



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ENERGI LISTRIK

**DESAIN MULTIFUNCTION RELAY DENGAN MEMANFAATKAN KWH
METER DIGITAL SEBAGAI KOMPONEN UTAMA**

Nadia Mawar Nurhaliza
NIM 2212051

Dosen pembimbing
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
Sotyohadi, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Juli 2026



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ENERGI LISTRIK

**DESAIN MULTIFUNCTION RELAY DENGAN
MEMANFAATKAN KWH METER DIGITAL
SEBAGAI KOMPONEN UTAMA**

Nadia Mawar Nurhaliza
NIM 2212051

Dosen pembimbing
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
Sotyohadi, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Juli 2026

DESAIN MULTIFUNCTION RELAY DENGAN MEMANFAATKAN KWH METER DIGITAL SEBAGAI KOMPONEN UTAMA

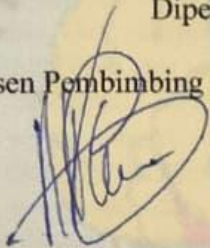
SKRIPSI

**Nadia Mawar Nurhaliza
2212051**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi Teknik Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang

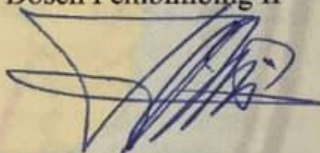
Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
NIP. Y. 1028700171

Dosen Pembimbing II



Sotyahadi, ST., MT.
NIP. Y. 1039700309

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.
NIP. P. 1030000365

**MALANG
Juli, 2026**

ABSTRAK

DESAIN MULTIFUNCTION RELAY DENGAN MEMANFAATKAN KWH METER DIGITAL SEBAGAI KOMPONEN UTAMA

NADIA MAWAR NURHALIZA, NIM : 2212051

Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

Dosen Pembimbing II : Sotyohadi, ST., MT.

Keandalan sistem tenaga listrik dipengaruhi oleh kemampuan sistem proteksi dalam mendeteksi dan merespons gangguan secara cepat dan akurat. Namun, penggunaan *multifunction relay* digital memerlukan biaya yang relatif tinggi sehingga kurang ekonomis untuk instalasi skala kecil. Penelitian ini bertujuan merancang sistem proteksi tenaga listrik berbasis kWh meter digital dan Arduino Uno sebagai alternatif *multifunction relay* yang sederhana dan ekonomis. Sistem dirancang untuk melakukan monitoring tegangan dan arus tiga fasa secara *real-time* melalui komunikasi Modbus RTU berbasis RS-485. Logika proteksi diimplementasikan untuk mendeteksi *overvoltage*, *undervoltage*, *overcurrent*, dan indikasi *short circuit* berdasarkan parameter impedansi. Pengaturan set point dan waktu respon (*time delay*) dilakukan menggunakan *keypad*, sedangkan parameter kelistrikan dan status sistem ditampilkan pada LCD. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca tegangan pada rentang 177,4–315 V dan arus hingga 3,4 A secara kontinu, mendeteksi gangguan sesuai set point, serta mengendalikan relay dan kontaktor untuk memutus beban secara otomatis. Penerapan *time delay* yang berbeda pada setiap jenis gangguan meningkatkan selektivitas sistem dan mengurangi kemungkinan *false trip*. Dengan demikian, sistem yang dirancang dapat digunakan sebagai alternatif sistem monitoring dan proteksi dasar pada instalasi tenaga listrik skala laboratorium.

Kata Kunci : Sistem proteksi, Arduino Uno, kWh meter digital, Modbus RTU, *multifunction relay*.

ABSTRACT

MULTIFUNCTIONAL RELAY DESIGN USING DIGITAL KWH METER AS THE MAIN COMPONENT

NADIA MAWAR NURHALIZA, NIM : 2212051
Supervisor I : Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
Supervisor II : Sotyohadi, ST., MT.

