



**SIMULASI MANUVER PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH  
PENYULANG TANJUNG JATI B 03 PT PLN (PERSERO) BERBASIS  
ARDUINO MEGA 2560 DENGAN MONITORING VT SCADA 12.1**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan  
Program Studi STr Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri  
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

Disusun Oleh:

**AULIA NURUL YUNIZAH**

**40040619683055**

**PROGRAM STUDI STR TEKNIK LISTRIK INDUSTRI  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI SEKOLAH VOKASI  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**2023**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**LAPORAN TUGAS AKHIR**

SIMULASI *MANUVER* PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH  
PENYULANG TANJUNG JATI B PT PLN (PERSERO) BERBASIS ARDUINO  
MEGA 2560 DENGAN MONITORING VT SCADA 12.1

Diajukan oleh : Aulia Nurul Yunizah  
NIM : 40040619683055

DOSEN PEMBIMBING,

Ir. Saiful Manan, M.T.  
NIP 196104221987031001

Tanggal

Mengetahui  
Ketua  
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri  
Departemen Teknik Industri Sekolah Vokasi  
Universitas Diponegoro

Arkhan Subari, S.T., M.Kom.  
NIP 197710012001121002

Tanggal

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**LAPORAN TUGAS AKHIR**

SIMULASI *MANUVER* PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH  
PENYULANG TANJUNG JATI B PT PLN (PERSERO) BERBASIS ARDUINO  
MEGA 2560 DENGAN MONITORING VT SCADA 12.1

Diajukan oleh : Aulia Nurul Yunizah  
NIM : 40040619683055

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 9 Agustus 2023

Penguji 1

Penguji 2

Penguji 3

Arkhan Subari, S.T., M.Kom

Yuniarto, S.T., M.T.

Ir. Saiful Manan, M.T.

NIP 197710012001121002

NIP 19710615199821001

NIP 196104221987031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri

Departemen Teknik Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro

Arkhan Subari, S.T., M.Kom

NIP 197710012001121002

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Aulia Nurul Yunizah

NIM : 40040619683055

Program Studi : PSD IV Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi  
Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

Judul Tugas Akhir : **SIMULASI MANUVER PADA JARINGAN  
TEGANGAN MENENGAH PENYULANG TANJUNG  
JATI B 03 PT PLN (PERSERO) BERBASIS ARDUINO  
MEGA 2560 DENGAN MONITORING VTSCADA 12.1**

Dengan ini menyatakan bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat di laporan ini yang sudah pernah ditulis dan/atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No.17 Tahun 2010 dan Peraturan Perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 7 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,

Aulia Nurul Yunizah

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Dalam penulisan Tugas Akhir ini tak lepas dari dukungan seluruh pihak. Sehingga Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Komaris dan Ibu Indah Setiawati yang selalu memberikan dukungan serta doa selama penulis menimba ilmu di Program Studi Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Saudara kandung penulis yaitu Noorriwati Agus Wiyatni, Heri Rismayanto, dan Wahyu Hasan Febriyanto yang telah menjadi tempat keluh kesah penulis selama menempuh pendidikan sarjana terapan.
3. Bapak Ir. Saiful Manan, M.T., selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan arahnya dalam pembuatan serta penulisan laporan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom. selaku Ketua Program Studi yang juga membantu penulis dalam penulisan laporan ini.
5. Seluruh dosen beserta karyawan Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri yang telah memberikan ilmu yang berharga kepada penulis.
6. Teman-teman Program Studi Teknik Listrik Industri Kelas Kerjasama PT PLN Universitas Diponegoro Angkatan 2019 yang telah berjuang bersama hingga titik ini.
7. Teman-teman Program Studi Teknik Listrik Industri Angkatan 2019 yang telah banyak membantu penulis selama ini.
8. Kepada seluruh pihak yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir dengan judul “**Simulasi *Manuver* Pada Jaringan Tegangan Menengah PT PLN (Persero) Penyulang Tanjung Jati B 03 Berbasis Arduino Mega 2560 dengan Monitoring VT SCADA 12.1**” Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada Program Studi STr Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini penulis banyak mengalami kesulitan dan hambatan baik yang bersifat teknis maupun non teknis. Oleh karena itu, penulis bersyukur kepada Allah SWT dan penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak yang telah mendukung dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, diantaranya:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan doa dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan laporan ini.
2. Untuk kakak-kakak dan adik yang telah memberikan semangat juga kepada penulis dalam penyelesaian laporan ini.
3. Prof Dr. Ir. Budiyo, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Bapak Arkhan Subari, S.T., M. Kom., selaku Ketua Program Studi STr Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
5. Bapak Ir. Saiful Manan, M.T., selaku Dosen Pembimbing penulis yang telah membimbing penulisan LAPORAN ini dengan sangat baik.
6. Bapak Drs. Eko Ariyanto, M.T., selaku Dosen Wali penulis yang telah membimbing dan memberi ilmu dengan sangat baik.
7. Semua Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Program Studi STr Teknik Listrik Industri yang telah memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis.
8. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar laporan Tugas Akhir ini menjadi lebih baik. Akhir kata penulis memohon maaf apabila ada kekeliruan dalam penyusunan laporan ini. Penulis berharap agar laporan ini dapat memberikan manfaat.

