



© 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



**PENGENDALIAN VSD PADA MOTOR *BOOSTER PUMP*
BERBASIS PLC-HMI TERINTEGRASI SCADA**

SKRIPSI

Dhia Shofi Majid

1803411009

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2022



© 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



**PENGENDALIAN VSD PADA MOTOR *BOOSTER PUMP*
BERBASIS PLC-HMI TERINTEGRASI SCADA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Dhia Shofi Majid

1803411009

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2022



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Dhia Shofi Majid

NIM : 1803411009

Tanda Tangan : 

Tanggal : 27 Juli 2022



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


LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Dhia Shofi Majid
NIM : 1803411009
Program Studi : Teknik Otomasi Listrik Industri
Judul Skripsi : Pengendalian VSD Pada Motor *Booster pump* Berbasis PLC-HMI Terintegrasi SCADA

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada 13 Juli 2022 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Anicetus Damar Aji, S.T., M.Kom. ()
NIP. 195908121984031005

Pembimbing II : Ir. Danang Widjajanto, M.T. ()
NIP. 196609012000121001

Depok, 27 Juli 2022

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. Sri Danaryani, M.T.
196305031991032001



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 Yang Maha Esa, 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 berjudul “Pengendalian VSD Pada Motor *Booster Pump* Berbasis PLC-HMI Terintegrasi SCADA” diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai referensi pembelajaran bagi mahasiswa/i yang sedang mempelajari mata kuliah terkait.

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 Anicetus Damar Aji, S.T., M.Kom. dan Bapak Ir. Danang Widjajanto, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Bapak Saifudin Zuhri dari PT Zumatic Saka Persada yang telah banyak membantu dalam usaha menyelesaikan skripsi ini;
3. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
4. Sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

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

Depok, 30 Juni 2022

Penulis

Dhia Shofi Majid

Politeknik Negeri Jakarta



Abstrak

Perubahan kebutuhan air yang naik turun menyebabkan tekanan air harus memiliki nilai yang konstan. Ketika kebutuhan air sedang tinggi, diperlukan kecepatan putar motor yang cepat agar aliran air yang terdorong dapat memenuhi kebutuhan. Jika kebutuhan air sedang rendah, maka aliran air harus berkurang, sehingga kecepatan putar motor akan melambat. Dalam mengendalikan sistem tersebut, dibutuhkan pengendali *Proportional, Integral and Derivative (PID)*. Parameter *P, I, dan D* diprogram oleh PLC untuk menghasilkan keluaran yang diinginkan. Ketiga parameter tersebut memiliki respon yang berbeda-beda. Selain itu, diperlukan *set point* untuk mengatur nilai keluaran yang diinginkan. Pada penelitian ini dibuat suatu alat yang dapat mengendalikan kecepatan putar motor untuk mengontrol tekanan air. Parameter motor yang terbaca oleh VSD beserta gangguannya dapat dipantau melalui HMI dan SCADA menggunakan protokol komunikasi *Modbus Serial IOScanner*. Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai kecepatan putar motor berbanding lurus dengan frekuensi. Jika pengendalian motor menggunakan kontrol *PID*, frekuensi motor akan terus bertambah sampai nilai tekanan air sama dengan *set point*. Jika nilai tekanan air tidak sama dengan *set point*, maka frekuensi motor akan terus bertambah hingga mencapai nilai maksimalnya. Jika nilai tekanan air lebih besar daripada *set point*, maka yang terjadi adalah sebaliknya. Semakin cepat tekanan air bernilai sama dengan *set point*, maka semakin kecil nilai kecepatan putaran motor yang terukur.

Kata Kunci: *Variable Speed Drive, Booster Pump, PLC, PID*

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

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

Abstract

Changes in water demand that go up and down cause the water pressure to have a constant value. When the water demand is high, a fast motor rotation speed is needed so that the flow of water that is driven can fulfill the needs. If the water demand is low, then the water discharge must be reduced, so that the motor rotation speed will slow down. In controlling the system, a Proportional, Integral and Derivative (PID) controller is needed. Parameters P, I, and D are programmed by the PLC to produce the desired output. The three parameters have different responses. A set point is required to set the desired output value. In this research, a device that can control the rotation speed of the motor is made to control the water pressure. Motor parameters read and their disturbances can be monitored via HMI and SCADA using the Modbus Serial IOScanner communication protocol. Tests that have been carried out show that the value of the motor rotational speed is directly proportional to the frequency. If the motor control uses PID control, the motor frequency will increase until the water pressure equals the set point. If the water pressure is not equal to the set point, the motor frequency will continue to increase until it reaches its maximum value. If the water pressure value is greater than the set point, the opposite will happen. The faster the water pressure is equal to the set point, the smaller the value of the motor rotation speed is measured.

Key words: Variable Speed Drive, Booster Pump, PLC, PID

Hak Cipta :

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



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Luaran.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Komponen Input.....	3
2.2 Komponen Proses.....	4
2.2.1 <i>Relay</i>	4
2.2.2 <i>Programmable Logic Controller</i>	4
2.2.2.1 <i>Arsitektur Programmable Logic Controller</i>	5
2.2.2.2 <i>Spesifikasi TM221CE16R</i>	6
2.2.2.3 <i>Konstruksi TM221CE16R</i>	7
2.2.2.4 <i>EcoStruxure Machine Expert</i>	8
2.2.2.5 <i>Bahasa Pemrograman</i>	11
2.2.2.6 <i>Memory Objects</i>	12
2.2.2.7 <i>Input and Output Objects</i>	12
2.2.2.8 <i>Network Objects</i>	13
2.2.2.9 <i>Function Block</i>	13
2.2.2.10 <i>Operation Block</i>	15
2.2.2.11 <i>Comparison Block</i>	16
2.2.2.12 <i>Proportional, Integral, and Derivatives</i>	16



Hak Cipta :

