



© 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



Analisis Sistem Kontrol Motor Pompa Berbasis PLC, *Water Level Sensor* dan *VFD* pada *IPAL* menggunakan *scaling* program *EcoStruxure – Machine Expert - Basic*

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**Rolando Adi Putra Pardede
2203411041**

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



Analisis Sistem Kontrol Motor Pompa Berbasis PLC, *Water Level Sensor* dan *VFD* pada *IPAL* menggunakan *scaling* program *EcoStruxure – Machine Expert - Basic*

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Terapan

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**Rolando Adi Putra Pardede
2203411041**

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 : Rolando Adi Putra Pardede
NIM : 2203411041
Tanda Tangan :

Tanggal : Kamis, 16 Juli 2026

**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

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Rolando Adi Putra Pardede

NIM : 2203411041

Program Studi : Teknik Otomasi Listrik Industri

Judul Tugas Akhir : Analisis Sistem Kontrol Motor Pompa Berbasis PLC, *Water Level Sensor* dan VFD pada IPAL menggunakan scaling program EcoStruxure – Machine Expert - Basic

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Kamis, 2 Juli 2026 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Dr. Isdawimah, S.T., M. T.
NIP. 196305051988112001

Pembimbing II : Imam Halimi, S.T., M.Si.
NIP. 197203312006041001

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Depok, 16 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 dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, atas berkat dan penyertaan Tuhan Yesus Kristus penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Analisis Sistem Kontrol Motor Pompa Berbasis PLC, Water Level Sensor dan VFD pada IPAL menggunakan scaling program EcoStruxure – Machine Expert – Basic*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan, dan bantuan berbagai pihak yang telah memberikan saran, masukan, dan dorongan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus, karena kasih dan berkat-Nya yang tidak pernah berkesudahan dalam hidup penulis, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan berkat sukacita yang berlimpah;
2. Mama dan Papa terkasih, yang selalu memberikan dukungan, nasihat, dan doa yang tiada henti;
3. Ibu Dr. Isdawimah, S.T., M. T. dan Bapak Imam Halimi, S.T., M.Si., yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan penuh dalam penyelesaian skripsi ini;
4. Kakak dan Adik Penulis yaitu Ronauli Pardede dan Robinsar Pardede, yang selalu memberikan semangat dan motivasi kepada Penulis selama proses penulisan skripsi ini;
5. Bapak Ghifari Anugara dan Bapak Saepul Hidayat selaku mentor Penulis yang telah memberikan banyak masukan dan bimbingan semenjak masa praktik kerja lapangan sampai penyusunan skripsi ini;
6. Pemilik NIM 2206063323, yang sudah memberikan semangat, dukungan, dan motivasi kepada penulis melewati masa-masa perkuliahan;
7. Lukas Hutagalung dan Immanuel Hutagalung, yang senantiasa menemani dan menjadi rekan diskusi Penulis dari awal perkuliahan hingga masa penyusunan skripsi ini;
8. Tri Handoko Sitorus dan Herwikson Sitorus, yang sudah banyak memberikan masukan serta dukungan penuh kepada penulis selama masa perkuliahan Penulis;
9. Fadli Syakil Aksah, yang sudah mau menjadi partner penulis dalam pengerjaan tugas akhir;
10. Dan Teman-teman TOLI Angkatan 2022 yang bersama-sama menemani melewati berbagai ujian, tugas, bengkel, dan kegiatan positif lainnya yang selalu bisa menjadi sumber tawa di saat sedang jenuh terhadap perkuliahan

Akhir kata, penulis menyadari bahwa perjalanan dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari berbagai dinamika, tantangan, dan proses pembelajaran yang panjang. Segala puji dan syukur dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus atas kasih karunia, hikmat, dan penyertaan-Nya dari awal hingga akhir penelitian. Dalam setiap langkah penyusunan karya ini, penulis senantiasa berpegang pada firman Tuhan yang tertulis dalam Kolose 3:23, yang berbunyi: "Apapun juga yang kamu perbuat, perbuatlah dengan segenap hatimu seperti untuk Tuhan dan bukan



© 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

untuk manusia." Ayat ini menjadi landasan dan pengingat bahwa jerih payah akademik ini adalah bentuk dedikasi yang utuh. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi, inspirasi, dan manfaat yang nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta masyarakat luas.



Depok, 17 Juni 2026

Rolando Adi Putra Pardede



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

Pertumbuhan infrastruktur komersial yang pesat menuntut pengelolaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang andal dan efisien energi. Sistem IPAL mekanis konvensional umumnya mengoperasikan pompa sentrifugal secara terus-menerus menggunakan metode *Direct-On-line* (DOL) yang menyebabkan pemborosan daya listrik masif serta rentan memicu kerusakan mekanis perpipaan akibat fenomena *water hammer*. Penelitian ini merancang dan menganalisis sistem kontrol motor pompa IPAL yang mengintegrasikan *Programmable Logic Controller* (PLC), *Variable Frequency Drive* (VFD), serta *Water Level Sensor*. Tujuan utama dari penelitian ini mencakup implementasi instruksi penskalaan (*scaling*) menggunakan *EcoStruxure Machine Expert - Basic*, perancangan sistem kendali terintegrasi parameter proteksi VFD, dan analisis kinerja terkait stabilitas serta efisiensi daya listrik aktual. Komunikasi antar perangkat pengendali utama (PLC Modicon TM221CE24R dan VFD Altivar 310) dibangun dengan memanfaatkan protokol serial Modbus RTU. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konversi penskalaan sinyal analog 4–20 mA dari *Water Level Sensor* menjadi nilai fisis ketinggian bekerja dengan sangat presisi, di mana persentase eror pembacaan aktual terhadap nilai teoretis sangat linier dengan rata-rata di bawah 2%. Integrasi PLC dengan proteksi VFD juga sukses meredam tegangan mekanis kejutan (*water hammer*) melalui manajemen transisi frekuensi (*acceleration/deceleration time*) selama 8,5 detik. Selain itu, VFD berfungsi optimal sebagai *soft-starter* yang secara persentase 100% mengeliminasi lonjakan transien arus mula (*inrush current*) yang sebelumnya selalu terjadi pada metode DOL. Secara keseluruhan, sistem terbukti andal dalam menjaga stabilitas level air dan menekan pemborosan energi secara drastis. Pengoperasian motor pompa pada frekuensi 37,5 Hz (kapasitas 75%) berhasil memangkas konsumsi daya semu aktual dari 6641,45 VA menjadi 4673,49 VA, menghasilkan efisiensi penghematan sebesar 29,63%. Lebih lanjut, pengoperasian pada frekuensi 25 Hz (kapasitas 50%) mencatatkan penurunan beban ekstrem menjadi 1802,30 VA, sehingga memberikan penghematan energi listrik maksimal hingga mencapai 72,86%.

Kata Kunci: Efisiensi Energi, IPAL, *Programmable Logic Controller* (PLC), Penskalaan (*Scaling*), *Variable Frequency Drive* (VFD).



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

ABSTRACT

The rapid growth of commercial infrastructure demands reliable and energy-efficient management of Wastewater Treatment Plants (WWTP). Conventional mechanical WWTP systems generally operate centrifugal pumps continuously using the Direct-On-line (DOL) method, which causes massive electrical power waste and is prone to triggering mechanical piping damage due to the water hammer phenomenon. This research designs and analyzes a WWTP pump motor control system that integrates a Programmable Logic Controller (PLC), a Variable Frequency Drive (VFD), and a Water Level Sensor. The main objectives of this research include the implementation of scaling instructions using EcoStruxure Machine Expert - Basic, the design of an integrated control system with VFD protection parameters, and performance analysis regarding stability and actual electrical power efficiency. Communication between the main control devices (PLC Modicon TM221CE24R and VFD Altivar 310) is established utilizing the Modbus RTU serial protocol. The test results indicate that the scaling conversion of the 4–20 mA analog signal from the Water Level Sensor into physical height values operates with high precision, where the error percentage of the actual reading against the theoretical value is highly linear, averaging below 2%. The integration of the PLC with VFD protection also successfully dampens mechanical shock stress (water hammer) through frequency transition management (acceleration/deceleration time) over 8.5 seconds. Furthermore, the VFD functions optimally as a soft-starter, which 100% eliminates the starting transient current surge (inrush current) that previously always occurred in the DOL method. Overall, the system proves to be reliable in maintaining water level stability and drastically reducing energy waste. Operating the pump motor at a frequency of 37.5 Hz (75% capacity) successfully cuts the actual apparent power consumption from 6641.45 VA to 4673.49 VA, resulting in a savings efficiency of 29.63%. Moreover, operation at a frequency of 25 Hz (50% capacity) records an extreme load reduction to 1802.30 VA, thereby providing maximum electrical energy savings of up to 72.86%.

Keywords: Energy Efficiency, WWTP, Programmable Logic Controller (PLC), Scaling, Variable Frequency Drive (VFD).