Semarang, 1 Agustus 2023

Yang Membuat Pernyataan

Aulia Nurul Yunizah

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xvii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>19</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2 Perumusan Masalah .....</b>	<b>21</b>
<b>1.3 Tujuan Tugas Akhir .....</b>	<b>21</b>
<b>1.4 Manfaat Tugas Akhir .....</b>	<b>22</b>
1.4.1 Bagi Penulis .....	22
1.4.2 Bagi Masyarakat .....	22
1.4.3 Bagi Lembaga .....	22
<b>1.5 Batasan Masalah .....</b>	<b>22</b>
<b>1.6 Sistematika Tugas Akhir.....</b>	<b>23</b>
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1 Tinjauan Pustaka .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2 Landasan Teori .....</b>	<b>26</b>
2.2.1 Sistem Tenaga Listrik.....	26
2.2.2 Jaringan Distribusi .....	27
2.2.3 <i>Manuver</i> Jaringan .....	29
2.2.4 Gangguan Pada Jaringan Distribusi.....	35
2.2.4 Sistem Proteksi Distribusi Tegangan Menengah .....	38
2.2.5 Syarat Peralatan Proteksi .....	39



2.2.6	<b>Pemutus Tenaga (PMT)</b> .....	41
2.2.7	<i>Recloser</i> .....	42
2.2.8	<i>Load Break Switch (LBS)</i> .....	42
2.2.9	<b>Arduino Mega 2560</b> .....	43
2.2.10	<b>Sensor Tegangan</b> .....	44
2.2.11	<b>Sensor Arus ACS712</b> .....	45
2.2.12	<i>Ethernet Shield</i> .....	47
2.2.14	<b>Catu Daya</b> .....	49
2.2.14	<i>Relay</i> .....	57
2.2.15	<b>Rangkaian Pull Up Internal</b> .....	60
2.2.16	<i>Driver Pilot Lamp ULN2003</i> .....	61
2.2.17	<i>Push Button</i> .....	62
2.2.18	<i>Pilot Lamp</i> .....	65
2.2.20	<b>Aplikasi VTScada 12.1</b> .....	66
2.2.21	<b>Aplikasi Electrical Transient Analyzer Power 16.0.0</b> .....	66
<b>BAB III METODE</b> .....		<b>68</b>
3.1	<b>Perancangan Hardware</b> .....	<b>68</b>
3.1.1	<b>Blok Diagram</b> .....	68
3.1.2	<b>Cara Kerja Setiap Blok</b> .....	70
3.2	<b>Perancangan Software</b> .....	<b>81</b>
3.2.1	<i>Flow Chart</i> .....	81
3.2.2	<b>Cara Kerja Sistem</b> .....	83
3.2.3	<b>Skenario Proses Manuver</b> .....	84
<b>BAB IV PEMBUATAN ALAT SIMULASI MANUVER PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH PENYULANG TANJUNG JATI B 03 PT PLN (PERSERO) BERBASIS ARDUINO MEGA 2560 DENGAN MONITORING VTSCADA 12.1</b> .....		<b>88</b>
4.1	<b>Perencanaan Pembuatan Alat</b> .....	<b>88</b>
4.1.1	<b>Desain Alat Simulasi</b> .....	88
4.1.2	<b>Alat dan Bahan Pembuatan Alat Simulasi</b> .....	89
4.2	<b>Pelaksanaan Pembuatan Rangkaian Elektronika</b> .....	91