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

2.2.3	<i>Variable Speed Drive</i>	17
2.2.3.1	Arsitektur <i>Variable Speed Drive</i>	17
2.2.3.2	Spesifikasi ATV610U75N4	18
2.2.3.3	Konstruksi ATV610U75N4	19
2.2.3.4	Parameter Pemrograman ATV610U75N4	22
2.3	Komponen Output	23
2.3.1	Motor Induksi Tiga Fasa.....	23
2.3.2	<i>Booster Pump</i>	26
2.3.3	<i>Human Machine Interface</i>	27
2.3.4	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>	28
2.4	Protokol Komunikasi <i>Modbus</i>	28
2.4.1	Modbus RTU	29
2.4.2	Modbus TCP/IP	29
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....		30
3.1	Rancangan Alat.....	30
3.1.1	Deskripsi Alat	31
3.1.2	Cara Kerja Alat	32
3.1.2.1	<i>Mode Local</i>	33
3.1.2.2	<i>Mode Remote</i>	35
3.1.2.3	<i>Mode Gangguan</i>	37
3.1.3	Spesifikasi Alat	39
3.1.4	Diagram Blok.....	42
3.2	Realisasi Alat.....	43
3.2.1	<i>Wiring Diagram</i> Sistem Kontrol dan Daya VSD	44
3.2.2	Realisasi Program PLC	50
3.2.2.1	Tabel <i>Input/Output</i> dan <i>Memory Object</i> PLC	50
3.2.2.2	Pembuatan <i>Project</i> PLC	53
3.2.2.3	Konfigurasi Awal <i>Project</i> PLC	53
3.2.2.4	Konfigurasi Komunikasi PLC dengan HMI dan SCADA	54
3.2.2.5	Konfigurasi Komunikasi PLC dengan VSD	56
3.2.2.6	Pembuatan <i>Ladder Diagram</i>	57
3.2.2.7	Pemrograman Pengoperasian Motor	58
3.2.2.8	Pembacaan Parameter Motor.....	60
3.2.2.9	Input Nilai Frekuensi Motor.....	64



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

3.2.2.10	Konversi Nilai <i>Voltage Injector</i>	66
3.2.2.11	Pemrograman Kontrol PID	67
3.2.2.12	Pemrograman Komunikasi <i>Modbus Serial IOScanner</i>	70
3.2.2.13	Hasil Pemrograman PLC	72
3.2.2.14	Eksekusi Program PLC	76
3.2.3	Realisasi Pengaturan Parameter VSD	80
3.2.3.1	Pengaturan Input dan <i>Output</i> VSD	81
3.2.3.2	Pengaturan Komunikasi VSD dengan PLC	81
3.2.3.3	Pengaturan <i>Mode Separation</i>	82
3.2.3.4	Pengaturan Parameter Motor	83
BAB IV	PEMBAHASAN	85
4.1	Pengujian Mode <i>Remote</i>	85
4.1.1	Deskripsi Pengujian	85
4.1.2	Prosedur Pengujian	85
4.1.3	Hasil Pengujian	86
4.1.4	Analisis Data	88
4.2	Pengujian Mode <i>Local</i>	90
4.2.1	Deskripsi Pengujian	90
4.2.2	Prosedur Pengujian	91
4.2.3	Hasil Pengujian	91
4.2.4	Analisis Data	92
4.3	Pengujian Mode Gangguan	93
4.3.1	Deskripsi Pengujian	93
4.3.2	Prosedur Pengujian	93
4.3.3	Hasil Pengujian	94
4.3.4	Analisis Data	96
4.4	Pengujian Kesesuaian Nilai Parameter Motor	96
4.4.1	Deskripsi Pengujian	96
4.4.2	Prosedur Pengujian	97
4.4.3	Data Hasil Pengujian	97
4.4.4	Analisis Data	100
4.5	Pengujian Pengendalian Kecepatan Motor	101
4.5.1	Deskripsi Pengujian	102
4.5.2	Prosedur Pengujian	102



4.5.3	Data Hasil Pengujian	103
4.5.4	Analisis Data.....	107
BAB V PENUTUP.....		108
5.1	Kesimpulan.....	108
5.2	Saran	108
DAFTAR PUSTAKA		109
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS		111
LAMPIRAN.....		112



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 satu 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 GAMBAR

Gambar 2.1 Voltage Injector.....	3
Gambar 2.2 Relay.....	4
Gambar 2.3 Arsitektur PLC.....	5
Gambar 2.4 Programmable Logic Controller.....	7
Gambar 2.5 Bagian-bagian pada PLC.....	7
Gambar 2.6 Tampilan awal Ecostruxure Machine Expert.....	8
Gambar 2.7 Ribbon Ecostruxure Machine Expert.....	8
Gambar 2.8 Tampilan pada tab Properties.....	9
Gambar 2.9 Tampilan pada tab Configuration.....	9
Gambar 2.10 Tampilan pada tab Programming.....	10
Gambar 2.11 Tampilan pada tab Display.....	10
Gambar 2.12 Tampilan pada tab Commissioning.....	11
Gambar 2.13 Bentuk Instruction List.....	11
Gambar 2.14 Bentuk Ladder Diagram.....	12
Gambar 2.15 Timer On-Delay (TON).....	14
Gambar 2.16 Drive Object Power ATV.....	14
Gambar 2.17 Drive Object Jog ATV.....	15
Gambar 2.18 Drive Object Reset ATV.....	15
Gambar 2.19 Operation Block.....	16
Gambar 2.20 Comparison Block.....	16
Gambar 2.21 Kontrol PID.....	17
Gambar 2.22 Arsitektur VSD.....	18
Gambar 2.23 Variable Speed Drive.....	19
Gambar 2.24 Lampu Indikator ATV610.....	20
Gambar 2.25 Display terminal ATV610.....	21
Gambar 2.26 Terminal ATV610.....	21
Gambar 2.27 Parameter ATV610.....	22
Gambar 2.28 Konstruksi motor induksi.....	23
Gambar 2.29 Bagian-bagian pada motor induksi.....	25
Gambar 2.30 Belitan Stator.....	25
Gambar 2.31 Belitan Rotor.....	26
Gambar 2.32 Booster Pump.....	27
Gambar 2.33 Human Machine Interface.....	27
Gambar 2.34 Skema Sistem SCADA.....	28
Gambar 2.35 Skema Komunikasi Modbus RTU dan Modbus TCP/IP.....	29
Gambar 3.1 Layout Panel.....	31
Gambar 3.2 Diagram Alir Mode Local.....	34
Gambar 3.3 Diagram Alir Mode Auto Ketika Remote.....	36
Gambar 3.4 Diagram Alir Mode Manual Pada Remote.....	37
Gambar 3.5 Diagram Alir Mode Gangguan.....	38
Gambar 3.6 Diagram Blok.....	42
Gambar 3.7 Realisasi Panel.....	44

Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

Gambar 3.8 Wiring Diagram Daya VSD	45
Gambar 3.9 Wiring Diagram Sistem Kontrol Konvensional	46
Gambar 3.10 Wiring Diagram Kontrol PLC (1)	48
Gambar 3.11 Wiring Diagram Kontrol PLC (2)	49
Gambar 3.12 Tampilan setelah EcoStruxure terbuka	53
Gambar 3.13 Mengubah tipe controller	54
Gambar 3.14 Dialog box konfigurasi tipe controller	54
Gambar 3.15 Menyimpan project	54
Gambar 3.16 Pengaturan IP Address	55
Gambar 3.17 Security parameters ethernet	55
Gambar 3.18 Enable parameter ethernet	56
Gambar 3.19 Pengaturan protokol komunikasi.....	56
Gambar 3.20 Mode transmisi Modbus Serial IOScanner	57
Gambar 3.21 Instruksi Ladder Diagram.....	57
Gambar 3.22 Input address pada instruksi	58
Gambar 3.23 Instruksi operation block dan comparison block.....	58
Gambar 3.24 Function Block	59
Gambar 3.25 Akses menu Drive Object	59
Gambar 3.26 Contoh Drive Object	59
Gambar 3.27 Pemilihan Axis DRV.....	60
Gambar 3.28 Program untuk mengoperasikan motor	60
Gambar 3.29 Akses pengaturan channel ID.....	61
Gambar 3.30 Menambahkan Channel ID.....	61
Gambar 3.31 Konfigurasi Parameter ATV610	62
Gambar 3.32 Parameter Komunikasi ATV610.....	62
Gambar 3.33 Urutan Channel ID	63
Gambar 3.34 Konversi nilai menjadi Float.....	63
Gambar 3.35 Program pembacaan parameter motor.....	64
Gambar 3.36 Output registers IOScanner	65
Gambar 3.37 Pemrograman input velocity	65
Gambar 3.38 Migrasi data word to word	65
Gambar 3.39 Analog input.....	66
Gambar 3.40 Migrasi data Voltage Injector.....	66
Gambar 3.41 Konversi nilai Voltage Injector	67
Gambar 3.42 Akses menu PID	67
Gambar 3.43 Tampilan menu PID	68
Gambar 3.44 Pengaturan Input PID	68
Gambar 3.45 Pemrograman PID	69
Gambar 3.46 Pengaturan Output PID	69
Gambar 3.47 Konversi output PID ke frekuensi	70
Gambar 3.48 Program Kontrol PID	70
Gambar 3.49 Pemrograman restart dan suspend IOScanner.....	71
Gambar 3.50 Migrasi data dari system word ke memory word.....	71
Gambar 3.51 Program komunikasi Modbus Serial IOScanner.....	71
Gambar 3.52 POU Real Time Clock.....	72



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

Gambar 3.53 Program Set RTC	72
Gambar 3. 54 Program Get RTC	73
Gambar 3.55 Program Button Initialize	73
Gambar 3.56 Program Normal Condition	74
Gambar 3.57 Program Fault Condition	74
Gambar 3.58 Program Fault Status	75
Gambar 3.59 Program VSD Initialize	75
Gambar 3.60 Program Drive State	76
Gambar 3.61 Program Remote-Manual	76
Gambar 3.62 Menu Compile Program	77
Gambar 3.63 Menu Launch Simulator	77
Gambar 3.64 Menu Start Controller	77
Gambar 3.65 Dialog box Launch Controller	78
Gambar 3.66 Simulator Controller	78
Gambar 3.67 Akses Menu Animation Tables	78
Gambar 3.68 Memasukkan address pada animation tables	79
Gambar 3.69 Stop Controller	79
Gambar 3.70 Login Controller	80
Gambar 3.71 Start Controller	80
Gambar 3.72 Nameplate Motor	83
Gambar 4.1 Ladder diagram mode remote	88
Gambar 4.2 Ladder diagram mode auto	89
Gambar 4.3 Ladder diagram mode manual	90
Gambar 4.4 Ladder diagram local mode	93
Gambar 4.5 Grafik Pengujian Kesesuaian Nilai Arus	99
Gambar 4.6 Grafik Pengujian Kesesuaian Nilai Tegangan	99
Gambar 4.7 Pengujian Kesesuaian Nilai Kecepatan	100
Gambar 4.8 Grafik Pengujian Pertama Frekuensi Terhadap Waktu	103
Gambar 4.9 Grafik Pengujian Pertama Kecepatan Terhadap Waktu	104
Gambar 4.10 Grafik Pengujian Kedua Frekuensi Terhadap Waktu	105
Gambar 4.11 Grafik Pengujian Kedua Kecepatan Terhadap Waktu	105
Gambar 4.12 Grafik Pengujian Ketiga Frekuensi Terhadap Waktu	106
Gambar 4.13 Pengujian Ketiga Kecepatan Terhadap Waktu	107



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

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi TM221CE16R	6
Tabel 2.2 Bagian-bagian pada PLC	7
Tabel 2.3 Memory Objects.....	12
Tabel 2.4 Input dan Output Objects	13
Tabel 2.5 Input dan Output Network Objects	13
Tabel 2.6 Spesifikasi ATV610U75N4	18
Tabel 2.7 Status Lampu Indikator LED ATV610.....	20
Tabel 2.8 Deskripsi tombol ATV610.....	21
Tabel 2.9 Terminal ATV610.....	22
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat	39
Tabel 3.2 Input dan Memory Object PLC.....	50
Tabel 3.3 Output dan Memory Object PLC	51
Tabel 3.4 Input Terminal VSD.....	81
Tabel 3.5 Output Terminal VSD	81
Tabel 3.6 Parameter komunikasi VSD dengan PLC.....	82
Tabel 3.7 Parameter mode separation	82
Tabel 3.8 Parameter Motor	83
Tabel 4.1 Pengujian Mode Remote.....	86
Tabel 4.2 Pengujian Mode Local	91
Tabel 4.3 Pengujian Mode Gangguan.....	94
Tabel 4.4 Pengujian Kesesuaian Nilai Parameter Motor	97
Tabel 4.5 Pengujian Kecepatan Motor.....	99
Tabel 4.6 Pengujian Pertama Pengendalian Kecepatan Motor	103
Tabel 4.7 Pengujian Kedua Pengendalian Kecepatan Motor.....	104
Tabel 4.8 Pengujian Ketiga Pengendalian Kecepatan Motor.....	106



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 satu 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 Datasheet TM221CE16R.....	112
Lampiran 2 Datasheet ATV610U75N4	113
Lampiran 3 Single Line Diagram.....	114
Lampiran 4 Rangkaian Daya.....	115
Lampiran 5 Rangkaian Kontrol Distribusi 24VDC	116
Lampiran 6 Tampilan HMI	117
Lampiran 7 Tampilan SCADA	118





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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam rangka memenuhi kebutuhan air di suatu tempat, pendistribusian air harus dialirkan secara merata ke berbagai titik tujuan. Pendistribusian air yang tidak dilakukan secara merata dapat mengakibatkan beberapa titik mendapatkan sumber air yang sedikit atau bahkan tidak sama sekali. Hal tersebut dikarenakan lemahnya tekanan air. Aliran air dapat didorong untuk menghasilkan tekanan air yang lebih besar dengan menggunakan suatu pompa, yaitu *booster pump*.

