

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
ABSTRAK	xxiii
<i>ABSTRACT</i>	xxiv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.4 Manfaat Tugas Akhir.....	4
1.5 Pembatasan Masalah	4
1.6 Keaslian Tugas Akhir	4
1.7 Sistematika Penyusunan Tugas Akhir	5

BAB II. LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	8
2.2.1.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik di Jawa Tengah dan DIY9	
2.2.2 SCADA Distribusi 20 kV	10
2.2.3 RTU (<i>Remote Terminal Unit</i>)	13
2.2.3.1 <i>Remote Terminal Unit</i> Pada Gardu Induk	14
2.2.3.2 Panel RTU pada Distribusi 20 kV	15
2.2.4 Diagram Blok Panel RTU SCADA untuk <i>Outgoing</i> 20 kV ...	15
2.2.4.1 <i>Digital Input/Output Board</i>	16
2.2.5 Panel <i>Outgoing</i> /Kubikel SCADA 20 kV	17
2.2.5.1 Pengertian Kubikel.....	17
2.2.6 Pemutus Tenaga	18
2.2.7 <i>Digital Power Meter ION 6200</i>	18
2.2.8 <i>Power Supply Unit</i>	19
2.2.8.1 Transformator.....	21
2.2.8.2 Penyearah.....	22
2.2.8.3 Filter (Penyaring)	24
2.2.8.4 <i>Voltage Regulator</i>	25
2.2.9 <i>Auxiliary Relay 12 VDC</i>	26
2.2.10 ULN 2803	28
2.2.11 Arduino Mega 2560	28
2.2.11.1 Catu Daya Arduino.....	32

2.2.12	Pemrograman Bahasa C	33
2.2.13	Pembuatan Program Dengan Aplikasi Arduino IDE	34
2.2.14	Komunikasi.....	37
2.2.15	<i>Arduino Ethernet Shield</i>	38
2.2.16	<i>RS 485 Shield</i>	39
2.2.17	Router	39
2.2.18	Mini PC	42
2.2.19	Modbus Protokol.....	43
2.2.19.1	Modbus TCP/IP	45
2.2.20	VTScada 11.2	46

BAB III IMPLEMENTASI IED (*INTELLIGENT ELECTRONICS DEVICE*)
DIGITAL POWER METER ION 6200 DAN SCADA PADA SIMULASI PANEL
 RTU (*REMOTE TERMINAL UNIT*) *OUTGOING* 20 KV BERBASIS *ARDUINO*
MEGA 2560

3.1	Blok Diagram Sistem	49
3.1.1	Blok Diagram	51
3.1.2	Cara Kerja	52
3.1.3	Diagram Alir (<i>Flowchart</i>).....	54
3.2	Skema Rangkaian	56
3.3	Perancangan Perangkat Keras	58
3.3.1	Rangkaian <i>Driver relay</i>	59
3.3.2	Rangkaian <i>Pulldown</i>	60
3.3.3	Rangkaian Relai Status	61
3.3.4	Rangkaian <i>Interlock Earth switch – Rack in / out</i>	62

3.3.5	Rangkaian <i>Interlock</i> Relai PMT	63
3.3.6	<i>Power Meter ION 6200</i> sebagai Sensor Arus dan Tegangan	63
3.3.6.1	<i>Setting CT dan PT Power Meter</i>	64
3.3.7	Arduino Mega 2560.....	67
3.3.8	Penarikan Status (<i>Telesignalling</i>).....	68
3.3.9	Kontrol Panel <i>Outgoing</i> 20 KV.....	69
3.4	Perangkat Lunak Untuk <i>VT SCADA</i>	69
3.4.1	Komunikasi Data <i>Arduino</i> ke <i>Personal Komputer</i>	69
3.5	Sistem <i>Monitoring</i> dan <i>Controlling</i> Simulasi Alat	73
3.5.1	Desain Tampilan Sistem <i>Monitoring, Controlling, dan Metering</i>	73
4.	Kesulitan-kesulitan Pembuatan Tugas Akhir	77