<b>4.3</b>	<b>Pembuatan Alat Simulasi .....</b>	<b>96</b>	
<b>BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT SIMULASI MANUVER PADA</b>			
<b>JARINGAN TEGANGAN MENENGAH PENYULANG TANJUNG JATI B</b>			
<b>03 PT PLN (PERSERO) BERBASIS ARDUINO MEGA 2560 DENGAN</b>			
<b>MONITORING VTSCADA 12.1 .....</b>			<b>110</b>
<b>5.1</b>	<b>Pengukuran dan Pengujian.....</b>	<b>110</b>	
<b>5.1.1</b>	<b>Peralatan yang Digunakan.....</b>	<b>110</b>	
<b>5.1.2</b>	<b>Prosedur Pengukuran dan Pengujian.....</b>	<b>110</b>	
<b>5.1.3</b>	<b>Pengukuran Rangkaian.....</b>	<b>111</b>	
<b>5.1.4</b>	<b>Pengujian Keseluruhan Alat.....</b>	<b>117</b>	
<b>5.2</b>	<b>Analisis Pembahasan .....</b>	<b>125</b>	
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>			<b>136</b>
<b>6.1</b>	<b>Kesimpulan.....</b>	<b>136</b>	
<b>6.2</b>	<b>Saran .....</b>	<b>137</b>	
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>			<b>139</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>			<b>143</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Komponen Sistem Tenaga Listrik .....	26
<b>Gambar 2. 2</b> Sistem Pendistribusian Tenaga Listrik .....	28
<b>Gambar 2. 3</b> Gangguan pada Jaringan Tegangan Menengah .....	38
<b>Gambar 2. 4</b> (A) Perangkat Pemutus Tenaga (PMT) (B) Skematik PMT.....	41
<b>Gambar 2. 5</b> (A) Perangkat Recloser (B) Skematik Recloser .....	42
<b>Gambar 2. 6</b> <i>Load Break Switch</i> .....	43
<b>Gambar 2. 7</b> Arduino Mega 2560.....	43
<b>Gambar 2. 8</b> Rangkaian dasar pembagi tegangan.....	45
<b>Gambar 2. 9</b> Sensor Arus ACS712.....	46
<b>Gambar 2. 10</b> <i>Ethernet Shield W5100</i> .....	47
<b>Gambar 2. 11</b> Bagian-bagian <i>Ethernet Shield</i> .....	48
<b>Gambar 2. 12</b> Blok Diagram Catu Daya.....	49
<b>Gambar 2. 13</b> Bentuk Fisik Transformator.....	50
<b>Gambar 2. 14</b> Tipe Inti Kumparan Pada Transformator.....	50
<b>Gambar 2. 15</b> Simbol Transformator.....	50
<b>Gambar 2. 16</b> Fluks Magnet Transformator .....	51
<b>Gambar 2. 17</b> Bentuk dan Simbol Dioda <i>Bridge</i> .....	54
<b>Gambar 2. 18</b> Cara Kerja Dioda <i>Bridge</i> .....	54
<b>Gambar 2. 19</b> Simbol dan Bentuk Fisik Kapasitor.....	55
<b>Gambar 2. 20</b> Gelombang <i>Output Filter</i> Kapasitor.....	56
<b>Gambar 2. 21</b> Modul LM2596.....	56
<b>Gambar 2. 22</b> Skema Rangkaian Modul LM2596.....	57
<b>Gambar 2. 23</b> Konstruksi <i>Relay</i> .....	58
<b>Gambar 2. 24</b> Konstruksi <i>Relay</i> Posisi NC.....	58
<b>Gambar 2. 25</b> Konstruksi <i>Relay</i> Kondisi NO .....	59
<b>Gambar 2. 26</b> Simbol <i>Single Line Relay</i> .....	60
<b>Gambar 2. 27</b> Rangkaian <i>Pull Up</i> .....	61
<b>Gambar 2. 28</b> Contoh Rangkaian <i>Pull Up Internal</i> .....	61
<b>Gambar 2. 29</b> ULN2003 .....	62

<b>Gambar 2. 30</b> Bentuk Fisik <i>Push Button</i> .....	62
<b>Gambar 2. 31</b> Prinsip Kerja <i>Push Button Switch</i> .....	63
<b>Gambar 2. 32</b> <i>Push Button NO</i> .....	64
<b>Gambar 2. 33</b> <i>Push Button NC</i> .....	64
<b>Gambar 2. 34</b> <i>Push Button NO dan NC</i> .....	65
<b>Gambar 2. 35</b> <i>Pilot Lamp</i> Warna Merah dan Hijau.....	65
<b>Gambar 2. 36</b> Wiring <i>Pilot Lamp</i> .....	65
<b>Gambar 2. 37</b> Tampilan Awal <i>Software VTScada 12.1</i> .....	66
<b>Gambar 2. 38</b> Tampilan Awal <i>ETAP 16.0.0</i> .....	67
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram blok .....	69
<b>Gambar 3. 2</b> Rangkaian <i>Catu Daya</i> .....	70
<b>Gambar 3. 3</b> Rangkaian <i>Module relay</i> .....	71
<b>Gambar 3. 4</b> Gambar Rangkaian <i>Driver Pilot Lamp</i> .....	72
<b>Gambar 3. 5</b> Rangkaian <i>Push Button Pull Up Internal</i> .....	73
<b>Gambar 3. 6</b> Rangkaian <i>Sensor Tegangan</i> .....	74
<b>Gambar 3. 7</b> Rangkaian <i>Sensor Arus ACS712</i> .....	75
<b>Gambar 3. 8</b> Rangkaian <i>Arduino Mega 2560</i> .....	77
<b>Gambar 3. 9</b> Rangkaian <i>Beban dan Gangguan</i> .....	79
<b>Gambar 3. 10</b> Tampilan Pada Aplikasi <i>VTScada</i> .....	80
<b>Gambar 3. 11</b> <i>Flow Chart</i> Simulasi.....	82
<b>Gambar 3. 12</b> <i>PMT Trip dan TJB02-24/1 NC</i> .....	85
<b>Gambar 3. 13</b> <i>Recloser Trip dan LBS TJB02-165/19 NC</i> .....	86
<b>Gambar 3. 14</b> <i>LBS Trip dan TJB03-442 NC</i> .....	87
<b>Gambar 4. 1</b> Tampilan Depan Alat Simulasi <i>Manuver</i> .....	88
<b>Gambar 4. 2</b> Desain <i>Schematic</i> Rangkaian <i>Catu Daya</i> .....	93
<b>Gambar 4. 3</b> Desain <i>Schematic</i> Rangkaian <i>Driver Pilot Lamp</i> .....	93
<b>Gambar 4. 4</b> Desain <i>Schematic</i> Rangkaian <i>Sensor Tegangan Pembagi Tegangan</i> .....	94
<b>Gambar 4. 5</b> Desain <i>Schematic</i> Rangkaian <i>Sensor Arus ACS712</i> .....	94
<b>Gambar 4. 6</b> Desain <i>Board</i> untuk rangkain <i>catu daya, driver pilot lamp, sensor</i> <i>tegangan, dan sensor arus ACS712</i> .....	95