Pada *booster pump* terdapat motor penggerak untuk menghasilkan aliran air sesuai dengan tekanan tertentu (Rakibuzzaman et al., 2022). Lemahnya tekanan air dipengaruhi oleh kecepatan putaran motor pompa air. Pengaturan kecepatan putaran motor dapat diatur oleh suatu komponen, yaitu *Inverter* atau *Variable Speed Drive (VSD)*. Pengaturan kecepatan putaran motor melalui VSD dapat dilakukan dengan mengendalikan nilai keluaran frekuensi atau kecepatan yang diinginkan. Perubahan kecepatan tersebut dapat dikendalikan melalui *Programmable Logic Controller (PLC)*.

Perubahan kebutuhan air yang naik turun menyebabkan tekanan air harus memiliki nilai yang konstan. Ketika kebutuhan air sedang tinggi, diperlukan kecepatan putar motor yang cepat agar aliran air yang didorong dapat memenuhi kebutuhan. Jika kebutuhan air sedang rendah, maka aliran air harus berkurang, sehingga kecepatan putar motor akan melambat. Dalam mengendalikan sistem tersebut, dibutuhkan pengendali *Proportional, Integral and Derivative (PID)*. Ketiga parameter tersebut memiliki respon yang berbeda-beda. Selain itu, diperlukan *set point* untuk mengatur nilai keluaran yang diinginkan.

Berdasarkan penjabaran di atas, maka dirancang sebuah panel untuk mengatur kecepatan putaran motor yang diinginkan dengan pengendali PID. Pada panel tersebut, pembacaan sensor tekanan air disimulasikan oleh *voltage injector* yang merupakan input dari pengendali PID. Data setiap parameter dapat dipantau melalui *Human Machine Interface (HMI)* dan *Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)* yang berkomunikasi menggunakan protokol *Modbus*.



Hak Cipta :

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

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijabarkan, terdapat beberapa perumusan masalah yang akan dibahas pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pemrograman PLC pada sistem pengendalian motor *booster pump* agar sesuai dengan deskripsi kerja yang diinginkan.
2. Bagaimana PLC dapat berkomunikasi dengan VSD menggunakan protokol *Modbus* pada sistem pengendalian motor *booster pump*.
3. Bagaimana karakteristik pengendalian kecepatan putar motor secara otomatis pada sistem pengendalian motor *booster pump*.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat program PLC pada sistem pengendalian motor *booster pump* agar sesuai dengan deskripsi kerja yang diinginkan.
2. Mengkomunikasikan PLC dengan VSD menggunakan protokol *Modbus* pada sistem pengendalian motor *booster pump*.
3. Mengidentifikasi karakteristik pengendalian kecepatan putar motor secara otomatis pada sistem pengendalian motor *booster pump*.

1.4 Luaran

Adapun luaran yang diharapkan dari penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Panel sistem pengendalian VSD pada motor *booster pump* berbasis PLC-HMI terintegrasi dengan SCADA sebagai sarana pembelajaran pengendalian kecepatan motor menggunakan VSD atau mata kuliah terkait.
2. Program PLC sistem pengendalian VSD pada motor *booster pump* berbasis PLC-HMI terintegrasi dengan SCADA.
3. Jurnal Ilmiah yang diterbitkan pada jurnal *electricies* <http://jurnal.pnj.ac.id/index.php/electricies>.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada panel pengendali kecepatan pada motor *booster pump*, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengendalian motor *booster pump* dapat dioperasikan secara *Remote* dan *Local* dengan 2 mode pengendalian, yaitu mode *Auto* dan *Manual*. Sistem pengendalian tersebut dapat dikontrol oleh PLC dan *relay*.
2. Pengoperasian mode *Local* dan *Remote* secara *Manual* dengan memasukkan nilai frekuensi yang diinginkan. Pengoperasian mode *Remote* secara *Auto* dilakukan dengan menggunakan kontrol PID.
3. Pemrograman PLC untuk memasukkan *reference frequency* sebagai perintah pengendalian kecepatan putar motor untuk VSD dilakukan dengan mengalamatkan nilai frekuensi tersebut ke *output registers* parameter kecepatan.
4. Pengaturan kecepatan putar motor dan pembacaan parameter dengan protokol komunikasi *Modbus* memiliki kekurangan, salah satunya adalah komunikasi yang bisa terputus (*Serial Link Failure/SLF*) tiba-tiba, karena kualitas kabel LAN yang digunakan kurang bagus.
5. Karakteristik pengendalian kecepatan putar motor secara otomatis pada sistem ini adalah Ketika nilai tekanan air lebih kecil daripada nilai *set point*, karakteristik kontrol PI yang terjadi adalah frekuensi motor akan terus bertambah sampai nilai tekanan air sama dengan *set point*.
6. Jika nilai tekanan air tidak bernilai sama dengan *set point*, maka frekuensi motor akan terus bertambah hingga mencapai nilai maksimalnya. Jika nilai tekanan air lebih besar daripada *set point*, maka yang terjadi adalah sebaliknya.

5.2 Saran

Saran dari penulis berdasarkan pengujian yang telah dilakukan adalah realisasi pengaplikasian motor *booster pump* dalam pendistribusian air akan mendapatkan hasil pengujian kontrol PID yang lebih optimal.

Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Acromag. (2015). Introduction To Modbus Tcp / Ip. *Instrumentation*, 44(248).
- Agus, H. (2016). Sistem Proteksi Tenaga Listrik. *Bab I Pndahuluan*, 1–12.
- Alkadhim, S. A. S. (2020). Three-phase Induction Motor: Types and Structure. *SSRN Electronic Journal*, September. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3647425>
- Atmam, Tanjung, A., & Zulfahri. (2018). Analisis Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD). *SainETIn*, 2(2), 52–59. <https://doi.org/10.31849/sainetin.v2i2.1218>
- Haryanto, H., & Hidayat, S. (2016). Perancangan HMI (Human Machine Interface) Untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 1(2), 58. <https://doi.org/10.36055/setrum.v1i2.476>
- Herath, H. M. K. K. M. B., Ariyathunge, S. V. A. S. H., & Priyankara, H. D. N. S. (2020). Development of a Data Acquisition and Monitoring System Based on MODBUS RTU Communication Protocol. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 5(6), 433–440. <https://doi.org/10.38124/ijisrt20jun479>
- Kurniawan, E., Sebayang, K., & Simbolon, F. S. (2021). Analysis and Simulation of Proportional Derivative and Proportional Integral Derivative Control Systems Using Xcos Scilab. *Journal of Technomaterial Physics*, 3(1), 36–44.
- Mayrhofer, M., Mayr-Dorn, C., Zoitl, A., Guiza, O., Weichhart, G., & Egyed, A. (2019). Assessing adaptability of software architectures for cyber physical production systems. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11681 LNCS(September), 143–158. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29983-5_10
- Nurpadmi. (2010). Studi Tentang Modbus Protokol Pada Sistem Kontrol. *Forum Teknologi*, 01(2).
- Persson, M., & Håkansson, A. (2015). A communication protocol for different



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

communication technologies in cyber-physical systems. In *Procedia Computer Science* (Vol. 60, Issue 1, pp. 1697–1706). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.279>

Poosapati MCA, V., Katneni MCA, V., & Killu Manda, V. (2018). Super SCADA Systems: A Prototype for Next Gen SCADA System. *Iaetsdjaras.Org*, 5(3), 107–115. <http://iaetsdjaras.org/gallery/18-march-559.pdf>

Pujotomo, I. (2016). Implementasi Sistem SCADA Untuk Pengendalian Jaringan Distribusi 20 KV. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 1(1), 51–66.