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT IMPLEMENTASI IED
(*INTELLIGENT ELECTRONICS DEVICE*) *DIGITAL POWER METER ION 6200*
DAN *SCADA* PADA SIMULASI PANEL RTU (*REMOTE TERMINAL UNIT*)
OUTGOING 20 KV BERBASIS *ARDUINO MEGA 2560*

4.1	Peralatan Bahan.....	78
4.2	Bahan dalam Pembuatan Tugas Akhir	79
4.3	Pembuatan Perangkat Keras	81
4.3.1	Bahan Rangkaian	81
4.3.1.1	Rangkaian <i>Pull Down</i>	81
4.3.1.2	Rangkaian <i>Driver Relay</i>	82
4.3.2	Membuat Rangkaian PCB	82

4.3.3	Pembuatan Panel dan Rangkaian Keseluruhan.....	86
4.3.3.1	Rancangan Panel Alat	86
4.3.3.2	Desain Tampilan Depan Panel.....	87
4.3.3.3	Perancangan Rangkaian Keseluruhan	88
4.4	Pembuatan Perangkat Lunak.....	94
4.4.1	Pembuatan Pemrograman Arduino	94
4.4.2	Pembuatan Pemrograman <i>HMI</i>	98
4.4.2.1	Pembuatan <i>VT SCADA</i>	98
4.4.2.2	Pengalamatan Pada <i>VT SCADA</i>	103
4.4.2.3	Pengoneksian Dengan Modscan.....	109

BAB V PENGUKURAN DAN PERCOBAAN ALAT

5.1	Pengukuran	111
5.1.1	Alat Pengukuran.....	111
5.1.2	Bahan Pengukuran Alat	112
5.2	Prosedur Pengukuran dan Percobaan	112
5.3	Pengukuran Rangkaian	113
5.3.1	Pengukuran <i>Power Supply Unit</i>	113
5.3.2	Pengukuran Step Down DC to DC.....	114
5.3.3	Pengukuran Rangkaian <i>Driver Relay</i>	115
5.3.4	Pengukuran Rangkaian <i>Pull Down</i>	116
5.4	Percobaan dan Pengujian Keseluruhan Alat.....	117
5.4.1	Komunikasi PC dengan Arduino	117
5.4.2	Pengujian <i>Telesignaling</i>	120
5.4.3	Pengujian <i>Telecontrolling</i>	123

5.4.4	Pengujian <i>Telemetry</i>	124
5.4.4.1	Pengukuran Menggunakan <i>IED Power Meter</i> dan Tampilan Pada HMI.....	124
5.4.4.2	Pengukuran Menggunakan AVO Meter.....	126
5.4.4.3	Perhitungan Arus Beban.....	127
5.4.5	Perbandingan Pengukuran dan Perhitungan Arus Beban..	127
 BAB VI PENUTUP		
6.1	Kesimpulan	129
6.2	Saran	130
DAFTAR PUSTAKA		132
 LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Distribusi Jateng dan DIY	9
Gambar 2.2	Skema <i>Telemetry</i> SCADA	11
Gambar 2.3	Skema <i>Telesignaling Single</i>	12
Gambar 2.4	Skema <i>Telesignaling Double</i>	12
Gambar 2.5	Skema <i>Telecontrolling</i>	13
Gambar 2.6	<i>Remote Terminal Unit Scout</i>	14
Gambar 2.7	Integrasi RTU di Gardu Induk	15
Gambar 2.8	Blok Diagram Panel RTU pada Distribusi 20 kV.....	16
Gambar 2.9	RTU dan <i>Digital Input/Output</i>	17
Gambar 2.10	Pemutus Tenaga PMT Kubikel 20 KV.....	18
Gambar 2.11	<i>Power Meter ION 6200</i>	19
Gambar 2.12	<i>Power Supply Unit</i>	20
Gambar 2.13	<i>Power Supply Linier</i>	20
Gambar 2.14	Blok Diagram <i>Power Supply</i>	21
Gambar 2.15	Tarnsformator <i>Step Down</i>	22
Gambar 2.16	Blok Diagram Penyearah.....	22
Gambar 2.17	Gambar Rangkaian Penyearah.....	23
Gambar 2.18	Gambar Gelombang Tegangan AC dan DC	23
Gambar 2.19	Alur Arus pada Rangkaian <i>Rectifier</i> dan Gambar Gelombang Hasil Keluaran Kapasitor.....	24
Gambar 2.20	<i>Filter</i> dan bentuk gelombang setelah di <i>filter</i>	25