<b>Gambar 4. 7</b> Rangkaian Driver Relay .....	95
<b>Gambar 4. 8</b> Pembuatan desain <i>board</i> pada PCB.....	96
<b>Gambar 4. 9</b> Desain <i>board</i> yang sudah siap cetak.....	97
<b>Gambar 4. 10</b> Proses Pengeboran .....	98
<b>Gambar 4. 11</b> Hasil Pembuatan PCB.....	98
<b>Gambar 4. 12</b> Proses Melubangi dan Merakit Alat .....	99
<b>Gambar 4. 13</b> Merapikan Kabel .....	100
<b>Gambar 4. 14</b> Memilih <i>board</i> dan PORT .....	100
<b>Gambar 4. 15</b> Memasukkan <i>library</i> dengan perintah <code>#include</code> .....	101
<b>Gambar 4. 16</b> <i>Script</i> Pemrograman .....	101
<b>Gambar 4. 17</b> Proses Membuka Aplikasi VTScada .....	102
<b>Gambar 4. 18</b> Penambahan <i>file</i> Aplikasi VTScada .....	102
<b>Gambar 4. 19</b> Layar Edit VTScada .....	103
<b>Gambar 4. 20</b> Desain Tampilan SCADA .....	103
<b>Gambar 4. 21</b> Tampilan Menu <i>Tags</i> .....	103
<b>Gambar 4. 22</b> Penambahan <i>tag</i> pada VTScada .....	104
<b>Gambar 4. 23</b> Penambahan <i>IP Address</i> .....	104
<b>Gambar 4. 24</b> Menentukan Jenis Modbus VTScada .....	105
<b>Gambar 4. 25</b> Mengalamatkan <i>Tag Browser</i> dengan <i>Widget</i> .....	105
<b>Gambar 4. 26</b> Hasil Tampilan VTScada yang sudah dibuat.....	106
<b>Gambar 4. 27</b> Tampilan Awal Aplikasi ETAP 16.0.0.....	106
<b>Gambar 4. 28</b> Tampilan Awal Aplikasi ETAP 16.0.0.....	107
<b>Gambar 4. 29</b> Tampilan ETAP .....	107
<b>Gambar 4. 30</b> <i>Setting Library</i> untuk Kabel .....	108
<b>Gambar 4. 31</b> Hasil Pembuatan Program ETAP .....	108
<b>Gambar 4. 32</b> Hasil Simulasi <i>Load Flow</i> .....	109
<b>Gambar 5. 1</b> Titik Ukur Rangkaian Catu Daya.....	112
<b>Gambar 5. 2</b> Titik Ukur Rangkaian <i>Push Button</i> .....	113
<b>Gambar 5. 3</b> Titik Ukur Rangkaian Tegangan .....	116
<b>Gambar 5. 4</b> Alat Simulasi Siap Diuji .....	117
<b>Gambar 5. 5</b> Tampilan Alat Ketika <i>Push Button</i> Gangguan 1 ditekan.....	120