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 ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Luaran	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Konsep Dasar Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	6
2.3. Algoritma sekuensial/ <i>pump sequence</i> pada PLC	7
2.4. <i>Water Level Sensor Submersible</i> dan <i>Water Pressure Transmitter</i>	7
2.5. Jaringan Komunikasi Industri.....	7
2.6. Scaling Program EcoStruxure Machine Expert - Basic	8
2.7. <i>Human Machine Interface</i> (HMI)	9
2.8. Fenomena <i>Water Hammer</i>	9
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	12
3.1 Alur Penelitian	12
3.1.1 Penentuan Variabel Penelitian.....	14
3.1.1.1 Variabel Bebas	14
3.1.1.2 Variabel Terikat	14
3.1.1.3 Variabel Kontrol.....	15
3.1.2 Teknik Pengumpulan Data	15



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

3.2	Rancangan Alat	16
3.2.1	Deskripsi Alat.....	17
3.2.2	Cara Kerja Alat	18
3.2.3	Spesifikasi Alat	19
3.2.4	Diagram Blok.....	21
3.2.5	Diagram Pengkabelan	21
3.3	Realisasi Alat	24
3.3.1	Pemrograman PLC	25
3.3.1.1	Mapping IO	25
3.3.1.2	Program PLC	25
3.3.1.3	Program <i>scaling</i> PLC	27
3.3.2	Pengaturan Parameter VFD	29
3.3.2.1	Parameter Dasar Motor	32
3.3.2.2	Parameter Kontrol dan Referensi.....	33
3.3.3	Pemrograman HMI	33
3.3.3.1	Perancangan Tampilan HMI	34
3.3.3.2	Mapping Alamat HMI.....	35
BAB IV	PEMBAHASAN	37
4.1	Pengujian Penskalaan (<i>scaling</i>) Sensor <i>Level Air</i>	37
4.1.1	Deskripsi Pengujian	37
4.1.2	Prosedur Pengujian	37
4.1.3	Hasil Pengujian	38
4.1.4	Analisis Data	38
4.2	Pengujian Kendali <i>On/Off</i> PLC dan Parameter Proteksi VFD	39
4.2.1	Deskripsi Pengujian	39
4.2.2	Prosedur Pengujian	40
4.2.3	Hasil Pengujian	40
4.2.4	Analisis Data	41
4.3	Analisis Kinerja Keseluruhan Sistem Kontrol IPAL	42
4.3.1	Deskripsi Pengujian	42
4.3.2	Prosedur Pengujian	42
4.3.3	Hasil Pengujian	43



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

4.3.4	Analisis Data.....	44
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1	Kesimpulan	46
5.2	Saran	46
	DAFTAR PUSTAKA.....	48
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS	50





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 <i>Water Hammer</i>	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	12
Gambar 3.2 Diagram Blok	21
Gambar 3.3 Diagram Pengkabelan Satu Garis.....	22
Gambar 3.4 Diagram Pengkabelan Daya	23
Gambar 3.5 Diagram Pengkabelan Kontrol.....	24
Gambar 3.6 Program Pemilihan Mode Kerja Pompa	26
Gambar 3.7 Program Penyalaan Pompa	26
Gambar 3.8 Konversi <i>Raw Input</i> Sensor.....	28
Gambar 3.9 Program <i>Scaling</i> PLC.....	28
Gambar 3.10 Parameter <i>List</i> ATV310	30
Gambar 3.11 Parameter <i>List</i> 2 ATV310	31
Gambar 3.12 Desain HMI.....	34



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 TABEL

<i>Tabel 3.1 Spesifikasi Komponen</i>	19
Tabel 3.2 Mapping I/O PLC.....	25
Tabel 3.3 <i>Name Plate</i> Motor	29
Tabel 3.4 <i>Mapping</i> Alamat Tag HMI	35
Tabel 4.1 Data Pengujian Akurasi <i>Raw Input</i> PLC Terhadap Nilai Seharusnya...	38
Tabel 4.2 Data Pengukuran Tegangan dan Arus	41
Tabel 4.3 Perbandingan Arus Pompa <i>Booster</i>	43





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.	Dokumentasi Pengerjaan	51
Lampiran 2.	<i>Datasheet</i> PLC M221CE24R.....	54
Lampiran 3.	<i>Datasheet</i> Expansion Modul TM3AM6G	56
Lampiran 4.	<i>Datasheet</i> Sensor WNK HP POWER 8010	60
Lampiran 5.	<i>Datasheet</i> VFD ATV310HU55N4E	61
Lampiran 6.	<i>Datasheet</i> Booster Pump CNP CDLF8-16	62
Lampiran 7.	Program PLC	63
Lampiran 8.	Desain <i>Human Machine Interface</i>	66
Lampiran 9.	Diagram Pengkabelan	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 mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan pesat infrastruktur komersial di kawasan perkotaan yang padat penduduk membawa *konsekuensi* logis terhadap peningkatan volume air limbah domestik. Di wilayah Kota Bogor, tata kelola lingkungan hidup mengenai air limbah rumah tangga dan fasilitas komersial diatur secara ketat dalam Peraturan Daerah (Perda) Kota Bogor Nomor 4 Tahun 2018 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik (*PERDA Kota Bogor No. 4 Tahun 2018*, n.d.). Regulasi ini mengharuskan entitas komersial berskala besar, seperti pusat perbelanjaan, untuk mengelola air limbahnya guna mencegah pencemaran media lingkungan secara langsung. Lippo Plaza Kebon Raya, sebagai salah satu fasilitas komersial strategis, dituntut untuk memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang andal. Selain kepatuhan terhadap regulasi daerah, modernisasi sistem IPAL juga sejalan dengan komitmen korporasi terhadap bangunan hijau (*green building*) yang menuntut efisiensi operasional dan penghematan konsumsi energi tingkat tinggi.

Pada sistem IPAL mekanis konvensional, pompa sentrifugal yang digunakan umumnya beroperasi pada kecepatan tetap (*fixed-speed*) menggunakan metode *Direct-On-line* (DOL). Pengoperasian secara terus-menerus pada kapasitas maksimum tanpa menyesuaikan beban fluktuasi air limbah aktual menyebabkan pemborosan energi listrik yang masif, mengingat sistem pemompaan dapat mengonsumsi lebih dari 30% dari total tagihan utilitas fasilitas. Selain itu, metode penyalaan dan pemutusan arus secara mendadak sering kali memicu fenomena *water hammer* (palu air), yakni gelombang kejut tekanan statis yang memberikan tekanan mekanis destruktif pada jaringan pipa dan memperpendek usia pakai pompa. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomasi menggunakan perpaduan *Programmable Logic Controller* (PLC) dan *Variable Frequency Drive* (VFD) (Ahmad et al., 2025). VFD tidak lagi digunakan sekadar sebagai pemutar motor, melainkan difungsikan sebagai pembatas frekuensi operasional (*energy limiter*) dan pengatur waktu akselerasi-deselerasi yang presisi (*soft-starter*), guna meredam lonjakan tekanan mekanis sekaligus mengoptimalkan efisiensi energi.

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

Untuk menciptakan sistem kendali lingkaran tertutup (*closed-loop control*) yang presisi, akuisisi data lapangan sangat diperlukan. Proses ini dilakukan dengan mengintegrasikan instrumen *Water Level Sensor* di tangki penampung dan *Water Pressure Transmitter* di jalur pipa. Kedua sensor analog ini mentransmisikan arus listrik dengan standar industri 4 - 20 mA yang tahan terhadap gangguan elektromagnetik (Wanto, 2023). Dalam implementasinya, nilai arus mentah ini perlu dikalibrasi (*di-scaling*) di dalam algoritma PLC seperti Modicon TM221CE24R menggunakan perangkat lunak EcoStruxure Machine Expert - Basic. Blok operasi matematis di dalam program PLC bertugas mengonversi masukan analog menjadi parameter besaran dunia nyata secara presisi, sehingga fluktuasi *level* air dan tekanan sistem hidrolik dapat digunakan sebagai acuan pengambilan keputusan untuk memerintahkan kinerja motor pompa.

Agar perintah dari PLC dapat dieksekusi oleh motor pompa, diperlukan sarana komunikasi data yang andal menuju unit VFD (dalam hal ini Altivar 310 / ATV310HU55N4E). Koneksi inter-sistem ini difasilitasi melalui pemanfaatan protokol komunikasi serial Modbus RTU (RS-485) yang menghubungkan *port* terintegrasi PLC M221 secara langsung ke VFD ATV310 (Santoso, 2023)(Nabihah, 2022). Melalui instruksi blok komunikasi (*function blocks* seperti *READ_VAR* dan *WRITE_VAR*) pada program PLC, parameter frekuensi dan perintah putaran motor dapat dikirimkan secara sekuensial dan *real-time* ke dalam VFD sebagai aktuator pelaksana (Effendi et al., 2025). Sinergitas komunikasi Modbus RTU ini memungkinkan VFD melakukan fungsi *soft-start* dan penyesuaian akselerasi-deselerasi motor, yang secara teknis efektif mengeliminasi kerusakan akibat *water hammer* sekaligus menghemat pemakaian listrik secara signifikan.