Rakibuzzaman, M., Kim, H. H., Kim, K. W., Suh, S. H., & Bae, Y. S. (2022). A Study on Booster Pump System with Flow Sensor for Individual Flow Control Method. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 15(3), 889–900. <https://doi.org/10.47176/jafm.15.03.33153>

Rimbawati, R., Hutasuhut, A. A., Pasaribu, F. I., Cholish, C., & Muharnif, M. (2017). Design of motor induction 3-Phase from waste industry to generator for microhydro at isolated village. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 237(1), 6–12. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/237/1/012021>

Surabaya, P. P. (2018). (VSD) ANALOG DAN DIGITAL DENGAN SISTEM PENCACAH TEGANGAN PADA LABORATORIUM LISTRIK POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA Prasetyo Iswahyudi. 42–49.

Widiarsana, I. G. M., Rinas, I. W., & Arta Wijaya, I. W. (2018). Penggunaan Proportional Integral Derivative (Pid) Controller Pada Filter Aktif Untuk Meredam Harmonisa Akibat Beban Non Linier Di Bali National Golf Resort. *Jurnal SPEKTRUM*, 4(2), 138. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2017.v04.i02.p18>



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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Dhia Shofi Majid

Lulus dari SDIP Nurul Fajar tahun 2012 , MTsN Cibinong tahun 2015, dan MAN 1 Bogor pada tahun 2018. Gelar Sarjana Terapan (S.Tr.) diperoleh pada tahun 2022 dari Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Politeknik Negeri Jakarta.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Lampiran 1 *Datasheet* TM221CE16R

Lembar data produk

Spesifikasi



controller M221 16 IO relay Ethernet

TM221CE16R

Main

Range of product	Modicon M221
Product or component type	Logic controller
[Us] rated supply voltage	100...240 V AC
Discrete input number	9, discrete input conforming to IEC 61131-2 Type 1
Analogue input number	2 at 0...10 V
Discrete output type	Relay normally open
Discrete output number	7 relay
Discrete output voltage	5...125 V DC 5...250 V AC
Discrete output current	2 A

Complementary

Discrete I/O number	16
Maximum number of I/O expansion module	4 for transistor output 4 for relay output
Supply voltage limits	85...264 V
Network frequency	50/60 Hz
Inrush current	40 A
Maximum power consumption in VA	49 VA at 100...240 V with max number of I/O expansion module 33 VA at 100...240 V without I/O expansion module
Power supply output current	0.325 A 5 V for expansion bus 0.12 A 24 V for expansion bus
Discrete input logic	Sink or source (positive/negative)
Discrete input voltage	24 V
Discrete input voltage type	DC
Analogue input resolution	10 bits
LSB value	10 mV
Conversion time	1 ms per channel + 1 controller cycle time for analogue input analog input
Permitted overload on inputs	+/- 30 V DC for 5 min (maximum) for analog input +/- 13 V DC (permanent) for analog input
Voltage state 1 guaranteed	>= 15 V for input
Voltage state 0 guaranteed	<= 5 V for input

Hak Cipta :

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



Lampiran 2 *Datasheet* ATV610U75N4

Product datasheet

Specifications



variable speed drive ATV610 - 1.5
kW / 2HP - 380...415 V - IP20

ATV610U16N4

Main

Range of product	Easy Ativar 610
Product or component type	Variable speed drive
Product specific application	Fan, pump, compressor, conveyor
Device short name	ATV610
Variant	Standard version
Product destination	Asynchronous motors
Mounting mode	Cabinet mount
EMC filter	Integrated conforming to EN/IEC 61800-3 category C3 with 50 m
IP degree of protection	IP20
Type of cooling	Forced convection
Supply frequency	50...60 Hz +/-5 %
Network number of phases	3 phases
[U _s] rated supply voltage	380...460 V - 15...10 %
Motor power kW	1.5 kW for normal duty 0.75 kW for heavy duty
Motor power hp	2 hp for normal duty 1 hp for heavy duty
Line current	5.7 A at 380 V (normal duty) 4.8 A at 460 V (normal duty) 3.1 A at 380 V (heavy duty) 2.6 A at 460 V (heavy duty)
Prospective line Isc	5 kA
Apparent power	3.8 kVA at 460 V (normal duty) 2.1 kVA at 460 V (heavy duty)
Continuous output current	4 A at 4 kHz for normal duty 2.2 A at 4 kHz for heavy duty
Maximum transient current	4.4 A during 60 s (normal duty) 3.3 A during 60 s (heavy duty)
Asynchronous motor control profile	Optimized torque mode Constant torque standard Variable torque standard
Output frequency	0.0001...0.5 kHz
Nominal switching frequency	4 kHz
Switching frequency	2...12 kHz adjustable

Hak Cipta :