<b>Gambar 5. 6</b> Memperoleh Supply Dari Penyulang TJB02.....	120
<b>Gambar 5. 7</b> Tampilan Alat Ketika Terjadi Gangguan Zona 2 .....	122
<b>Gambar 5. 8</b> Tampilan Alat Ketika Mendapatkan Supply dari Penyulang TJB02 .....	122
<b>Gambar 5. 9</b> Tampilan Alat Ketika <i>Push Button</i> Gangguan 3 Ditekan.....	124
<b>Gambar 5. 10</b> Tampilan Alat Ketika Mendapatkan Supply dari TJB04 .....	125
<b>Gambar 5. 11</b> Hasil Simulasi ETAP .....	128
<b>Gambar 5. 12</b> Desain Simulasi <i>Manuver</i> Antara TJB02, TJB03, dan TJB04 ...	130
<b>Gambar 5. 13</b> PMT TJB03 <i>Trip</i> .....	131
<b>Gambar 5. 14</b> ABSW TJB02-24/1 Dalam Keadaan <i>Normally Open</i> .....	131
<b>Gambar 5. 15</b> <i>Recloser</i> TJB03-58 <i>lock out</i> .....	132
<b>Gambar 5. 16</b> LBS TJB02-165/19 <i>Normally Close</i> .....	133
<b>Gambar 5. 17</b> LBS TJB03-198 <i>Trip</i> .....	134
<b>Gambar 5. 18</b> Hasil Simulasi LBS TJB03-442 <i>Normally Close</i> .....	135

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2- 1</b> Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	44
<b>Tabel 2- 2</b> Fungsi Pin Sensor Arus ACS712.....	47
<b>Tabel 3- 1</b> Penggunaan Pin Digital <i>Input</i> dan <i>Output</i> Arduino Mega2560.....	77
<b>Tabel 3- 2</b> Penggunaan Pin <i>Analog Input</i> Arduino Mega2560 .....	78
<b>Tabel 4- 1</b> Daftar Alat yang Dibutuhkan Dalam Pembuatan Alat Simulasi.....	89
<b>Tabel 4- 2</b> Daftar Bahan Pembuatan Rangkaian Alat Simulasi .....	89
<b>Tabel 4- 3</b> Daftar Komponen Rangkaian Catu Daya.....	92
<b>Tabel 4- 4</b> Daftar Komponen Rangkaian <i>Driver Pilot Lamp</i> .....	92
<b>Tabel 4- 5</b> Daftar Komponen Rangkaian Pembagi Tegangan.....	92
<b>Tabel 4- 6</b> Daftar Komponen Rangkaian Sensor Arus ACS712 .....	93
<b>Tabel 4- 7</b> Daftar Komponen Pada Rangkaian Beban dan Gangguan .....	96
<b>Tabel 5- 1</b> Data Hasil Pengukuran Tegangan <i>Input</i> dan <i>Output</i> Rangkaian Catu Daya.....	112
<b>Tabel 5- 2</b> Data Hasil Pengukuran Tegangan <i>Input</i> dan <i>Output</i> Rangkaian <i>Push Button</i> .....	113
<b>Tabel 5- 3</b> Data Hasil Pengukuran Rangkaian Sensor Tegangan.....	116
<b>Tabel 5- 4</b> Pembacaan Arus pada Alat Ukur dan SCADA.....	118
<b>Tabel 5- 5</b> Data Hasil Pengujian Gangguan Pada Zona 1 .....	119
<b>Tabel 5- 6</b> Data Hasil Pengujian Gangguan Zona 2 .....	121
<b>Tabel 5- 7</b> Data Hasil Pengujian Gangguan Pada Zona 3 .....	123
<b>Tabel 5- 8</b> Data Penyulang TJB03 .....	125
<b>Tabel 5- 9</b> Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan Secara Manual.....	127
<b>Tabel 5- 10</b> Data <i>Input</i> ETAP 16.0.0.....	127
<b>Tabel 5- 11</b> Data Hasil Simulasi ETAP.....	128
<b>Tabel 5- 12</b> Perbandingan Hasil Perhitungan Manual dan Simulasi ETAP.....	129
<b>Tabel 5- 13</b> Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan.....	130
<b>Tabel 5- 14</b> Hasil Simulasi Ketika TJB02-24/1 <i>Normally Close</i> .....	132
<b>Tabel 5- 15</b> Hasil Simulasi Ketika TJB02-165/19 <i>Normally Close</i> .....	133
<b>Tabel 5- 16</b> Hasil Simulasi Ketika LBS TJB03-442 <i>Normally Close</i> .....	135