Gambar 2.21	Rangkaian dasar IC <i>Voltage Regulator</i>	25
Gambar 2.22	Prinsip <i>Regulator</i> Tegangan dan Dioda Zener.....	26
Gambar 2.23	Prinsip Kerja <i>Relay Double Pole Double Throw</i>	28
Gambar 2.24	ULN2803	28
Gambar 2.25	Arduino Mega 2560.....	31
Gambar 2.26	Aplikasi <i>Arduino IDE</i>	35
Gambar 2.27	Tampilan Utama Aplikasi <i>Arduino IDE</i>	35
Gambar 2.28	Pemilihan Board yang digunakan pada <i>Arduino IDE</i>	36
Gambar 2.29	Tombol <i>Upload</i>	36
Gambar 2.30	Program Berhasil Dikirim.....	37
Gambar 2.31	Program Gagal Dikirim	37
Gambar 2.32	<i>Ethernet Shield</i>	38
Gambar 2.33	RS 485 <i>Shield</i>	49
Gambar 2.34	<i>Router</i>	40
Gambar 2.35	Konfigurasi Hubungan <i>Router</i> dan Komputer.....	41
Gambar 2.36	Mini PC.....	42
Gambar 2.37	VTScada 11.2.....	47
Gambar 2.38	Tampilan VTScada <i>Application Manager</i>	48
Gambar 3.1	Blok Diagram Sistem	51
Gambar 3.2	<i>Flowchart</i> Rangkaian	54
Gambar 3.3	Skema Rangkaian.....	56
Gambar 3.4	Rangkaian Keseluruhan.....	58
Gambar 3.5	Rangkaian Driver Relay	59
Gambar 3.6	Rangkaian Pull Down.....	60

Gambar 3.7	Rangkaian Relay Status.....	61
Gambar 3.8	Rangkaian <i>Interlock</i> ESW dan <i>Rack-In</i>	62
Gambar 3.9	Rangkaian <i>Interlock</i> Relay PMT.....	63
Gambar 3.10	<i>Overview Power Meter ION 6200</i>	64
Gambar 3.11	Tampilan Awal <i>Power Meter ION 6200</i>	64
Gambar 3.12	Tampilan <i>Set Up Power Meter ION 6200</i>	65
Gambar 3.13	Tampilan <i>Set Up CT Power Meter ION 6200</i>	65
Gambar 3.14	Tampilan <i>Set Up Rasio CT Power Meter ION 6200</i>	66
Gambar 3.15	Tampilan <i>Set Up Rasio PT Power Meter ION 6200</i>	66
Gambar 3.16	Kembali ke Tampilan Awal <i>Power Meter ION 6200</i>	67
Gambar 3.17	Tampilan CMD dengan mencari ipconfig	72
Gambar 3.18	Tampilan Ping pada CMD	73
Gambar 3.19	Tampilan Sistem <i>Monitoring</i> dan <i>Controlling</i> pada VTSCADA	73
Gambar 3.20	Fitur <i>Widgets</i> dari VTSCADA.....	74
Gambar 3.21	Fitur <i>Shape</i> dari VTSCADA.....	75
Gambar 3.22	Pilihan <i>Widget Gauges</i>	75
Gambar 3.23	Pilihan <i>Widget Buttons & Switch</i>	76
Gambar 3.24	Pilihan <i>Widgets Indicators</i>	76
Gambar 3.25	Pilihan <i>Upload Gambar</i>	77
Gambar 4.1	Skema rangkaian <i>Driver Relay</i> di aplikasi Eagle.....	83
Gambar 4.2	Tampilan Board Rangkaian <i>Pull Down</i> pada Aplikasi Eagle.....	83
Gambar 4.3	Proses Pencetakan <i>Board</i> pada PCB	84
Gambar 4.4	Proses Pelubangan PCB.....	85
Gambar 4.5	Penyolderan Komponen	85