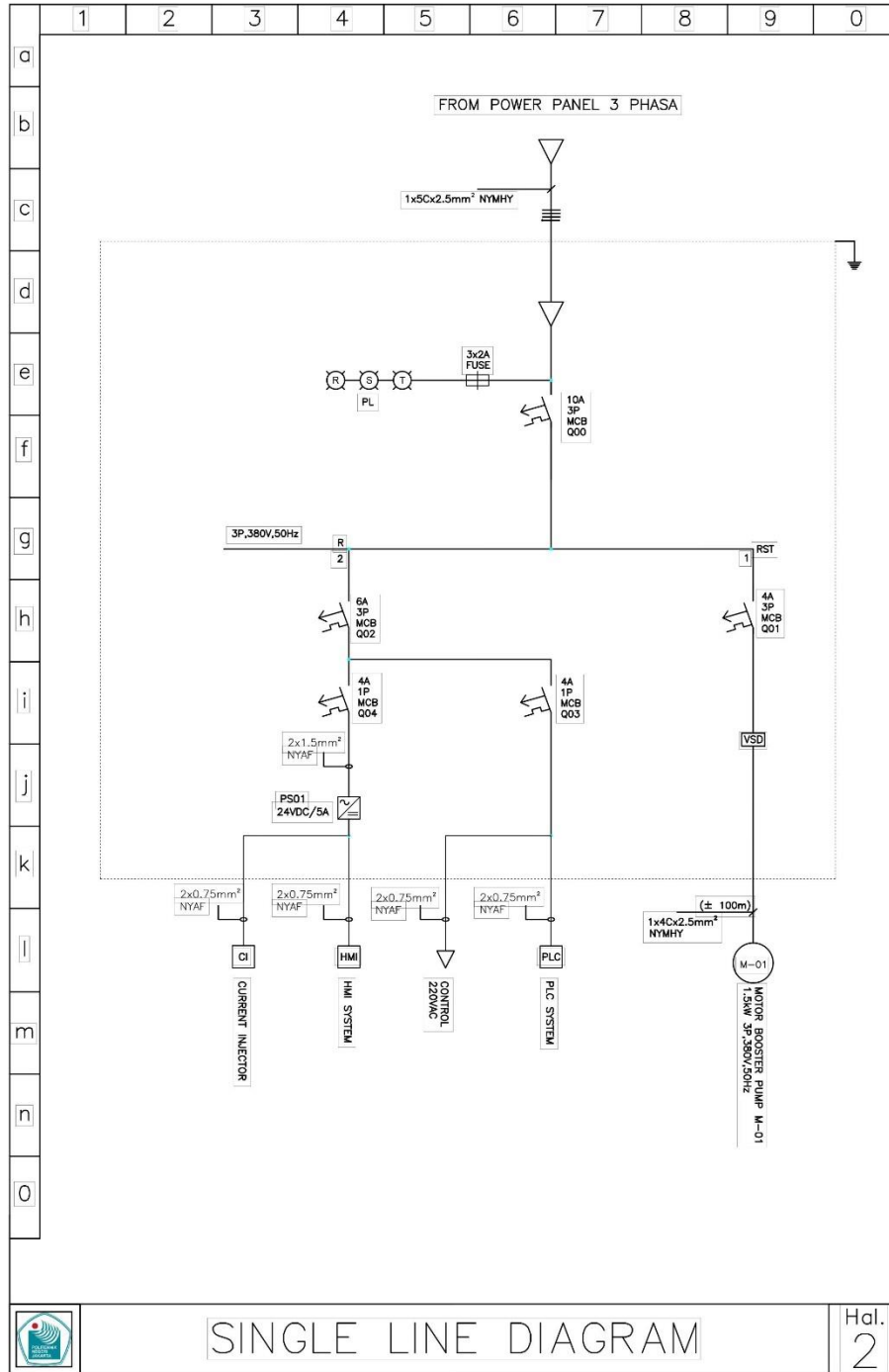
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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 milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 Single Line Diagram