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Program Arduino .....	143
<b>Lampiran 2.</b> Hasil <i>Report</i> ETAP Ketika Kondisi Normal.....	153
<b>Lampiran 3.</b> Hasil <i>manuver</i> 1 yaitu PMT <i>trip</i> dan ABSW TJB02-24/1 NC.....	154
<b>Lampiran 4.</b> Hasil <i>Manuver</i> 2 Ketika <i>recloser</i> <i>lockout</i> dan LBS TJB02-165/19 NC .....	155
<b>Lampiran 5.</b> Hasil <i>Manuver</i> 3 Ketika LBS TJB03-198 <i>trip</i> dan LBS TJB3-442 NC. .....	156
<b>Lampiran 6.</b> Bukti Fisik Laporan Tugas Akhir .....	157
<b>Lampiran 7.</b> Rangkaian Secara Keseluruhan .....	161
<b>Lampiran 8.</b> <i>Datasheet</i> Arduino Mega 2560.....	162
<b>Lampiran 9.</b> <i>Datasheet Ethernet Shield</i> .....	179
<b>Lampiran 10.</b> <i>Datasheet</i> Modul <i>Relay</i> 4 <i>Channel</i> .....	182
<b>Lampiran 11.</b> <i>Datasheet</i> Sensor Arus ACS712.....	184
<b>Lampiran 12.</b> Logbook.....	189



## ABSTRAK

Suatu sistem proteksi diperlukan pada jaringan distribusi guna menjaga jaringan supaya tetap dalam keadaan handal. Tujuan adanya peralatan proteksi dalam suatu jaringan distribusi adalah untuk meminimalisir kerusakan yang terjadi pada sistem. Selain itu peralatan proteksi juga berguna untuk meminimalisir terjadinya gangguan agar tidak semakin meluas sehingga dapat mengurangi daerah padam. Dikarenakan fungsinya tersebut, tentu diperlukan *manuver* jaringan yang mana menggunakan peralatan proteksi untuk mencegah terjadinya gangguan semakin meluas.

Untuk mempermudah pembelajaran mengenai *manuver* jaringan, dalam tugas akhir ini dibuat alat simulasi *manuver*. Alat ini menggunakan mikrokontroler berupa Arduino Mega 2560, *relay 4 channel* 12 VDC, sensor arus ACS712, serta sensor tegangan pembagi tegangan. Kemudian digunakan SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) yang mana berfungsi sebagai *monitoring* dan *controlling* jarak jauh secara *remote*.

Hasil dari percobaan yang dilakukan pada alat simulasi ini diperoleh bahwa PMT di-*setting* dengan besar arus 0,5 A, *recloser* di-*setting* dengan besar arus 0,5 A, dan LBS di-*setting* dengan besar arus 0,4 A. Dari alat simulasi ini dapat disimpulkan bahwa apabila terjadi gangguan pada zona 1, maka PMT akan bekerja. Berlaku juga dengan gangguan pada zona 2 dan 3 yang mana nantinya *recloser* dan LBS yang akan bekerja.

Kata kunci: *Manuver*, PMT, *Recloser*, SCADA

## **ABSTRACT**

*A protection system is needed on the distribution system to keep the network in a reliable state. The purpose of having protection equipment in a distribution network is to minimize damage to the system. In addition, protection system also useful for minimizing the occurrence of disturbances so that they do not become more widespread so as to reduce blackout areas. Due to the function of protection system, it is necessary to maneuver the network which uses protection equipment to prevent the occurrence of widespread disturbances.*

*For learning activities about maneuver, the writer made a maneuver simulation for final project. This simulation project using Arduino Mega 2560 as microcontroller, 4 channel 12 VDC relays, ACS712 as current sensors, and voltage sensor. And also using SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) is used as remote for monitoring and controlling.*

*The results of this final project is PMT set with a current of 0.7 A, the recloser is set with a current of 0.5 A, and the Load Break Switch (LBS) is set with a current of 0.4 A. From this simulation, it can be concluded that if there is a disturbance in zone 1, the PMT will work. This also applied to disturbances in zones 2 and 3 where recloser and LBS will work.*

*Keywords: maneuver, PMT, Recloser, LBS, SCADA*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan penting bagi masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Mengingat keberadaannya yang sangat penting tersebut, diharapkan penyediaan energi listrik dapat stabil dan terus-menerus. Oleh karena itu faktor keandalan dan keamanan distribusi tenaga listrik harus diperhatikan dan dijalankan dengan baik oleh perusahaan penyedia tenaga listrik, dalam hal ini adalah PT Perusahaan Listrik Negara (PLN). Keandalan pada sistem distribusi yang dimaksud adalah ukuran tersedianya pasokan listrik dan seberapa sering terjadi pemadaman listrik serta berapa lama pemadaman terjadi (berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan kondisi pemadaman). Dalam hal ini kualitas energi listrik yang dihasilkan berupa tingkat kestabilan frekuensi dan tegangan.