Gambar 4.6	Rangkaian <i>Pull Down</i>	86
Gambar 4.7	Rangkaian <i>Driver Relay</i>	86
Gambar 4.8	Dimensi Panel Alat.....	87
Gambar 4.9	Desain Tampilan Depan Panel Alat	87
Gambar 4.10	Panel Besi	89
Gambar 4.11	<i>Duct Cable</i> dan Rel	89
Gambar 4.12	Proses <i>Labelling</i> Kabel.....	90
Gambar 4.13	Pemasangan Komponen pada <i>Duct Cable</i> dan Rel.....	91
Gambar 4.14	Perapihan Kabel ke dalam <i>Duct Cable</i>	91
Gambar 4.15	Pengeboran Panel	92
Gambar 4.16	Pemasangan Komponen Bagian Depan Panel	92
Gambar 4.17	Pemasangan Pelat ke dalam Panel	93
Gambar 4.18	<i>Wiring</i> Komponen	93
Gambar 4.19	Stop Kontak untuk Beban.....	94
Gambar 4.20	Tampilan Depan Panel	94
Gambar 4.21	Menjalankan Aplikasi Arduino IDE.....	95
Gambar 4.22	Memilih <i>Board Arduino Mega 2560</i>	95
Gambar 4.23	Tampilan Program <i>Arduino Mega 2560</i>	96
Gambar 4.24	Proses <i>Compiling Sketch</i>	96
Gambar 4.25	<i>Compiling</i> pada Arduino IDE	97
Gambar 4.26	Proses <i>Uploading Sketch</i>	97
Gambar 4.27	<i>Uploading</i> Berhasil	97
Gambar 4.28	Tampilan Awal VTSCADA.....	98
Gambar 4.29	Tampilan <i>Add Application Wizard</i>	98

Gambar 4.30	Tampilan <i>Advamced</i>	99
Gambar 4.31	<i>Create New</i>	99
Gambar 4.32	Tampilan Penamaan Projek	100
Gambar 4.33	Tampilan Proses Selesai	100
Gambar 4.34	<i>Loading Process</i> Pertama	101
Gambar 4.35	<i>Loading Process</i> Kedua.....	101
Gambar 4.36	Tampilan Halaman <i>Project</i>	101
Gambar 4.37	Tampilan Masuk <i>Idea Studio</i>	102
Gambar 4.38	Tampilan <i>Idea Studio</i>	102
Gambar 4.39	Tampilan Sistem <i>Monitoring</i> dan <i>Controlling</i>	103
Gambar 4.40	Tampilan VTSCADA.....	104
Gambar 4.41	<i>Tag Browser</i>	104
Gambar 4.42	Menu <i>Tag Browser</i>	104
Gambar 4.43	Pilihan Menu <i>Port</i>	105
Gambar 4.44	<i>Tag Browser Port</i>	105
Gambar 4.45	Tampilan Menu pada <i>Drivers</i>	106
Gambar 4.46	<i>Tag Drivers</i>	107
Gambar 4.47	<i>Tag</i> yang Sudah Dibuat pada VTSCADA	107
Gambar 4.48	Tampilan <i>Tag</i> pada VTSCADA.....	108
Gambar 4.49	Menu <i>Tag Browser</i> pada VTSCADA	108
Gambar 4.50	Tampilan <i>Modscan</i>	109
Gambar 4.51	Tampilan CMD dengan Mencari <i>Ipconfig</i>	110
Gambar 4.52	Tampilan <i>IP Setting</i> pada <i>Modscan</i>	110
Gambar 5.1	Pengukuran <i>Power Supply Unit</i>	113