Berdasarkan landasan teknis dan urgensi efisiensi yang telah diuraikan, penerapan sistem otomasi pada IPAL ini perlu diuji dan dievaluasi secara komprehensif (Marhayuni et al., 2022). Fokus utama penelitian tidak sekadar pada perancangan alat, melainkan pada pembuktian seberapa presisi *Programmable Logic Controller* (PLC) dalam menerjemahkan sinyal instrumen sensor untuk mengeksekusi parameter proteksi mekanikal pada *Variable Frequency Drive* (VFD). Evaluasi secara khusus dititikberatkan pada keandalan sistem dalam

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

mempertahankan stabilitas *level* air, efektivitas pengaturan waktu akselerasi dan deselerasi dalam meredam fenomena *water hammer*, serta pembuktian persentase efisiensi *konsumsi* daya listrik akibat penguncian operasional pompa pada variasi frekuensi 37.5 Hz dan 25 Hz. Guna membuktikan kelayakan teknis dan ekonomis dari sistem tersebut, maka penelitian ini diwujudkan dalam Tugas Akhir yang berjudul " Analisis Sistem Kontrol Motor Pompa Berbasis PLC, *Water Level* Sensor dan VFD pada IPAL berbasis *scaling* program EcoStruxure – Machine Expert - Basic", dengan tujuan untuk menganalisis secara terukur tingkat keandalan integrasi otomasi tersebut.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan pada skripsi ini adalah:

1. Bagaimana menerjemahkan sinyal analog dari *Water Level* Sensor menjadi data pembacaan *level* air yang presisi menggunakan instruksi *scaling* pada perangkat lunak EcoStruxure Machine Expert - Basic?
2. Bagaimana merancang program kendali *ON/OFF* berbasis PLC yang terintegrasi dengan parameter proteksi VFD (penguncian frekuensi operasional di 37.5 Hz dan 25 Hz dan pengaturan *Acceleration/Deceleration* time 8.5 detik) guna meredam fenomena *water hammer* dan menjaga batas aman tekanan pipa IPAL?
3. Bagaimana hasil analisis kinerja sistem secara keseluruhan, ditinjau dari stabilitas sistem dalam menjaga *level* air IPAL, serta seberapa besar tingkat efisiensi *konsumsi* daya listrik yang dicapai dari pembatasan frekuensi putaran motor pompa di 37.5 Hz dan 25 Hz?

1.3. Tujuan

Tujuan dari skripsi ini adalah:

1. Mengimplementasikan instruksi *scaling* pada perangkat lunak EcoStruxure Machine Expert - Basic untuk menerjemahkan sinyal analog mentah dari *Water Level* Sensor menjadi data pembacaan *level* air yang terkalibrasi dan presisi. Mengonfigurasi dan membangun arsitektur komunikasi data antara PLC TM221CE24R dengan VFD ATV310HU55N4E memanfaatkan protokol serial Modbus RTU untuk mengatur operasional pompa.

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

2. Merancang dan merealisasikan program kendali *ON/OFF* berbasis PLC yang terintegrasi dengan parameter proteksi VFD (penguncian frekuensi di 37.5 Hz dan 25 Hz serta waktu *Acceleration* dan *Deceleration* 8.5 detik) guna meredam lonjakan tekanan akibat fenomena *water hammer* di pipa IPAL.
3. Menganalisis kinerja sistem secara komprehensif yang meliputi tingkat stabilitas sistem saat mempertahankan *level* air IPAL, serta menghitung persentase efisiensi energi (daya listrik) yang berhasil dihemat akibat pembatasan frekuensi putaran motor pompa di angka 37.5 Hz dan 25 Hz.

1.4. Luaran

Penulisan skripsi ini memiliki luaran sebagai berikut:

1. Realisasi sistem *monitoring* tekanan, status pompa dengan menggunakan PLC dan VSD berbasis HMI
2. Sebagai bahan referensi para mahasiswa teknik elektro dalam penelitian ataupun kajian lain yang masih berhubungan.
3. Laporan Skripsi
4. Artikel ilmiah yang dipresentasikan pada Seminar Nasional Teknologi dan Energi (SNTE) 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 mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V**KESIMPULAN DAN SARAN****5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis data yang telah dilakukan pada Sistem Kontrol Motor Pompa IPAL berbasis PLC, HMI, dan VFD, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Penskalaan (*scaling*) sinyal analog 4-20 mA dari *Water Level Sensor* berhasil diimplementasikan dengan tingkat presisi yang sangat tinggi menggunakan perangkat lunak *EcoStruxure Machine Expert - Basic*. Konversi nilai resolusi digital (*raw input*) menjadi nilai fisis ketinggian dan volume air menunjukkan respons yang linear. Berdasarkan pengujian, deviasi atau persentase eror (*difference*) pembacaan aktual terhadap nilai teoretis hanya berada pada rentang yang sangat kecil (rata-rata di bawah 2%), sehingga data hasil penskalaan ini sangat valid dan andal untuk dijadikan acuan otomatisasi VFD.
2. Integrasi program kendali PLC dengan parameter proteksi VFD terbukti sukses memberikan perlindungan ganda pada sistem IPAL. Pengaturan parameter *Acceleration Time* dan *Deceleration Time* sebesar 8,5 detik berhasil meredam efek kejutan hidraulik (*water hammer*) pada perpipaan, sekaligus berfungsi sebagai *soft-starter* yang sangat baik. VFD mampu menekan lonjakan arus mula (*inrush current*) motor secara drastis, terbukti dari arus *starting* yang hanya menyentuh 2,7 Ampere berbanding arus kerja 2,0 Ampere (rasio 1,35 kali lipat), sehingga instalasi kelistrikan terhindar dari *voltage dip* dan tegangan termal.
3. Sistem berhasil menekan pemborosan energi kelistrikan secara nyata melalui pembatasan frekuensi putaran Pompa *Booster*. Pengoperasian motor pompa pada frekuensi 37,5 Hz (kapasitas 75%) berhasil memangkas konsumsi daya nyata dari 6641,45 VA menjadi 4673,49 VA, yang menghasilkan efisiensi penghematan sebesar 29,63%. Lebih lanjut, pengoperasian pada frekuensi 25 Hz (kapasitas 50%) mencatatkan penurunan beban yang ekstrem menjadi 1802,30 VA, sehingga memberikan penghematan energi listrik maksimal hingga mencapai 72,86% dibandingkan dengan pengoperasian beban penuh (*Direct-On-line*).

5.2 Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut pada masa yang akan datang, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan, yaitu:

1. Penerapan *Internet of things* (IoT): Sistem HMI lokal yang ada saat ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengintegrasikan modul *gateway* IoT (seperti *EcoStruxure Machine Advisor*), sehingga proses *monitoring level* air dan konsumsi daya listrik IPAL dapat dipantau oleh manajemen gedung secara jarak jauh melalui *smartphone* atau jaringan *cloud*.
2. Penambahan Fitur *Data Logging* Parameter Tekanan: Untuk penelitian selanjutnya, sangat disarankan untuk mengaktifkan fitur rekam data (*data logger*) secara spesifik terhadap nilai transien *Water Pressure Transmitter* di

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

dalam memori USB HMI. Hal ini bertujuan agar lonjakan tekanan saat pompa transisi dapat divisualisasikan dalam bentuk kurva tren grafis (*trend chart*).

3. Pemeliharaan Sensor Submersible: Mengingat *Water Level Sensor* tipe *submersible* dicelupkan langsung ke dalam bak air limbah domestik (seperti bak Pre-Filter dan Air Baku), diperlukan jadwal pembersihan membran sensor secara berkala (Preventive Maintenance) untuk mencegah terjadinya penumpukan lumpur (*sludge*) yang dapat menyumbat dan mengurangi akurasi pembacaan tekanan hidrostatik sensor.



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 PUSTAKA

- Ahmad, E., Hamidi, Z., Rahmawati, R., & Effendi, M. R. (2025). *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) System for Sedimentation Automation in Water Treatment Plant Using Schneider Modicon M221 Programmable Logic Controller*. 6(2), 101–112.
- Anshori, R. (2021). *Modul Latih Sistem Pengolahan Air Berbasis PLC*.
- Ayunda, L. G., Apdillah, D., Fadillah, N., Studi, P., Informatika, T., Asahan, U., Jenderal, J., Yani, A., & Naga, K. (2026). *Monitoring Tangki Air Menggunakan Sensor Waterlevel*. 4(3), 19637–19642.
- Bahtiar, Z. A. (2024). *Studi Pengaruh Harmonisa Terhadap Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Penggunaan Variable Frequency Drive (VFD)*.
- Marhayuni, Y., Faizi, M. N., Program, S., Kimia, F., Sains, D., Teknologi, U., Sunan, K., Yogyakarta, J. M., & Adisucipto, Y. (2022). *PEMBUATAN IPAL (INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH) BERSISTEM ABR (AEROBIC BAFFLED REACTOR) UNTUK* file:///C:/Users/ASUS/Downloads/REPEATER+VOL+2+OKT+Hal.+149-168 (1).pdf *MENGATASI LIMBAH DOMESTIK SEBAGAI PENGAMALAN Q.S AL A'RAF AYAT 56. 4, 34–38*.
- Mourtzis, D., Angelopoulos, J., & Panopoulos, N. (2023). *The Future of the Human – Machine Interface (HMI) in Society 5 . 0*.
- Nabihah, A. R. (2022). *Aplikasi PLC-VSD Pada Prototipe Sistem Pengisian Air Otomatis Dengan Float Level Sensor*.
- Nugraha, R. B., Kastawan, I. M. W., & Raharjo, P. (2023). Pengaruh carrier frequency VSD terhadap harmonisa suplai daya listrik motor induksi 3-fasa. *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, Dan Listrik Tenaga)*, 3(2), 121–126. <https://doi.org/10.35313/jitel.v3.i2.2023.121-126>
- PERDA Kota Bogor No. 4 Tahun 2018. (n.d.). Retrieved June 29, 2026, from <https://peraturan.bpk.go.id/Details/172041/perda-kota-bogor-no-4-tahun-2018>
- PLC-SCADA Automation of Inlet Wastewater Treatment Processes: Design, Implementation, and Evaluation | IIETA. (n.d.). Retrieved April 14, 2026, from <https://www.iieta.org/journals/jesa/paper/10.18280/jesa.570317>
- Prastowo, G. F. (2021). *Analisis Water Level Control OMRON 61F-GAP Sebagai Proteksi Pada Sistem Kendali Pompa Submersible*. <https://eprints.akprind.ac.id/view/year/2021.default.html>
- Priyatman, H., Panjaitan, S. D., & Frizky, M. R. (2025). *Implementasi Sistem Kendali PLC dengan Pengembangan SCADA Industri Berbasis IoT*. 14(November), 298–306.
- Sandro, T., Hairatunnisa, H., & Putra, M. (2021). Analisis Kinerja Sensor Water Level - Pressure Transducer (Studi Kasus Automatic Weather System Di Pelabuhan Merak). *Electrices*, 2(2), 37–42.