- 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

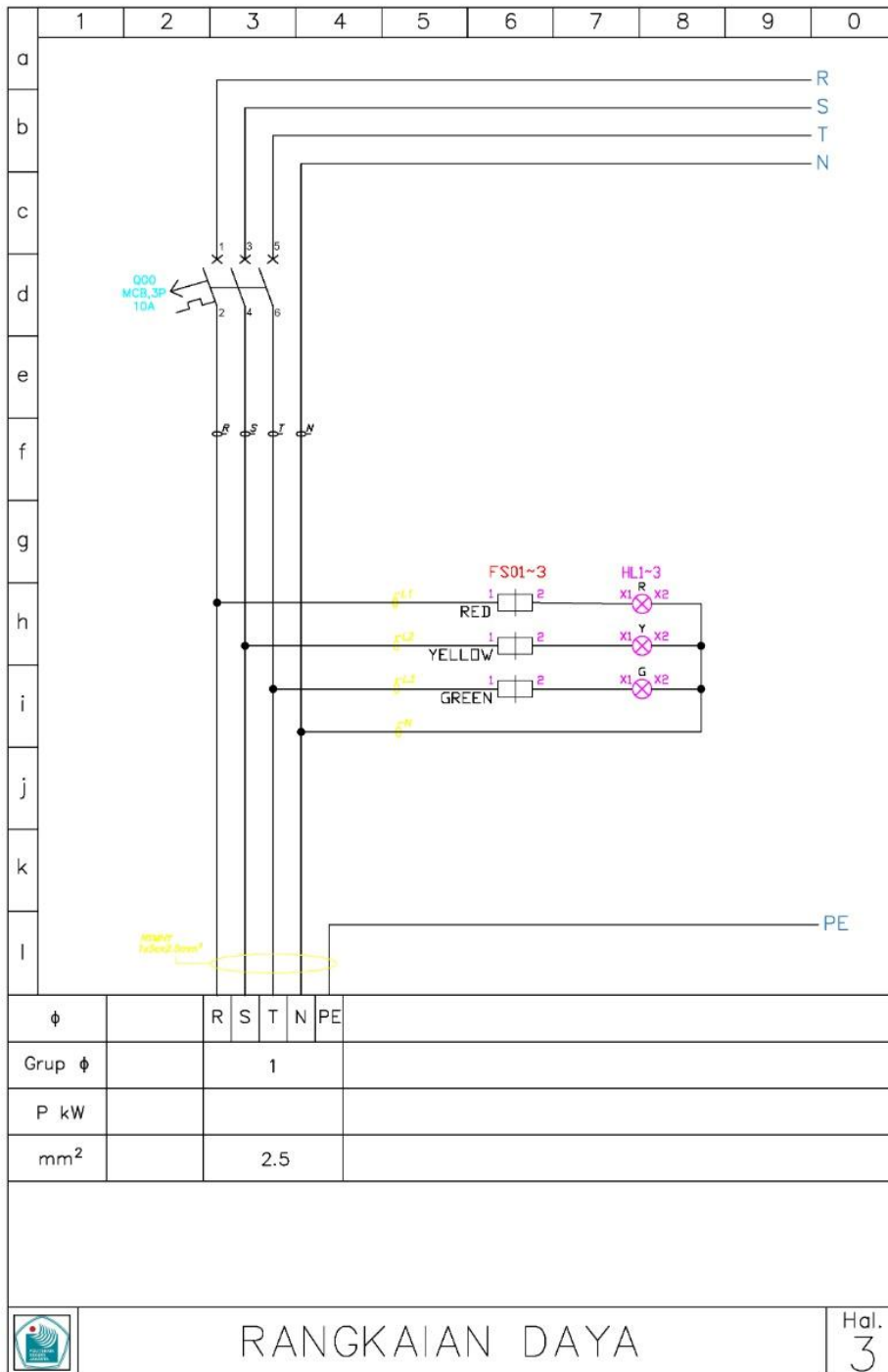




Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4 Rangkaian Daya

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

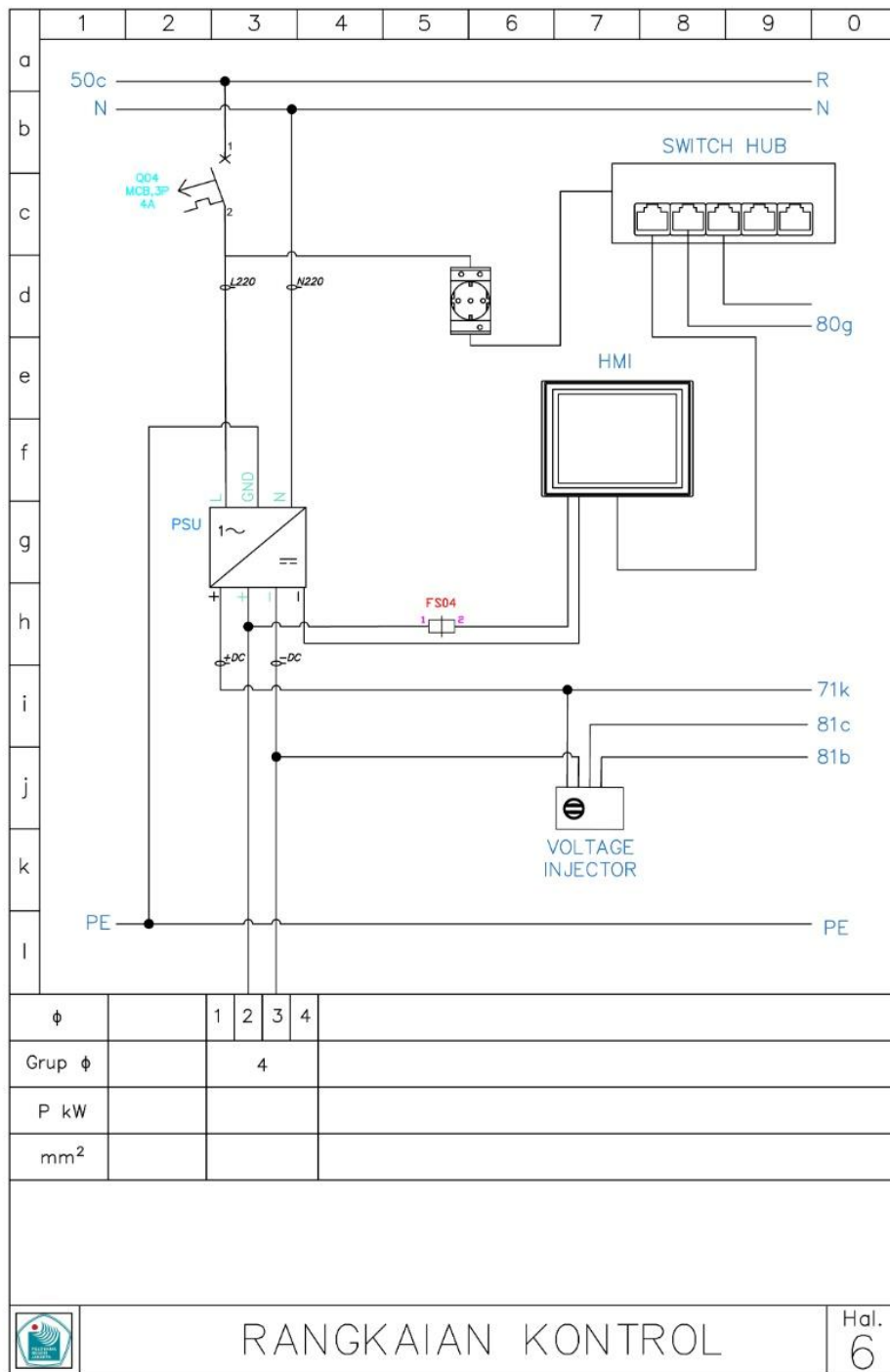




Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5 Rangkaian Kontrol Distribusi 24VDC

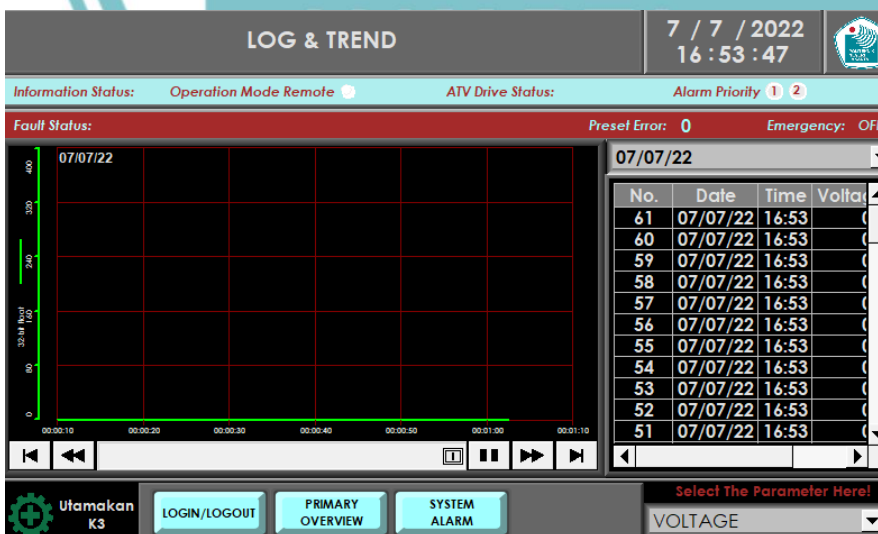
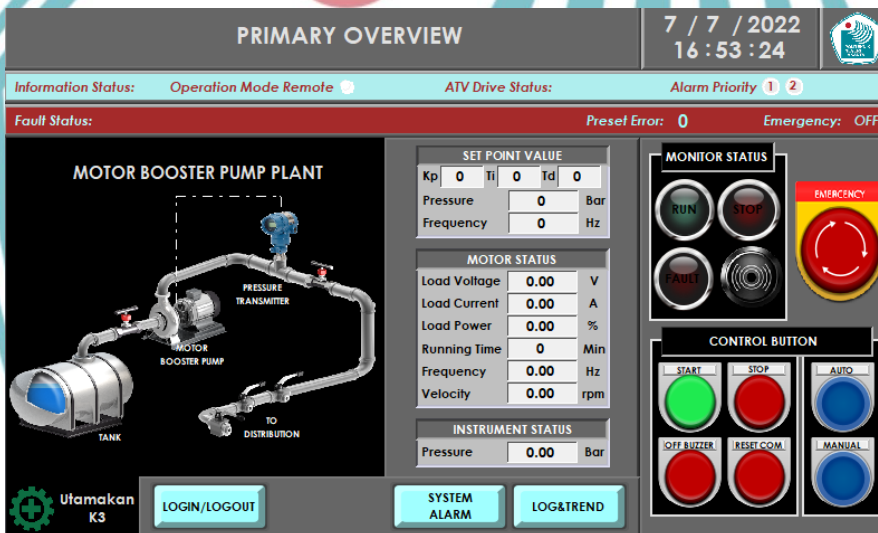
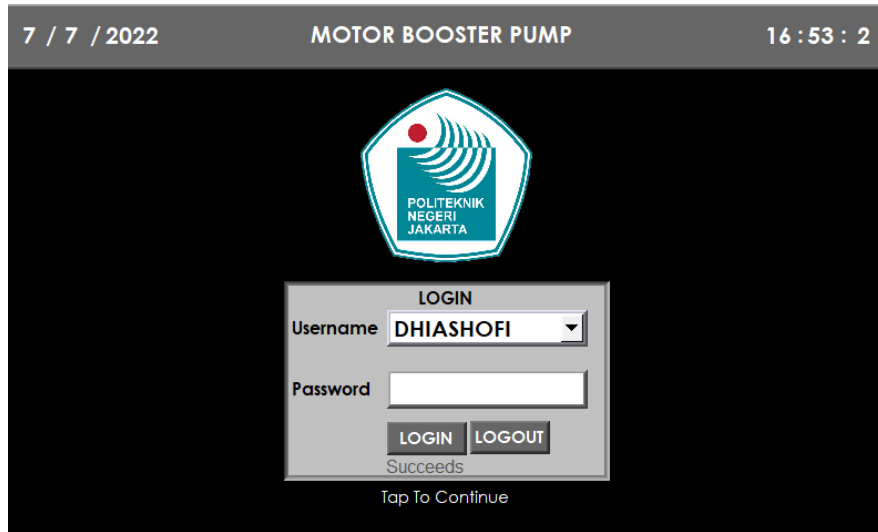
- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan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