The reliability of electric power systems is influenced by the ability of protection systems to detect and respond to faults quickly and accurately. However, the use of digital multifunction relays generally requires relatively high costs, making them less economical for small-scale installations. This study aims to design an electric power protection system based on a digital kWh meter and an Arduino Uno as a simple and cost-effective alternative to a multifunction relay. The proposed system is designed to monitor three-phase voltage and current in real time through Modbus RTU communication over an RS-485 interface. The protection logic is implemented to detect overvoltage, undervoltage, overcurrent, and short-circuit indications based on impedance parameters. The set points and response time (time delay) are configured using a keypad, while electrical parameters and system status are displayed on an LCD. The test results show that the system is capable of continuously measuring voltage within the range of 177.4–315 V and current up to 3.4 A, detecting faults according to the predefined set points, and controlling the relay and contactor to disconnect the load automatically. The implementation of different time delay settings for each type of fault improves system selectivity and reduces the possibility of false trips. Therefore, the proposed system can be used as an alternative basic monitoring and protection system for laboratory-scale electrical power installations.

Keywords : protection system, Arduino Uno, digital kWh meter, Modbus RTU, multifunction relay

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan penyertaan-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Desain Multifunction Relay dengan Memanfaatkan Kwh Meter Digital Sebagai Komponen Utama”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Strata Satu (S-1), Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, masukan, dan dukungan yang sangat berarti. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu penyelesaian skripsi ini, khususnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, motivasi, serta masukan yang sangat berharga dengan penuh kesabaran dan dedikasi selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Sotyohadi, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan pendampingan, arahan, serta saran yang konstruktif dalam rangka penyempurnaan skripsi ini.
3. Bapak Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang sekaligus Dosen Program Studi Teknik Elektro, yang senantiasa memberikan berbagai saran, masukan, serta pengalaman akademik yang sangat bermanfaat dan menginspirasi penulis selama masa studi.
4. Ibu Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang, yang telah memberikan kesempatan, arahan, serta fasilitas pendukung selama penulis menempuh masa studi.
5. Ibu Widamuri Anistia, ST., M.Tr.T., selaku Kepala Laboratorium Energi Baru Terbarukan, yang senantiasa bersedia meluangkan waktu untuk berdiskusi, memberikan arahan, serta masukan yang sangat bermanfaat kepada penulis.

6. Kedua orang tua, kakak, saudara, serta seluruh keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, motivasi, dan bantuan, baik secara moral maupun finansial, sehingga penulis dapat menyelesaikan masa studi dan penyusunan skripsi ini dengan baik.
7. Rekan-rekan asisten Laboratorium Energi Baru Terbarukan, yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta kerja sama yang baik selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
8. Teman-teman mahasiswa angkatan 2021 dan 2022, yang telah menjadi rekan belajar, berdiskusi, serta berbagi pengalaman selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini. Dukungan, kebersamaan, dan semangat yang diberikan sangat berarti bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan baik dari segi substansi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan sebagai bahan evaluasi dan penyempurnaan pada masa yang akan datang. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan sumbangsih yang berarti bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta memberikan manfaat bagi pembaca dan pihak-pihak terkait.

Malang, 18 Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sistem Proteksi Tenaga Listrik	7
2.2 Jenis Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik	9
2.2.1 Arus Lebih (<i>Overcurrent</i>)	9
2.2.2 Tegangan Lebih (<i>Overvoltage</i>) dan Tegangan Kurang (<i>Undervoltage</i>)	10
2.2.3 Hubung Singkat (<i>Short Circuit</i>)	12
2.3 Relay Proteksi dan <i>Multifunction Relay</i>	14
2.4 <i>Circuit Breaker</i> dan Kontaktor	16
2.5 <i>Current Transformer</i> (CT)	19
2.6 <i>Potential Transformer</i> (PT)	20
2.7 kWh Meter Digital	22
2.8 <i>Push Button</i>	24
2.9 Modul MAX485	25
2.10 Software Arduino IDE	26
2.11 Arduino Uno	27
2.12 Karakteristik Waktu Relay Proteksi	28
2.12.1 <i>Definite Time</i> (DT)	29
2.12.2 <i>Inverse Definite Minimum Time</i> (IDMT)	29
2.13 Logika Proteksi	29
2.13.1 Logika Proteksi <i>Over Current Relay</i> (OCR)	30
2.13.2 Logika Proteksi <i>Over Voltage Relay</i> (OVR)	30
2.13.3 Logika Proteksi <i>Under Voltage Relay</i> (UVR)	31
2.13.4 Logika Proteksi <i>Short Circuit</i>	31
BAB III METODOLOGI	33