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

<https://doi.org/10.32722/ees.v2i2.3588>

Santoso, B. (2023). *Design and Construction of A Motor Control Center Panel Based on PLC and VSD for Controlling Two Induction Motors.*

Tosin, T. (2021). Perancangan dan Implementasi Komunikasi RS-485 Menggunakan Protokol Modbus RTU dan Modbus TCP Pada Sistem Pick-By-Light. *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, 10(1), 85–91. <https://doi.org/10.34010/komputika.v10i1.3557>

Wikandari, W., Soemantojo, R. W., & Soesilo, T. E. B. (2016). Pengelolaan Limbah Cair dengan Pendekatan Konsep Eko-Efisiensi: Analisis Hubungan Antara Penerapan Program Cleaner Production di Area Produksi Dengan Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XIV Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN*, 14–28.



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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Rolando Adi Putra Pardede

Lulus dari SDN 03 Srengseng Sawah tahun 2016, SMPN 211 Jakarta tahun 2019, dan SMK Telkom Sandhy Putra Jakarta pada tahun 2022. Penulis menjalani pendidikan lanjut di Politeknik Negeri Jakarta dengan Program Studi D4 Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro.



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

LAMPIRAN

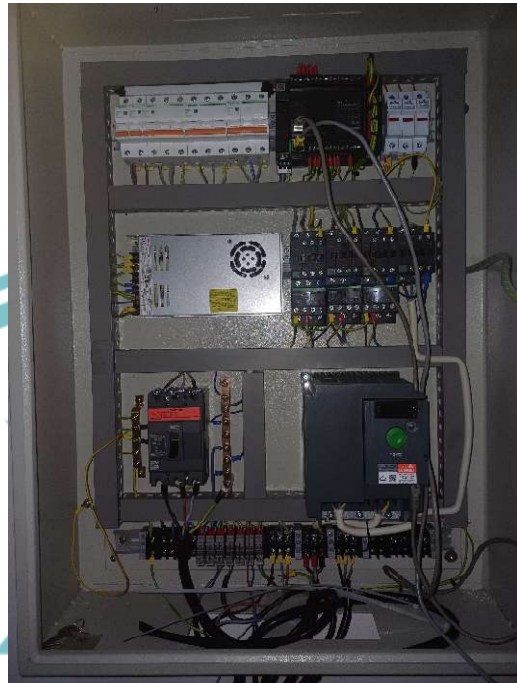
Lampiran 1. Dokumentasi Pengerjaan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

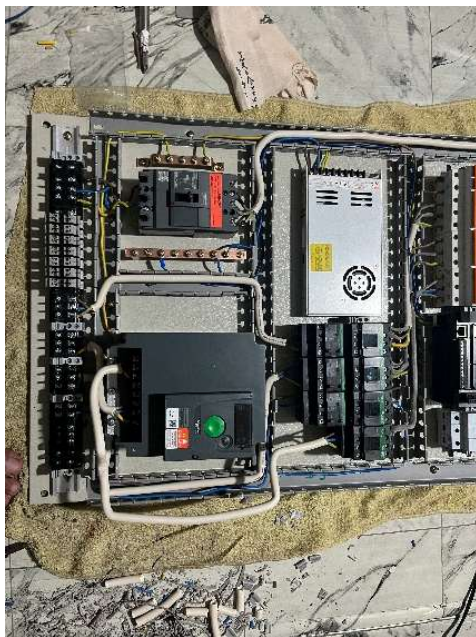
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



NEGERI
JAKARTA

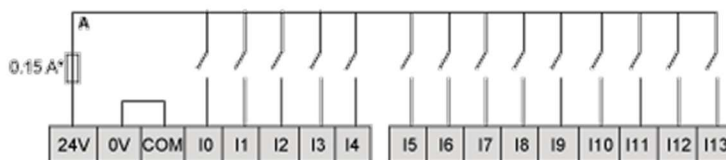
Hak Cipta :

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

Lampiran 2. Datasheet PLC M221CE24R

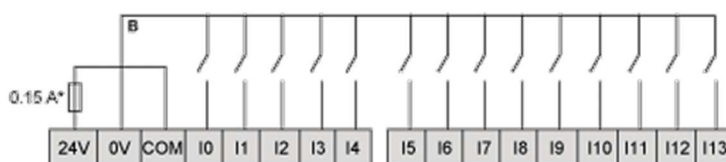
Digital Inputs

Wiring Diagram (Positive Logic)



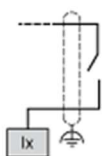
(*) Type T fuse

Wiring Diagram (Negative Logic)



(*) Type T fuse

Connection of the Fast Inputs



I0, I1, I6, I7

NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

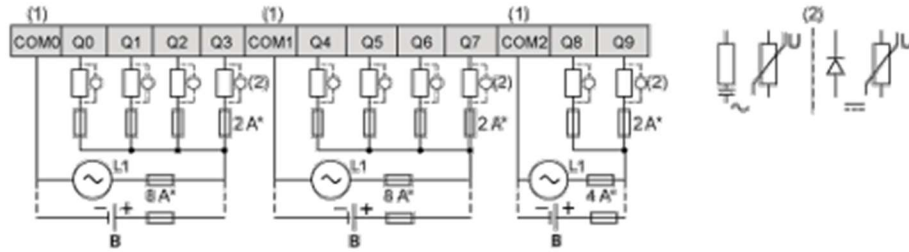
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

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

Relay Outputs

Negative Logic (Sink)



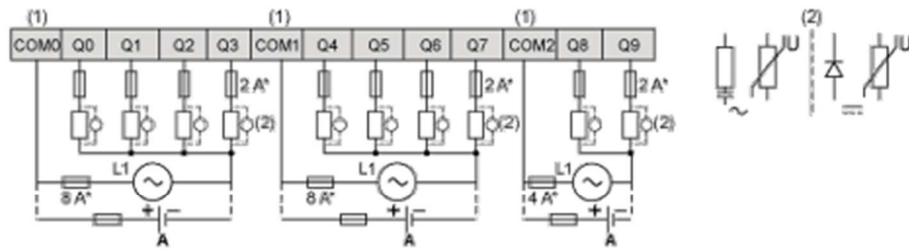
(*) Type T fuse

(1) The COM0, COM1 and COM2 terminals are not connected internally.

(2) To improve the life time of the contacts, and to protect from potential inductive load damage, you must connect a free wheeling diode in parallel to each inductive DC load or an RC snubber in parallel of each inductive AC load

B Sink wiring (negative logic)

Positive Logic (Source)



(*) Type T fuse

(1) The COM0, COM1 and COM2 terminals are not connected internally.

