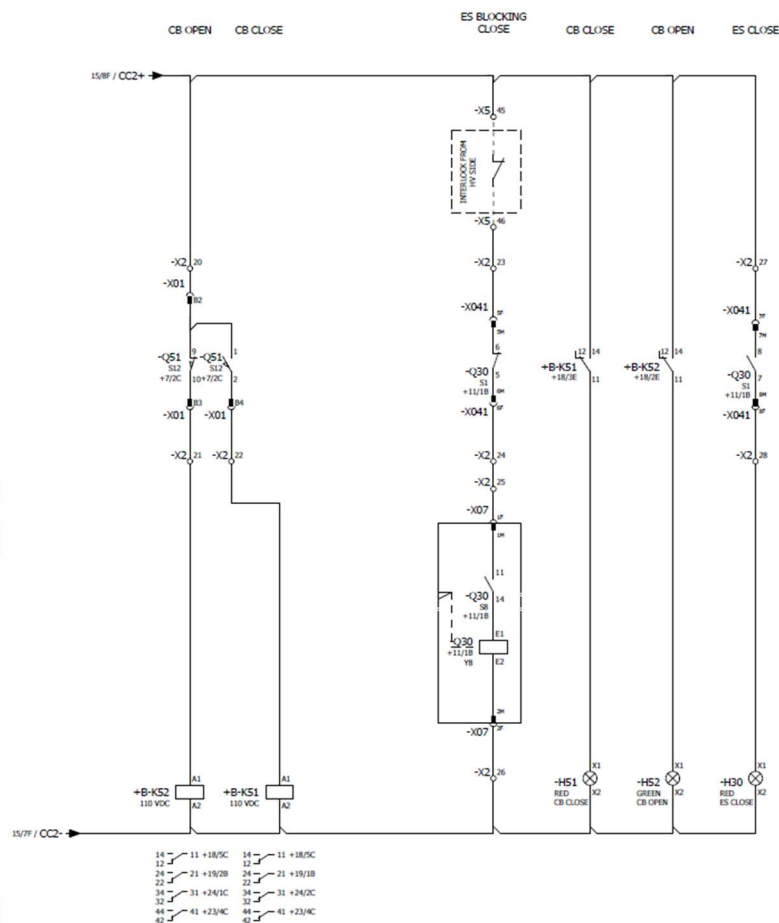
## Lampiran 10. Rangkaian Closing Coil CB Panel



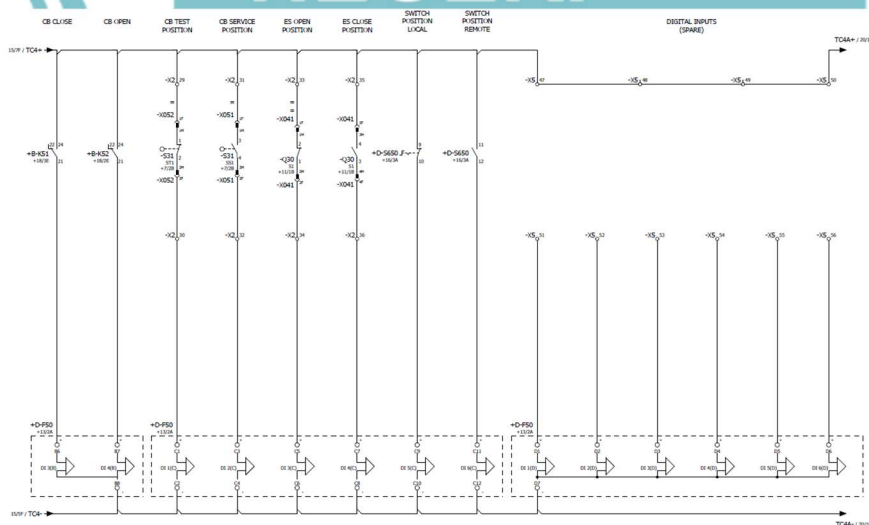
**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



## Lampiran 12. Rangkaian *Signaling* Panel.



## Lampiran 13. Rangkaian Input dan Output Relay Proteksi



### 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 14. Setting Relay Proteksi

### Phase overcurrent 50/51/67-1

| Setting group                | 1                                   | Group 2                  | Group 3                  | Group 4                  |
|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Enable for 50/51/67-1        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pick-up value [pu]           | 1.00                                | 1.00                     | 1.00                     | 1.00                     |
| Operating curve              | DT                                  | DT                       | DT                       | DT                       |
| Operate delay [s]            | 1.00                                | 0.00                     | 0.00                     | 0.00                     |
| Direction mode               | Non-directional                     | Non-directional          | Non-directional          | Non-directional          |
| Tripping logic               | 1 out of 3                          | 1 out of 3               | 1 out of 3               | 1 out of 3               |
| Reset curve                  | DT                                  | DT                       | DT                       | DT                       |
| Reset delay [s]              | 0.00                                | 0.00                     | 0.00                     | 0.00                     |
| Inrush status for 50/51/67-1 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| SOL use by 50/51/67-1        | Off                                 | Off                      | Off                      | Off                      |
| CLPU status for 50/51/67-1   | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

### Overvoltage 59-1

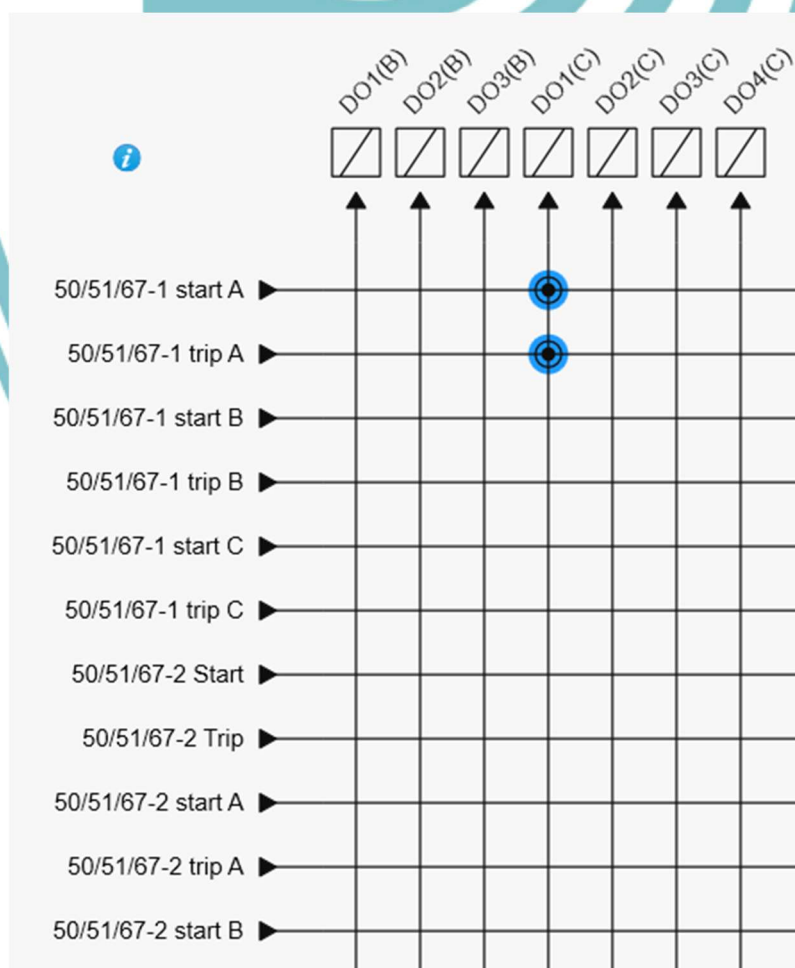
| Setting group      | 1                                   | Group 2                  | Group 3                  | Group 4                  |
|--------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Enable for 59-1    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pick-up value [pu] | 1.200                               | 1.200                    | 1.200                    | 1.200                    |
| Measurement mode   | Phase-phase                         | Phase-phase              | Phase-phase              | Phase-phase              |
| Operating curve    | DT                                  | DT                       | DT                       | DT                       |
| Tripping logic     | Any phase                           | Any phase                | Any phase                | Any phase                |
| Operate delay [s]  | 1.00                                | 1.00                     | 1.00                     | 1.00                     |
| Reset delay [s]    | 0.00                                | 0.00                     | 0.00                     | 0.00                     |
| Hysteresis [%]     | 2.0                                 | 2.0                      | 2.0                      | 2.0                      |

### 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

### Undervoltage 27-1

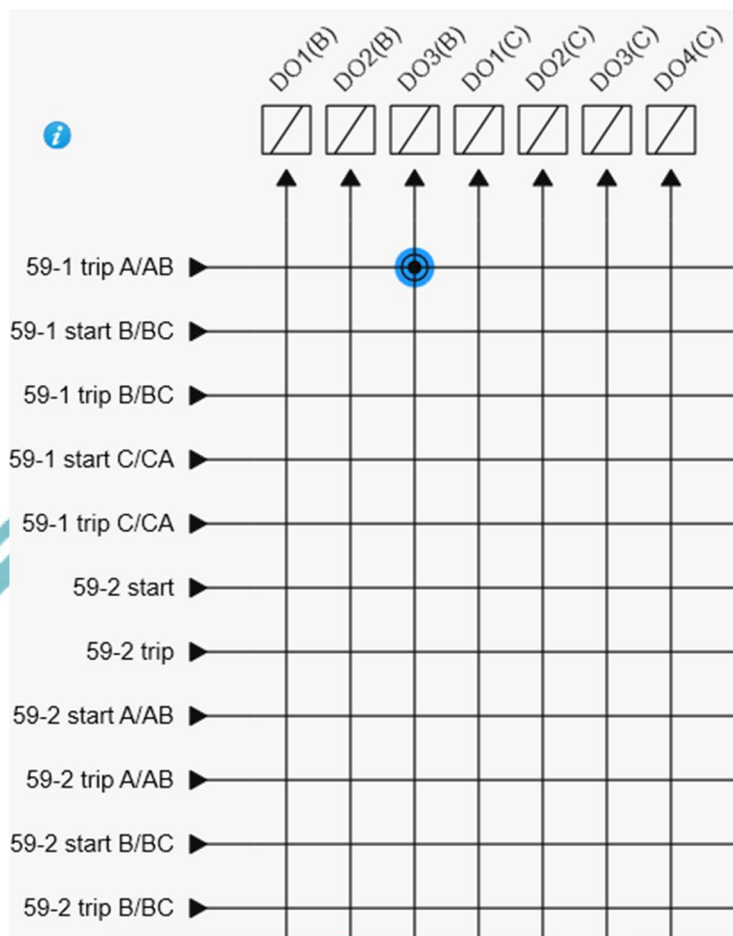
| Setting group      | 1                                   | Group 1                             | Group 2                             | Group 3                             | Group 4                             |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Enable for 27-1    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| Pick-up value [pu] | 0.800                               | 0.800                               | 0.800                               | 0.800                               | 0.800                               |
| CB open blocking   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Measurement mode   | Phase-phase                         | Phase-phase                         | Phase-phase                         | Phase-phase                         | Phase-phase                         |
| Operating curve    | DT                                  | DT                                  | DT                                  | DT                                  | DT                                  |
| Tripping logic     | Any phase                           | Any phase                           | Any phase                           | Any phase                           | Any phase                           |
| Operate delay [s]  | 1.00                                | 1.00                                | 1.00                                | 1.00                                | 1.00                                |
| Reset delay [s]    | 0.00                                | 0.00                                | 0.00                                | 0.00                                | 0.00                                |
| Hysteresis [%]     | 2.0                                 | 2.0                                 | 2.0                                 | 2.0                                 | 2.0                                 |





### Hak Cipta :

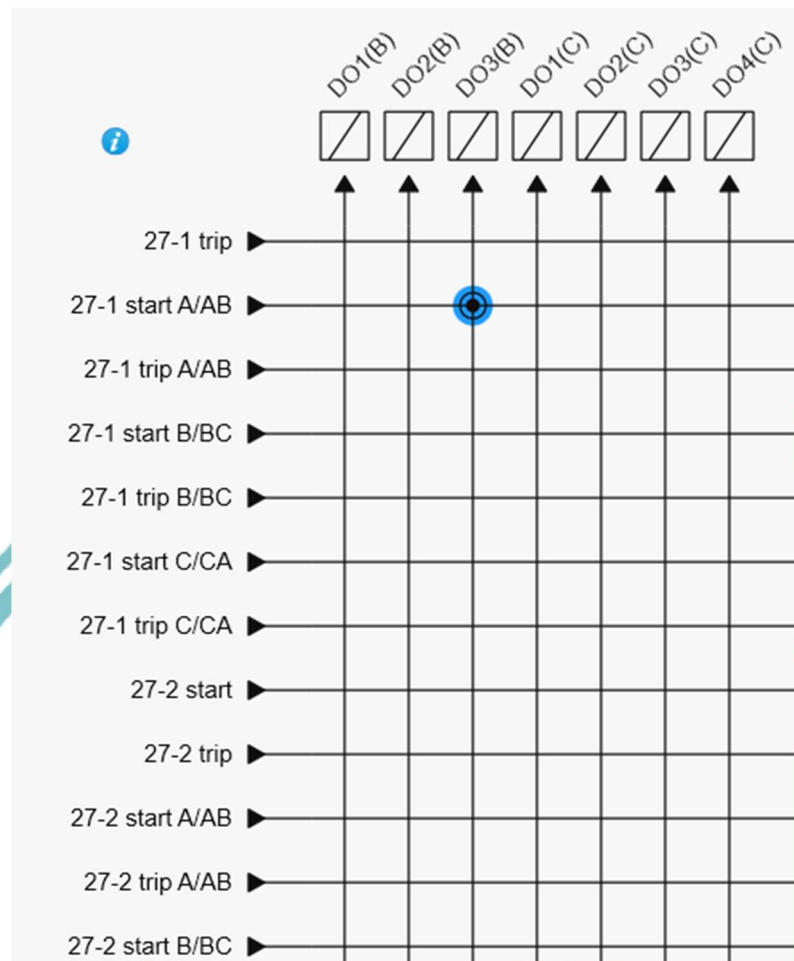
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



**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



**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**