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 6 Tampilan HMI

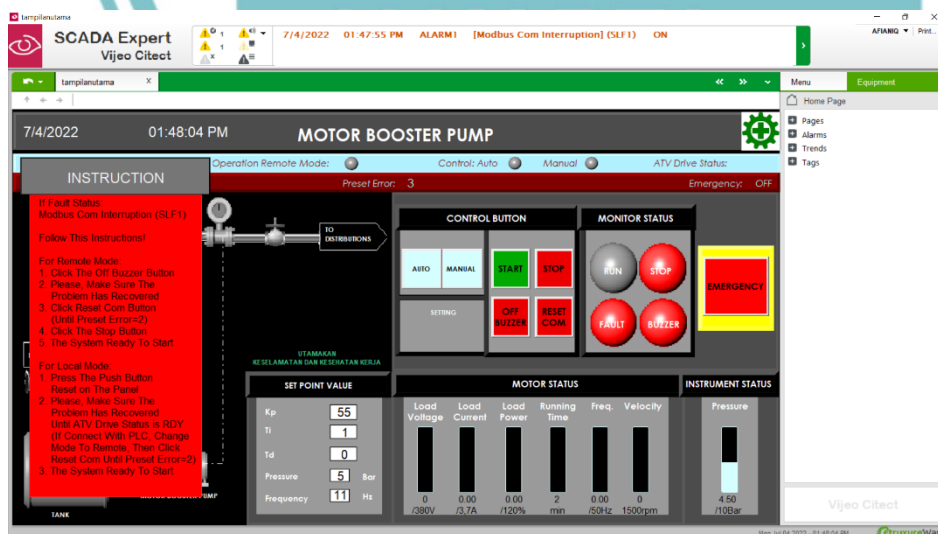
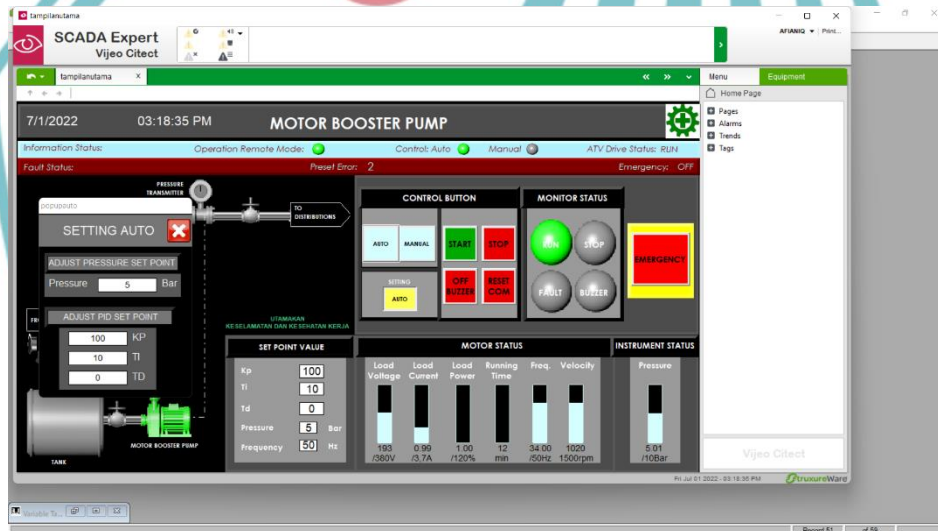
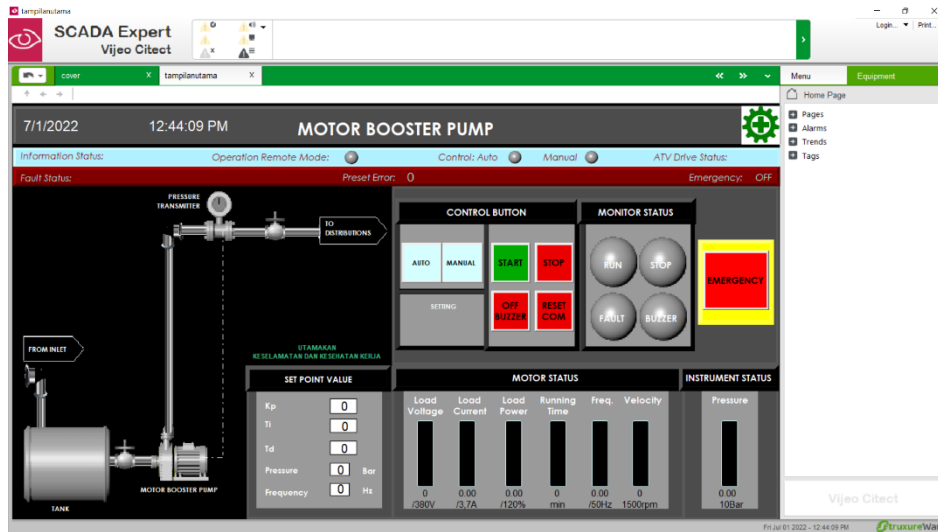


- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan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



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 7 Tampilan SCADA



- 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