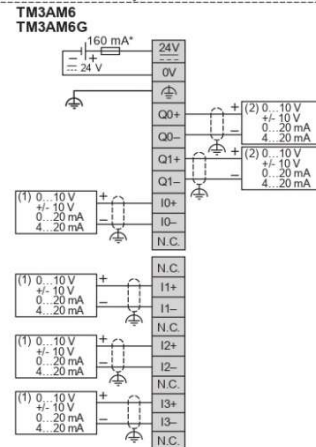
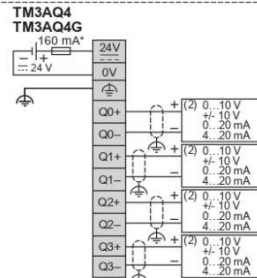
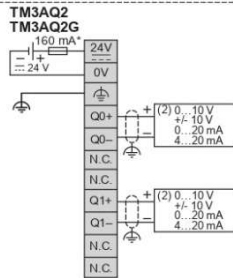
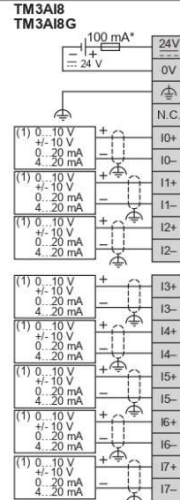
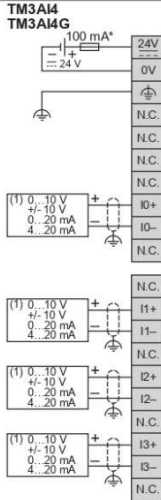
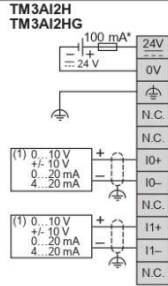
(2) To improve the life time of the contacts, and to protect from potential inductive load damage, you must connect a free wheeling diode in parallel to each inductive DC load or an RC snubber in parallel of each inductive AC load

A Source wiring (positive logic)

Lampiran 3. Datasheet Expansion Modul TM3AM6G

www.se.com

TM3A● / TM3T●



* Type T fuse / Fusible de type T / Sicherung Typ T / Fusibile tipo T / Fusibile tipo T / Tipo de fusivel T
T tipi sigorta / T 型熔断器 / Плавиный предохранитель типа Т / Т түрине жататын сақандырыш

(1): Current/Voltage analog output device / Equipement de sortie analogique Courant/Tension / Analoges Strom-/Spannungsausgangsmodule / Dispositivo de saída analógica de tensão/corrente / Dispositivo d'uscita analogico di corrente/tensione / Dispositivo de saída analógica de tensão/corrente / Akım/Voltaj analog çıkış cihazı / 电流/电压模拟量输出设备 / Устройство с аналоговым выходом по току/напряжению / Ток/напряжению аналоговый выход устройства

(2): Current/Voltage analog input device / Equipement d'entrée analogique Courant/Tension / Analoges Strom-/Spannungseingangsmodule / Dispositivo de entrada analógica de tensão/corrente / Dispositivo d'ingresso analogico di corrente/tensione / Dispositivo de entrada analógica de tensão/corrente / Akım/Voltaj analog giriş cihazı / 电流/电压模拟量输入设备 / Устройство с аналоговым входом по току/напряжению / Ток/напряжению аналоговый вход устройства

N.C.: No Connection / Non connectée / Nicht angeschlossen / Sin conexión / Nessuna connessione / Sem conexão / Bağlantı Yok / 无连接 / Соединение отсутствует / Қосылм жоқ

WARNING / AVERTISSEMENT / WARNUNG / ADVERTENCIA / AVVERTIMENTO / ATENÇÃO / UYARI / 警告 / ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ / ЕСКЕРТУ	
UNINTENDED EQUIPMENT OPERATION Do not connect wires to unused terminals and/or terminals indicated as "No Connection (N.C.)." Failure to follow these instructions can result in death, serious injury, or equipment damage.	FUNCTIONNEMENT INATTENDU DE L'EQUIPEMENT Ne raccordez pas de câbles à des bornes inutilisées ou désignées comme non connectées (N.C.). Le non-respect de ces instructions peut provoquer la mort, des blessures graves ou des dommages matériels.
UNBEABSEHTIGTER GERÄTEBETRIEB Verbinden Sie keine Drähte mit ungenutzten Anschlüssen und/oder mit Anschlüssen, die als "Not Connected" (N.C.) / Nicht angeschlossen gekennzeichnet sind. Die Nichtbeachtung dieser Anweisungen kann Tod, schwere Verletzungen oder Sachschäden zur Folge haben.	FUNCIONAMIENTO IMPREVISTO DEL EQUIPO No conecte ningún cable a terminales que no se utilicen ni a terminales con la indicación "No Connection (N.C.)." El incumplimiento de estas instrucciones puede causar la muerte, lesiones serias o daño al equipo.
FUNZIONAMENTO ANOMALO DELL'APPARECCHIATURA Non collegare cavi ai morsetti non utilizzati e/o ai morsetti indicati come "No Connection (N.C.)." Il mancato rispetto di queste istruzioni può provocare morte, gravi infortuni o danni alle apparecchiature.	OPERAÇÃO INVOLUNTÁRIA DO EQUIPAMENTO Não conecte fios a terminais não utilizados e/ou terminais indicados como "Não conectado (N.C.)." A não observância destas instruções pode provocar a morte, ferimentos graves, ou danos no equipamento.
EKİPMANIN YANLIŞLIKLA ÇALIŞMASI Kabloları kullanılmayan terminallere veya "No Connection (Bağlantı Yok, N.C.)" olarak belirtilen terminallere bağlamayın. Bu talimatları uyulmaması ölüme, ağır yaralanmalara veya ekipmanda maddi hasara yol açabilir.	意外的设备操作 请勿将电线连接到不使用的终端和/或标记为"无连接 (N.C.)"的终端上。 不遵循上述说明可能导致人员伤亡或设备损坏。
НЕПРЕДНАМЕРЕННОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ Не подключать проводники к неиспользуемым клеммам и/или клеммам, маркированным надписью "No Connection (N.C.)" (Соединение отсутствует). Несоблюдение этих инструкций может привести к смерти, серьезной травме или повреждению оборудования.	ЖАБДЫҚТЫҢ КЕЗДЕЙСӨҚ ЖҰМЫС ІСТЕУІ Сымдарды пайдаланылмайтын түйіспелерге және/немесе "No Connection (N.C.)" (Қосылм жоқ (Қ.Ж.)) деп көрсетілген түйіспелерге жалғамңыз. Бұл нұсқауларды орындамау өлімге немесе ауыр жарақатқа я болмаса жабдықтың зақымдалуына әкеледі.

HRB59606 11
12 - 2024

5/7

Schneider
Electric

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 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 :

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

TM3 Analog Mixed Input/Output Modules

TM3AM6 / TM3AM6G

Introduction

The TM3AM6 (screw terminal block) / TM3AM6G (spring terminal block) expansion modules feature 4 analog input channels and 2 analog output channels with 12-bit resolution.

The channel input types are:

- 0...10 V
- -10...+10 V
- 0...20 mA
- 4...20 mA

For information on the diagnostic codes produced by each input type, refer to Analog I/O Modules Diagnostics, page 65.

The channel output types are:

- 0...10 V
- -10...+10 V
- 0...20 mA
- 4...20 mA

For further hardware information, refer to TM3AM6 / TM3AM6G (see Modicon TM3, Analog I/O Modules, Hardware Guide).

NOTE: If you have physically wired the analog channel for a voltage signal and you configure the channel for a current signal in EcoStruxure Machine Expert - Basic, you may damage the analog circuit.

NOTICE

INOPERABLE EQUIPMENT

Verify that the physical wiring of the analog circuit is compatible with the software configuration for the analog channel.

Failure to follow these instructions can result in equipment damage.

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

Configuring the Module

For each input, you can define:

Parameter	Value	Default Value	Description
Used	True/False	False	Indicates whether the address is being used in a program.
Address	%IWx.0...%IWx.3	%IWx.y	The address of the input channel, where x is the module number and y is the channel number.
Type	Not used 0 - 10 V -10 - +10 V 0 - 20 mA 4 - 20 mA	Not used	Choose the mode of the channel.
Scope	Normal	Normal	The range of values for a channel.
Min.	0 - 10 V	-32768...32767 ⁽¹⁾	Specifies the lower measurement limit.
	-10 - +10 V	0	
	0 - 20 mA	-10000	
	4 - 20 mA	0	
Max.	0 - 10 V	4000	Specifies the upper measurement limit.
	-10 - +10 V	10000	
	0 - 20 mA	10000	
	4 - 20 mA	20000	
Filter (x 10ms)	0...1000	0	Specifies the first order filter time constant (0...10 s) in increments of 10 ms, page 35.
Sampling	1ms/Channel 10ms/Channel	1ms/Channel	Specifies the sampling period of the channel. If an input filter is active, the sampling period is set internally to 10 ms, page 35.

⁽¹⁾ The 12-bit data (0 to 4095) processed in the analog I/O module can be linear-converted to a value between -32768 and 32767.

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

For each output, you can define:

Parameter	Value	Default Value	Description
Used	True/False	False	Indicates whether the address is being used in a program.
Address	%QWx.0...%QWx.1	%QWx.y	Shows the address of the output channel, where x is the module number and y is the channel number.
Type	Not used 0 - 10 V -10 - +10 V 0 - 20 mA 4 - 20 mA	Not used	Choose the mode of the channel.
Scope	Normal	Normal	The range of values for a channel.
Min.	0 - 10 V	-32768...32767 ⁽¹⁾	Specifies the lower measurement limit.
	-10 - +10 V	0	
	0 - 20 mA	-10000	
	4 - 20 mA	0	
Max.	0 - 10 V	4000	Specifies the upper measurement limit.
	-10 - +10 V	10000	
	0 - 20 mA	10000	
	4 - 20 mA	20000	
Fallback value	Min...Max.	If Min. value ≤ 0: default value = 0 If Min. value > 0: default value = Min. value	Specifies the fallback value of the output channel.

⁽¹⁾ The 12-bit data (0 to 4095) processed in the analog I/O module can be linear-converted to a value between -32768 and 32767.

Programming tab: Displaying Configuration Details in the Programming Tab, page 33 describes how to view and update programming-related properties of these modules.