Keandalan sistem distribusi sangat diperlukan oleh pemasok tenaga listrik maupun pemakai tenaga listrik. Sementara itu kondisi secara riil di lapangan, masih terdapat pemadaman listrik yang disebabkan oleh adanya gangguan karena cuaca, pepohonan, binatang, dan hal lainnya. Oleh karena itu PT PLN (Persero) harus memiliki sistem proteksi tenaga listrik yang dapat diandalkan guna menunjang kontinuitas dan meminimalisir daerah yang padam. Selain untuk meminimalisir terjadinya perluasan yang disebabkan oleh gangguan, sistem proteksi juga digunakan sebagai pelindung peralatan serta wilayah yang diprioritaskan, sehingga peralatan dan wilayah tersebut dapat terjaga dari gangguan.

*Manuver* jaringan distribusi merupakan suatu proses pelimpahan beban untuk menghindari pemadaman luas dan mengurangi waktu pemadaman. *Manuver* jaringan sendiri bersifat sementara dengan menutup (memasukkan) atau membuka (melepas) peralatan-peralatan proteksi atau *switching* seperti ABSW, LBS, dan PMT.

Peralatan proteksi pada proses pendistribusian tenaga listrik jaringan tegangan menengah diantaranya pemutus tenaga (PMT), *recloser*, *load break*

*switch* (LBS), dan *fuse cut out* (FCO). Peralatan proteksi tersebut harus tercipta koordinasi antar peralatan proteksi untuk meningkatkan sistem keandalan jaringan agar pada saat terjadi gangguan, wilayah yang terkena gangguan tersebut tidak meluas [1].

Teknologi yang sudah berkembang dengan pesat juga berdampak positif pada perusahaan industri untuk dapat memperbaiki peralatannya sehingga menjadi lebih mudah dalam penggunaannya. Teknologi industri yang saat ini sedang gencar diterapkan adalah sistem kontrol dan otomasi. PT PLN (Persero) sendiri juga sudah mulai menerapkan sistem kontrol dan otomasi berupa penggunaan SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). SCADA merupakan suatu sistem yang dapat melakukan pengawasan, pengendalian, dan akuisisi data terhadap suatu *plant* [2]. Sehingga SCADA memiliki fungsi *monitoring* dan *controlling* peralatan dengan jarak jauh [3]. Oleh karena itu, sistem ini juga dilengkapi oleh *Human Machine Interface* dengan menggunakan *software* VTScada untuk menampilkan hasil pengukuran. Sehingga arus dan tegangan dapat di-*monitoring*.

Dalam penggunaan SCADA, tentu membutuhkan mikrokontroler yang berfungsi untuk mempermudah otomatisasi dan sistem kontrol. Mikrokontroler yang mudah dalam penerapannya adalah Arduino dengan spesifikasi Arduino Mega 2560. Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega2560 yang memiliki 54 pin input/output digital (15 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 16 input analog, 4 UART, (port serial perangkat keras), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, header ICSP, dan tombol reset [4].

Peran saklar pada peralatan proteksi sangatlah penting. Oleh karenanya dalam Tugas Akhir ini penulis ingin menyimulasikan suatu proses *manuver* yang dilakukan di Jaringan Tegangan Menengah yang saat ini sedang diterapkan di jaringan distribusi ULP Bangsri pada penyulang Tanjung Jati B 3. Penulis akan menjelaskan tentang mekanisme sistem kerja proteksi dalam *manuver*. Hal ini memiliki tujuan dalam menjaga keandalan sistem saat terjadinya gangguan pada jaringan distribusi ULP Bangsri.

Dengan latar belakang di atas, maka penulis tertarik untuk merancang dan membuat tugas akhir dengan judul **“SIMULASI MANUVER PADA JARINGAN**

## **TEGANGAN MENENGAH PENYULANG TANJUNG JATI B 03 PT PLN (PERSERO) BERBASIS ARDUINO MEGA 2560 DENGAN MONITORING VTSCADA 12.1”.**

### **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan yang akan diselesaikan dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. *Manuver* jaringan dilakukan untuk mengurangi wilayah pemadaman dengan cara memindahkan beban ke penyulang lain. Dalam pelaksanaan *manuver* diperlukan peralatan proteksi yang handal untuk memindahkan beban.
2. Peralatan proteksi dapat bekerja ketika terjadi gangguan ketika keduanya merasakan arus gangguan. Pada PMT dan LBS ketika merasakan arus gangguan akan hilang tegangan sedangkan pada *recloser* jika merasakan arus gangguan akan menutup kembali sesuai waktu setting *recloser* sebelum kemudian trip ketika merasakan arus gangguan yang kedua kalinya atau lebih (sesuai dengan setting).
3. *Monitoring* dan *controlling* arus dan tegangan pada peralatan proteksi PMT *outgoing*, *recloser*, dan LBS di jaringan distribusi PT PLN (Persero) sudah menggunakan SCADA sehingga dapat dimonitor jarak jauh oleh UP2D maupun *dispatcher* masing-masing Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan Kudus.

### **1.3 Tujuan Tugas Akhir**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Dapat membuat alat Simulasi *Manuver* Jaringan Tegangan Menengah dengan menggunakan VT SCADA 12.1 berbasis Arduino Mega 2560.
2. Dapat memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar Sarjana Terapan di Program Studi Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

## 1.4 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah:

### 1.4.1 Bagi Penulis

1. Menerapkan ilmu dan teori yang telah dipelajari selama duduk di bangku perkuliahan.
2. Memahami tentang koordinasi sistem proteksi Jaringan Tegangan Menengah pada jaringan distribusi berbasis Arduino Mega 2560 menggunakan VTScada 12.1
3. Menyelesaikan tugas untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan di Program Studi Diploma IV Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

### 1.4.2 Bagi Masyarakat

Dengan adanya alat ini, diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat untuk menambah pengetahuan tentang sistem koordinasi proteksi pada jaringan tegangan menengah.

### 1.4.3 Bagi Lembaga

1. Dapat menjadi referensi pembelajaran khususnya bagi mahasiswa Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang sedang menempuh pendidikan di bangku perkuliahan.
2. Dapat memberikan ide kepada PT PLN (Persero) untuk menerapkan peralatan ini untuk simulasi koordinasi proteksi pada jaringan tegangan menengah.

## 1.5 Batasan Masalah

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, pembahasan masalah hanya dibatasi pada hal-hal berikut

1. Simulasi *manuver* ketika terjadinya arus lebih pada penyulang Tanjung Jati B 03 PT PLN (Persero) Unit Layanan Bangsri.
2. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega 2560.
3. Simulasi *manuver* ini menggunakan relai SPDT (*Single Pole Double Through*).

4. Sensor arus menggunakan sensor ACS712 yang berfungsi untuk *monitoring* arus beban dan sebagai *setting* proteksi ketika terdapat arus lebih.
5. Sensor tegangan menggunakan prinsip pembagi tegangan yang berfungsi untuk *monitoring* tegangan pada jaringan.
6. *Monitoring* arus dan tegangan serta *controlling* peralatan *switching* pada jaringan untuk melakukan *manuver* dengan menggunakan VTSCADA 12.1.
7. Pembahasan alat simulasi ini yaitu untuk mengetahui peralatan *switching* dapat bekerja sesuai wilayah kerjanya dan dapat melakukan *manuver* jaringan ketika terbaca beban berlebih pada suatu *section*.
8. Analisis yang akan dibahas adalah *drop* tegangan pada alat simulasi maupun pada simulasi yang dilakukan pada aplikasi ETAP 16.0.0. Hasilnya akan dibandingkan untuk mengetahui skala yang digunakan pada alat simulasi ini.

## **1.6 Sistematika Tugas Akhir**

Demi terwujudnya penulisan laporan yang baik, maka diperlukan sistematika penulisan laporan Tugas Akhir. Sistematika dari penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

**HALAMAN JUDUL**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SURAT PERNYATAAN KEASLIAN**

**BERITA ACARA UJIAN**

**HALAMAN PERSEMBAHAN**

**ABSTRAKS**

***ABSTRACT***

**KATA PENGANTAR**

**DAFTAR ISI**

**DAFTAR TABEL**

**DAFTAR LAMPIRAN**

**BAB I           PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisi tentang latar belakang pembuatan Tugas Akhir, perumusan masalah Tugas Akhir, Tujuan Tugas Akhir, Manfaat

Tugas Akhir, Pembatasan Masalah Tugas Akhir, serta sistematika Tugas Akhir.

**BAB II LANDASAN TEORI**

Pada bab ini berisi tentang tinjauan pustaka serta dasar teori yang digunakan pada pembuatan Tugas Akhir ini.

**BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR**

Bab ini berisi tentang bagaimana perancangan Tugas Akhir yang akan disusun, mulai dari perancangan *hardware* maupun perancangan *software*. Bab ini juga menyajikan secara lengkap setiap langkah eksperimen yang dilakukan dalam penelitian seperti bahan, peralatan, prosedur pengumpulan data, analisis dan rancangan sistem, implementasi, pengolahan data, dan analisis hasil.

**BAB IV PEMBUATAN ALAT**

Pada bab ini menjelaskan mekanisme pembuatan alat dari mulai awal bahan sampai menjadi alat yang dapat beroperasi.

**BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT**

Bab ini adalah proses akhir dari pembuatan alat Tugas Akhir, yaitu pengujian alat yang telah dirancang. Pada bab ini berisi pengukuran dan pengujian alat Tugas Akhir serta terdapat analisa.

**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini memuat secara singkat tentang hasil penelitian yang sudah diperoleh. Di dalam bab ini berisi kesimpulan yang disajikan secara singkat dan jelas serta saran.

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**