Gambar 5.2	Pengukuran <i>Step Down DC to DC</i>	114
Gambar 5.3	Rangkaian <i>Driver Relay</i>	115
Gambar 5.4	Rangkaian <i>Pull Down</i>	116
Gambar 5.5	<i>Setting IP</i> di Program Arduino	118
Gambar 5.6	Tampilan CMD dengan ping IP	119
Gambar 5.7	Input Alamat IP di Modscan.....	119
Gambar 5.8	Proses Komunikasi Berhasil	120
Gambar 5.9	Status Menunjukkan <i>Local</i> dan <i>Remote</i>	121
Gambar 5.10	Status Menunjukkan PMT <i>Open</i>	121
Gambar 5.11	Status Menunjukkan PMT <i>Close</i>	122
Gambar 5.12	Status Menunjukkan <i>Earth Switch In</i> dan <i>Earth Switch Out</i>	122
Gambar 5.13	Status Menunjukkan PMT <i>Rack-In</i> dan <i>Rack-Out</i>	123

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi dari <i>Arduino Mega 2560</i>	31
Tabel 3.1	<i>Input dan Output Arduino Mega 2560</i>	67
Tabel 4.1	Peralatan Bahan.....	78
Tabel 4.2	Bahan yang Digunakan dalam Pembuatan Tugas Akhir.....	79
Tabel 4.3	Bahan Pembuatan Rangkaian <i>Pull Down</i>	82
Tabel 4.4	Bahan Pembuatan Rangkaian <i>Driver Relay</i>	82
Tabel 4.5	Keterangan Desain Tampilan Depan Panel Alat.....	88
Tabel 5.1	Daftar Alat Pengukuran.....	111
Tabel 5.2	Daftar Bahan Pengukuran.....	112
Tabel 5.3	Hasil Pengukuran <i>PSU</i>	114
Tabel 5.4	Hasil Pengukuran <i>Step Down DC to DC</i>	114
Tabel 5.5	Hasil Pengukuran <i>Driver Relay</i>	115
Tabel 5.6	Hasil Pengukuran Rangkaian <i>Pull Down</i>	116
Tabel 5.7	Hasil Pengujian <i>Telesignaling</i>	120
Tabel 5.8	Hasil Pengujian <i>Telecontrolling</i>	123
Tabel 5.9	Hasil Pengujian Tegangan <i>Line to Line</i>	124
Tabel 5.10	Hasil Pengujian Tegangan <i>Line to Netral</i>	125
Tabel 5.11	Hasil Pengujian Arus Beban.....	125
Tabel 5.12	Hasil Pengujian Tegangan <i>Line to Line</i> Menggunakan AVO Meter.....	126
Tabel 5.13	Hasil Pengujian Tegangan <i>Line to Netral</i> Menggunakan AVO Meter.....	126

Tabel 5.14	Hasil Pengujian Arus Beban Menggunakan <i>Tang Ampere</i>	127
Tabel 5.15	Hasil Perbandingan Arus Beban	128

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Skematik Rangkaian Keseluruhan
- Lampiran 2 : Program Arduino
- Lampiran 3 : *Datasheet* VTSCADA
- Lampiran 4 : *Datasheet* Arduino Mega 2560
- Lampiran 5 : *Datasheet* Power Meter ION 6200
- Lampiran 6 : *Datasheet* Auxiliary Relay 12 VDC
- Lampiran 7 : *Datasheet* ULN 2803