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

Lampiran 4. Datasheet Sensor WNK HP POWER 8010



PRINCIPLE OF OPERATION

S-8010 is a high cost effective submersible level sensor suitable for liquid level or pressure and depth measurement. The sensor measures the level of liquids based on the simple relationship between the height of the liquid column and the resulting hydrostatic pressure.

The pressure measurement is performed on the separating membrane of the immersed sensor and is compared to the atmospheric pressure through a capillary inserted in the cable.

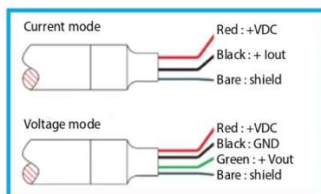
The sensitive element is a piezoresistive silicon sensor, isolated from the measured fluid to by a separation diaphragm.

The sensor works in combination with an electronic amplifier that provides a standardized signal $4 \div 20$ mA, $0 \div 10$ V, $0 \div 5$ V, $1 \div 5$ V, mV.

TECHNICAL DATA

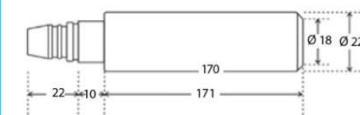
Measuring range	0... 0.5 ... 200 mH ₂ O
Overload pressure	150% of measuring range
Accuracy	±0.5%, ±0.25% of full scale/year
Measured medium	Liquids, water
Stability	±0.25% of full scale/year
Power supply	24 VDC
Output signal	4-20 mA (2-wire) 0-10 VDC, 0-5 VDC, 1-5 VDC (3-wire) on customer specification
Operating temperature	-10...80 °C
Protection degree	IP68
Sensor material	Stainless steel, diffusion silicon
Cable material	PVDF, PTFE
Connector	Vented cable, submersion type
Housing material	Stainless steel

ELECTRICAL CONNECTION

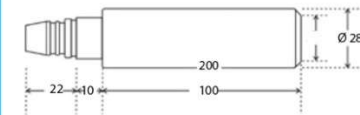


SMERI s.r.l.
Via Mario Idiomi, 3/13
I - 20090 Assago (MI)
Tel. +39 02 539 8941
E-mail smeri@smeri.com
www.smeri-international.com

S-WNK8010-122



S-WNK8010-128



Measuring unit: mm

MECHANICAL CONSTRUCTION

The proven encapsulation technology and the assembly procedure insure the quality and performance of this series: high stability, SS316 or SS304 housing, leakage proof, moist proof and frost proof.

The level transmitter S-8010 (standard immersion type) is used for petroleum, metallurgy, hydraulics, city water supply, hygrometry, etc.

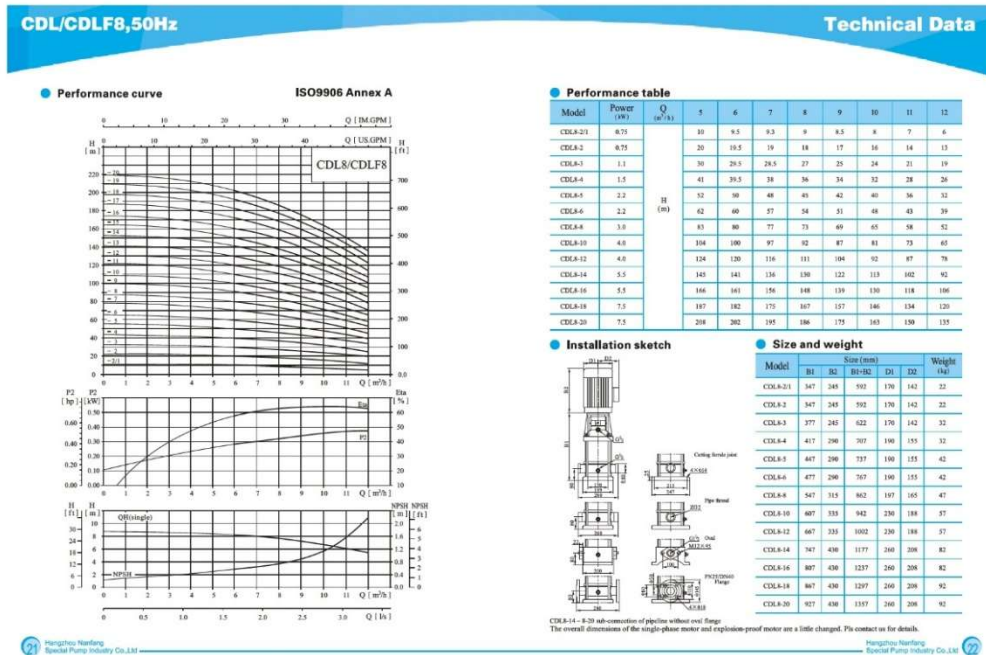
Simple process integration and seamless addition into existing control systems can be achieved thanks to the analogue output signal and the two-wire technology. The immersion probe can be perfectly adapted to the measuring point using a wide range of mechanical accessories.

SELECTION GUIDE

The order code consists of the product root followed by the positions of the selected options (S-WNK8010-...)

S-WNK8010-122 - S-WNK8010-128-	
Probe material	S1: SS 304 (standard option) S2: SS 316L
Cable material	C1: Polyethylene C2: PTFE (for corrosive fluids)
Cable length	Polyethylene to specify PTFE to specify
Output signal	D1: 0-5 V D2: 0-10 mA D3: 4-20 mA D4: 1-5 V D5: mV

Lampiran 6. Datasheet Booster Pump CNP CDLF8-16



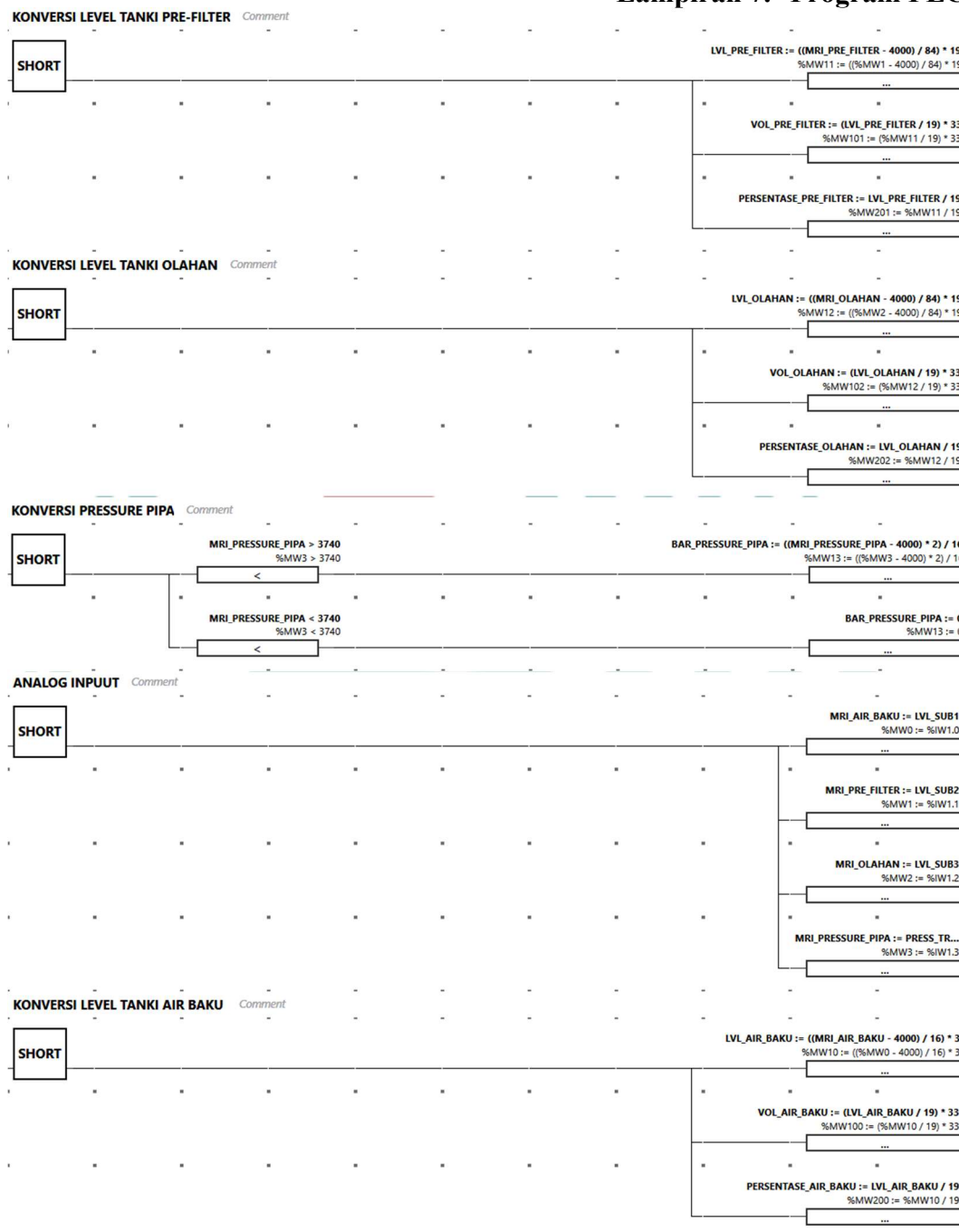
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**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