3.1 Jenis Penelitian.....	33
3.2 Alat dan Bahan.....	33
3.2.1 Spesifikasi Alat	33
3.2.1.1 Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	34
3.2.1.2 Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	41
3.2.2 Spesifikasi Bahan	42
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	43
3.3.1 Lokasi Penelitian	43
3.3.2 Waktu Penelitian	43
3.4 Desain Penelitian.....	44
3.4.1 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	44
3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	45
3.4.3 Diagram Blok Sistem	46
3.4.4 Pictorial Diagram	46
3.4.5 Wiring Diagram Sistem.....	47
3.4.6 Flowchart Arduino	48
3.4.7 Implementasi Komunikasi Modbus.....	52
3.4.8 Perhitungan Impedansi	54
3.4.9 Logika Proteksi Sistem.....	55
3.5 Penentuan Nilai Set Point Proteksi.....	56
3.6 Data Yang Dikumpulkan.....	58
3.6.1 Data Hasil Pengukuran.....	58
3.6.2 Data Pendukung Penelitian	59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	61
4.1 Realisasi Sistem	61
4.2 Skenario Pengujian Sistem.....	63
4.3 Hasil Pengukuran Kondisi Normal	65
4.4 Pengujian Kondisi <i>Overvoltage</i>	67
4.5 Pengujian Kondisi <i>Undervoltage</i>	70
4.6 Pengujian Kondisi <i>Overcurrent</i>	72
4.7 Pembahasan Kondisi <i>Short Circuit</i>	75
4.8 Analisis Kinerja Sistem dan Aspek Ekonomi	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Daerah Sistem Proteksi	7
Gambar 2. 2 Struktur Dasar Relay Proteksi.....	14
Gambar 2. 3 Multifunction Relay	16
Gambar 2. 4 Struktur Dasar Circuit Breaker	17
Gambar 2. 5 Rangkaian Kontrol Kontaktor dengan Sistem Self-Holding	18
Gambar 2. 6 Kontruksi CT	19
Gambar 2. 7 Kontruksi PT	21
Gambar 2. 8 kWh Meter Digital 3 Fasa.....	22
Gambar 2. 9 Perbedaan Push Button NO & NC	24
Gambar 2. 10 Modul MAX485	25
Gambar 2. 11 Software Arduino IDE	27
Gambar 2. 12 Arduino Uno	28
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem.....	46
Gambar 3. 2 Pictorial Diagram Sistem	47
Gambar 3. 3 Wiring Diagram Sistem	48
Gambar 3. 4 Flowchart Arduino	49
Gambar 3. 5 Potongan Program Pembacaan Modbus	53
Gambar 3. 6 Potongan Program Perhitungan Impedansi	54
Gambar 3. 7 Potongan Program Logika Proteksi	56
Gambar 4. 1 Realisasi Sistem	61
Gambar 4. 2 Kondisi Sistem Normal.....	66
Gambar 4. 3 Kondisi Sistem Overvoltage	68
Gambar 4. 4 Kondisi Sistem Undervoltage	70
Gambar 4. 5 Kondisi Sistem Overcurrent.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi kWh Meter Digital	34
Tabel 3. 2 Spesifikasi Modul Max485.....	35
Tabel 3. 3 Spesifikasi Arduino Uno	36
Tabel 3. 4 Spesifikasi Relay Module.....	37
Tabel 3. 5 Spesifikasi LCD 20x4	38
Tabel 3. 6 Spesifikasi Keypad	38
Tabel 3. 7 Spesifikasi Kontaktor	39
Tabel 3. 8 Spesifikasi Push Button.....	40
Tabel 3. 9 Spesifikasi Laptop	41
Tabel 3. 10 Spesifikasi Arduino IDE.....	42
Tabel 3. 11 Penentuan Set Point.....	57
Tabel 4. 1 Spesifikasi Sistem.....	62
Tabel 4. 2 Skenario Pengujian Sistem	64
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Kondisi Normal	66
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Kondisi Overvoltage	69
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kondisi Undervoltage	71
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Kondisi Overcurrent.....	74
Tabel 4. 7 Perbandingan Fungsi Sistem Penelitian dengan Multifunction Relay Schneider	77
Tabel 4. 8 Perbandingan Aspek Ekonomi	79
Tabel 4. 9 Analisis Cost Saving	79