Lampiran 7. Program PLC

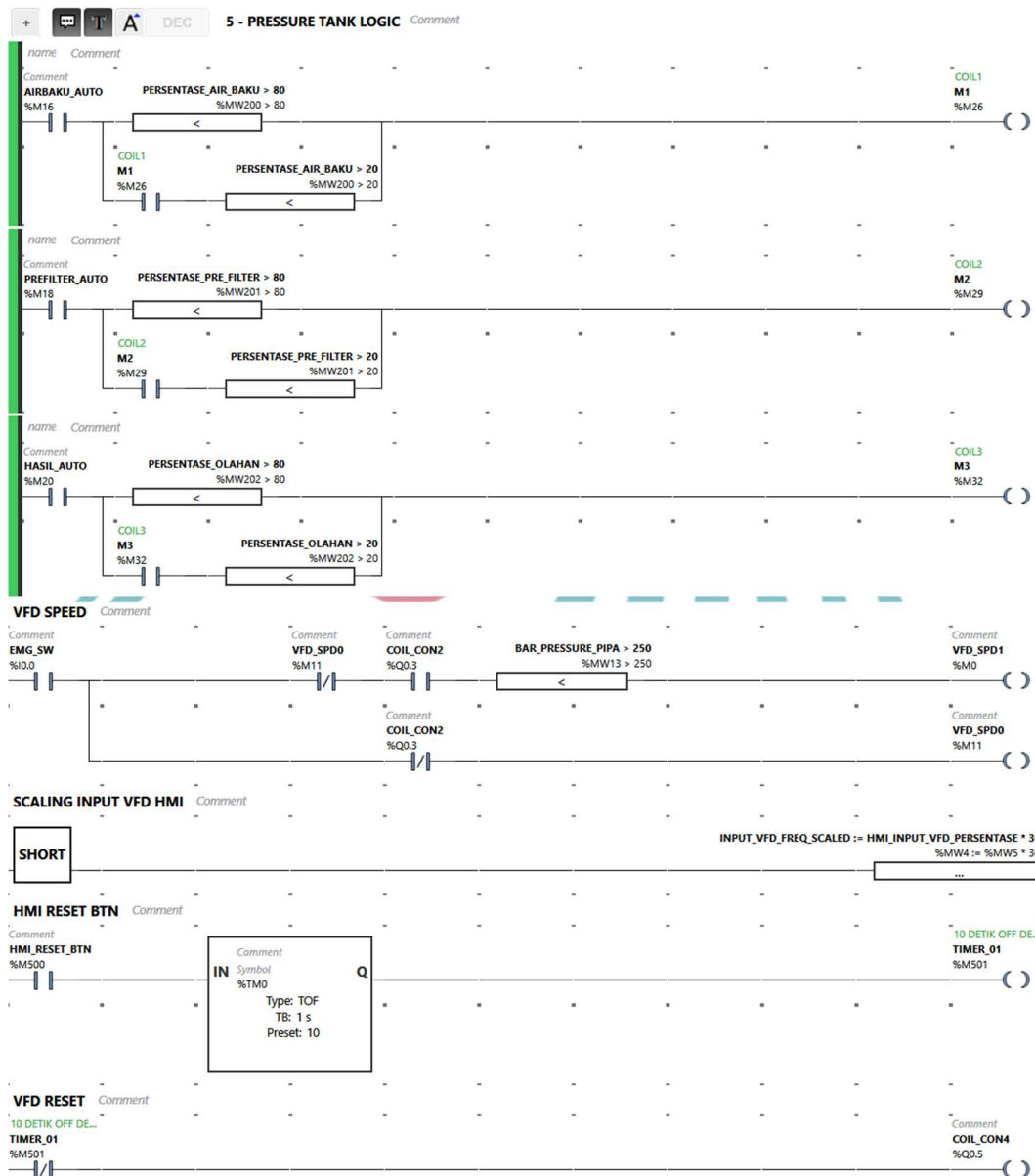




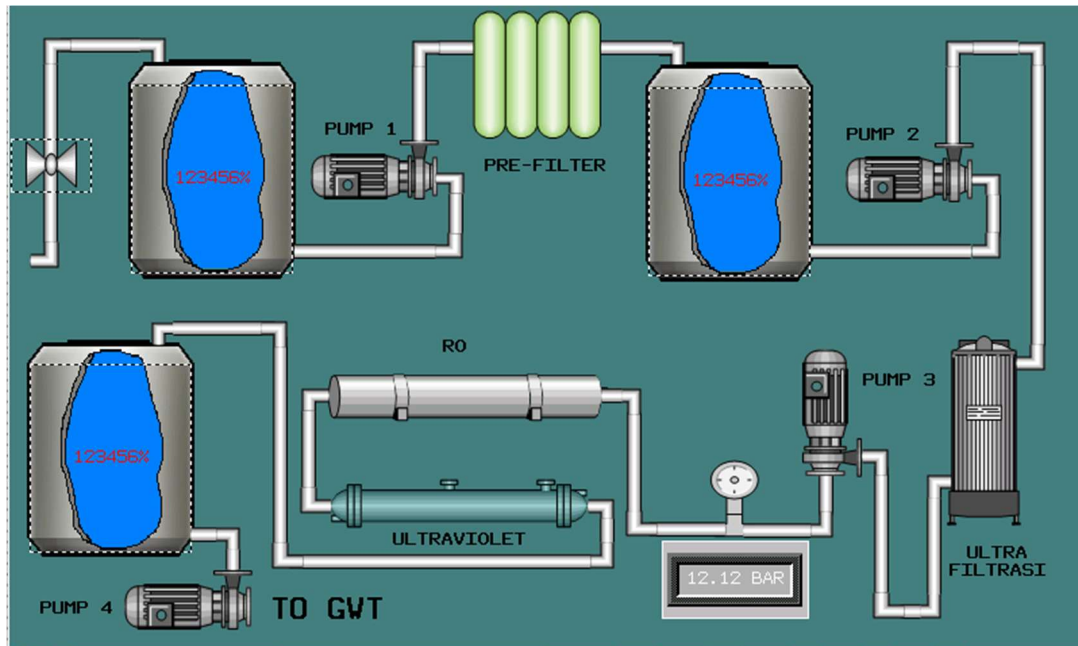
- READY_VFD** Comment
- Comment EMG_LAMP %M432
- Comment KUNCI_VFD %M12
- Comment READY_VFD %M21
- SHORT
- %QWN100.0.0 := 6
- %QWN100.0.0 := 6
- ...
- RUN_VFD** Comment
- Comment EMG_LAMP %M432
- Comment VFD_MANUAL %M13
- SHORT
- Comment READY_VFD %M21
- %QWN100.0.0 := 15
- %QWN100.0.0 := 15
- ...
- Comment KUNCI_VFD %M12
- OFF_VFD** Comment
- Comment READY_VFD %M21
- SHORT
- %QWN100.0.1 := 6
- %QWN100.0.1 := 6
- ...
- RUN_BOOSTER_PUMP** Comment
- Comment EMG_LAMP %M432
- Comment TOR_VFD %I0.5
- Comment VFD_AUTO %M14
- Comment VFD_SPD0 %M11
- %QWN100.0.1 := 0
- %QWN100.0.1 := 0
- ...
- Comment VFD_SPD1 %M0
- %QWN100.0.1 := 3000
- %QWN100.0.1 := 3000
- ...
- Comment VFD_MANUAL %M13
- %QWN100.0.1 := INPUT_VFD_FREQ_SCALED
- %QWN100.0.1 := %MW4
- ...
- AIRBAKU_PUMP** Comment
- Comment EMG_LAMP %M432
- Comment TOR1 %I0.1
- Comment AIRBAKU_AUTO %M16
- COIL1 M1 %M26
- Comment AIRBAKU_MAN... %M15
- Comment HMI_PBSTART_... %M40
- Comment HMI_PBSTO... %M41
- Comment COIL_CON1 %Q02
- Comment COIL_CON1 %Q02
- PREFILTER_PUMP** Comment
- Comment EMG_LAMP %M432
- Comment TOR2 %I0.2
- Comment PREFILTER_AUTO %M18
- COIL2 M2 %M29
- Comment PREFILTER_MA... %M17
- Comment HMI_PBSTART_... %M42
- Comment HMI_PBSTO... %M43
- Comment COIL_CON2 %Q03
- Comment COIL_CON2 %Q03
- HASILOLAHAN_PUMP** Comment
- Comment EMG_SW %I0.0
- Comment TOR3 %I0.3
- Comment HASIL_AUTO %M20
- COIL3 M3 %M32
- Comment HASIL_MANUAL %M19
- Comment HMI_PBSTART_... %M44
- Comment HMI_PBSTO... %M45
- Comment COIL_CON3 %Q04
- Comment COIL_CON3 %Q04

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



Lampiran 8. Desain *Human Machine Interface*



VALVE OPTION



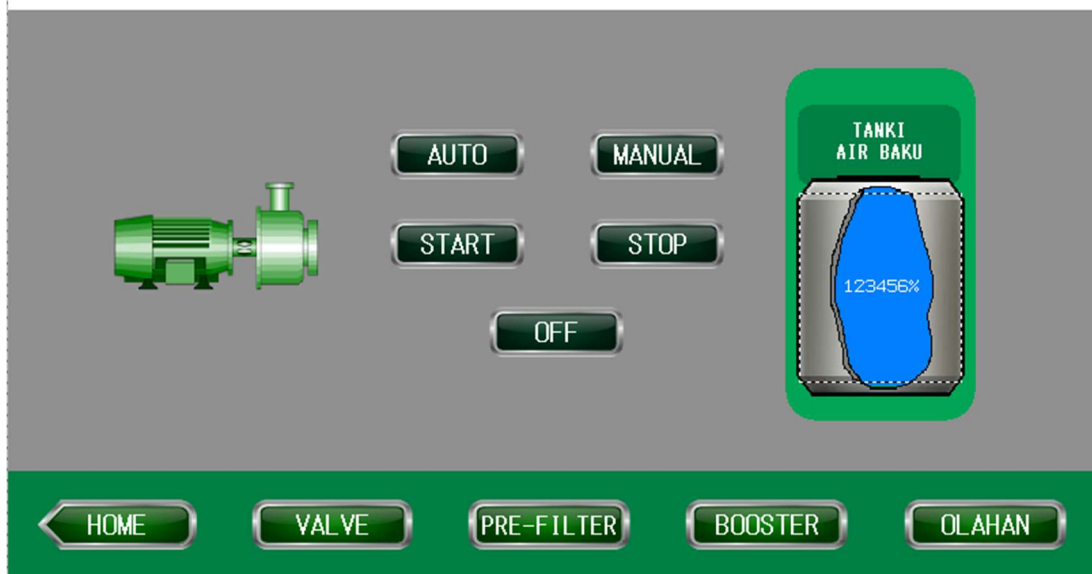
Hak Cipta :

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

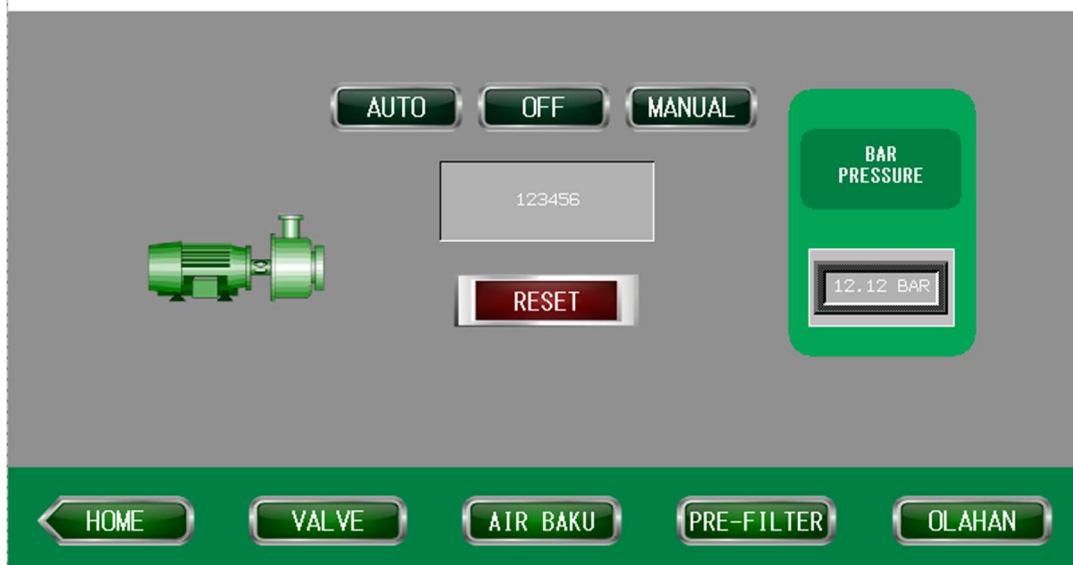
Hak Cipta :

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

AIR BAKU PUMP



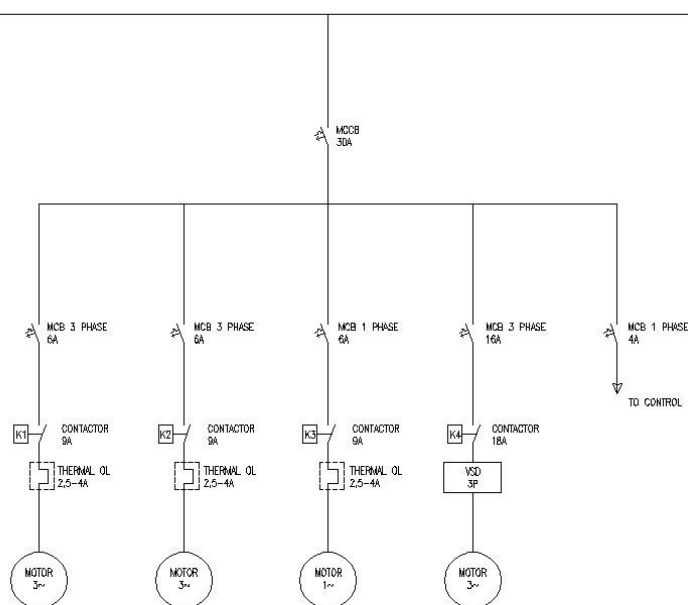
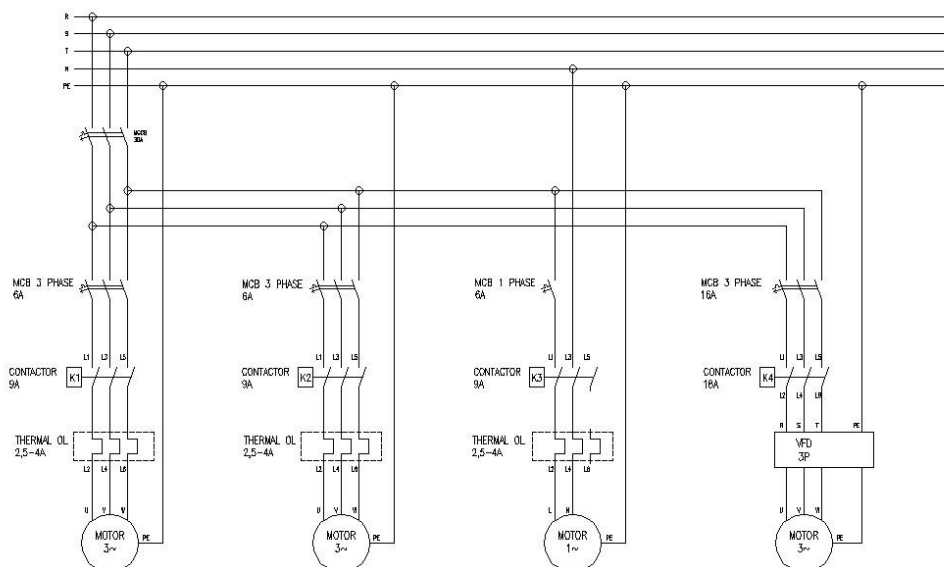
BOOSTER PUMP



Lampiran 9. Diagram Pengkabelan

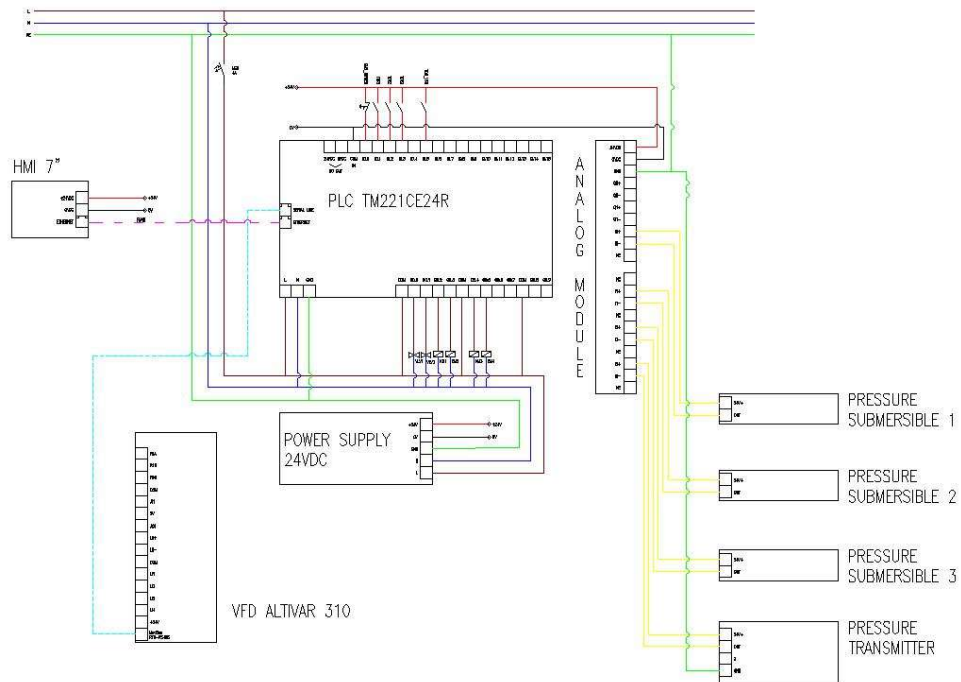
Hak Cipta :

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



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA