



**RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM DETEKSI DINI
PENCURIAN KABEL OUTPUT TRANSFORMATOR MENUJU PHB-TR
PADA GARDU DISTRIBUSI TIPE PORTAL BERBASIS IOT**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Pendidikan Pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro**

Oleh:

Herdi Bayu Firmansyah

40040621650014

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

2025

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM DETEKSI DINI PENCURIAN
KABEL OUTPUT TRANSFORMATOR MENUJU PHB-TR PADA GARDU
DISTRIBUSI TIPE PORTAL BERBASIS IOT

Nama : Herdi Bayu Firmansyah
NIM : 40040621650014

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA BAIK OLEH :

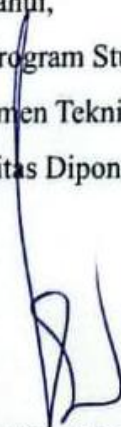
Dosen Pembimbing,



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

Tanggal: 3 September 2025

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: 3 September 2025

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

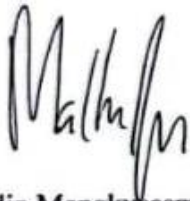
RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM DETEKSI DINI PENCURIAN KABEL OUTPUT TRANSFORMATOR MENUJU PHB-TR PADA GARDU DISTRIBUSI TIPE PORTAL BERBASIS IOT

Diajukan oleh: Herdi Bayu Firmansyah
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada

Hari : Jumat

Tanggal : 15 Agustus 2025

Penguji I



Fakhruddin Mangkusasmito, S.T., M.T.

NIP. 198908202019031012

Penguji II



Dista Yoel Tadeus, S.T., M.T.

NIP. 198812282015041002

Penguji III



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

NIP. 197710012001121002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Arkhan Subari, S.T., M.Kom

NIP.197710012001121002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Herdi Bayu Firmansyah
NIM : 40040621650014
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen
Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas
Diponegoro
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Prototipe Sistem Deteksi Dini
Pencurian Kabel Output Transformator Menuju PHB-TR
Pada Gardu Distribusi Tipe Portal Berbasis IoT

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul tugas akhir ini belum pernah diajukan sebelumnya untuk mendapatkan gelar keahlian di sebuah perguruan tinggi. Sejauh pengetahuan saya, tidak ada karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang saya rujuk secara tertulis dalam naskah ini dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia mendapat sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI. No.17 Tahun 2010 dan Undang-Undang yang berlaku.

Semarang, 2 September 2025

Yang membuat Pernyataan



Herdi Bayu Firmansyah

NIM. 40040621650014

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini merupakan hasil dari proses pembelajaran, penelitian, dan dedikasi yang tidak terlepas dari peran banyak pihak yang telah memberikan dukungan secara langsung maupun tidak langsung. Dengan penuh rasa syukur dan hormat, karya ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, kekuatan, dan kemudahan yang telah diberikan selama proses kehidupan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ayah dan Ibu tercinta, atas segala cinta tanpa syarat, doa yang tak pernah putus, serta pengorbanan yang tidak terhitung sejak awal perjalanan hidup penulis. Terima kasih atas kerja keras, kesabaran, dan keikhlasan yang menjadi fondasi utama dalam setiap langkah yang penulis tempuh. Dukungan Ayah dan Ibu, baik secara lahir maupun batin, telah menjadi sumber kekuatan terbesar dalam menghadapi berbagai tantangan selama proses studi ini. Segala pencapaian dalam Tugas Akhir ini tidak akan pernah terwujud tanpa restu dan kasih sayang yang terus mengalir dari kalian.
3. Kakak dan adik penulis yang bukan hanya menjadi keluarga, tetapi juga sahabat seperjalanan dalam perjuangan ini. Terima kasih atas kebersamaan, tawa, semangat, dan dukungan yang tak pernah putus di setiap fase kehidupan, mulai dari masa sulit hingga momen-momen penuh harapan. Perjuangan kalian, nasihat sederhana yang sering kali bermakna, serta ketulusan dalam menemani proses ini, menjadi bagian penting dari keberhasilan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, atas fasilitas, dukungan, dan kebijakan akademik yang sangat membantu dalam proses studi.
5. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Industri sekaligus Dosen Pembimbing Tugas Akhir, atas bimbingan, arahan, masukan, serta motivasi yang begitu berharga sepanjang proses penyusunan Tugas Akhir ini.

6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Listrik Industri, yang telah memberikan ilmu, wawasan, dan pengalaman berharga selama masa studi.
7. Seluruh staf pengajar dan karyawan Program Studi Teknik Listrik Industri, atas bantuan, pelayanan, dan dukungan yang turut berperan dalam kelancaran proses perkuliahan.
8. Habibie Maullana, sahabat seperjuangan yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik penulis. Terima kasih atas segala bentuk dukungan, semangat, candaan, diskusi panjang, dan bantuan yang tak pernah lelah diberikan. Bersamamu, perjuangan ini terasa lebih ringan dan penuh makna.
9. Fimelia Nuril Fitriani, atas doa, dorongan, perhatian, dan semangat yang senantiasa hadir di tengah proses penyusunan Tugas Akhir ini. Setiap dukunganmu menjadi bagian yang turut membentuk keberhasilan karya ini. Terima kasih telah membersamai proses ini dengan tulus dan sabar.
10. Teman-teman Teknik Listrik Industri, atas kebersamaan, kerja sama, dan semangat yang telah membentuk pengalaman belajar yang berharga dan penuh makna.
11. Diri saya sendiri, yang telah bertahan, berjuang, dan tidak menyerah meskipun dihadapkan pada berbagai tantangan, tekanan, dan keterbatasan. Terima kasih telah memilih untuk terus melangkah, meski tidak selalu mudah. Setiap lelah, ragu, dan jatuh telah menjadi bagian penting dari proses pendewasaan dan pembentukan jati diri. Tugas Akhir ini adalah bukti bahwa kerja keras, keyakinan, dan kesabaran akan selalu menemukan jalannya menuju hasil. Semoga pencapaian ini menjadi pijakan awal untuk terus tumbuh, belajar, dan memberi manfaat lebih besar di masa depan.

ABSTRAK

Pencurian kabel output transformator menuju Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) pada gardu distribusi tipe portal kerap menyebabkan pemadaman listrik, kerugian bagi pelanggan, serta kerugian bagi PLN sebagai penyedia listrik. Kejadian ini baru akan terdeteksi ketika ada laporan dari warga bahwa listrik padam setelah beberapa jam kemudian. Penelitian ini merancang prototipe sistem deteksi dini pencurian kabel output transformator menuju Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) pada gardu distribusi tipe portal berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor tegangan PZEM-004T V3.0, sensor gerak PIR HC-SR501, dan notifikasi Telegram. Sistem mendeteksi kehilangan dan ketidakseimbangan tegangan antar fasa sebagai indikasi pencurian kabel, serta pemadaman listrik jika ketiga tegangan fasa hilang serentak. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu membaca tegangan secara real-time dengan selisih nilai tegangan yang kecil terhadap pengukuran alat ukur multimeter. Berdasarkan pengujian nilai tegangan pada ketiga fasa, perbedaan tegangan terbaca oleh sensor PZEM-004T-V3.0 (100A) hanya berkisar antara 0,00% hingga 0,34% dari tegangan sebenarnya pada alat ukur multimeter. Hal ini membuktikan bahwa akurasi pembacaan sensor masih berada dalam batas toleransi dan layak digunakan sebagai parameter utama dalam sistem deteksi. Pada 10 kali uji kehilangan fasa dengan memotong kabel, sistem berhasil mendeteksi nilai tegangan 0V (hilang), mengaktifkan PIR, dan mengirim notifikasi saat gerakan terdeteksi. Pada skenario pemotongan kabel netral di awal, terjadi ketidakseimbangan tegangan, misalnya pada uji coba ke-1 nilai tegangan fasa R=242,10V, S=279,80V, dan T=183,40V terdeteksi dan ditindaklanjuti pengaktifan sensor PIR dan pengiriman notifikasi sesuai kondisi yang terjadi. Pada 10 kali uji pemadaman listrik, keadaan ini dapat dideteksi dengan benar, ditandai dengan terukurnya tegangan 0V pada seluruh fasa dan notifikasi otomatis terkirim.

Kata Kunci: Pencurian kabel listrik, Gardu distribusi, Internet of Things (IoT), Mikrokontroler ESP32, Deteksi pencurian kabel, Sensor PIR, Notifikasi Telegram.

ABSTRACT

Theft of transformer output cables to the Low Voltage Distribution Panel (PHB-TR) at portal-type distribution substations often causes power outages, losses for customers, and losses for PLN as the electricity provider. This incident will only be detected when there is a report from residents that the electricity has gone out several hours later. This study designs a prototype of an early detection system for theft of transformer output cables to the Low Voltage Distribution Panel (PHB-TR) at portal-type distribution substations based on the Internet of Things (IoT) using ESP32 as a microcontroller, PZEM-004T V3.0 voltage sensor, PIR motion sensor HC-SR501, and Telegram notification. The system detects phase loss and voltage imbalance between phases as indications of cable theft, as well as power outages if all three phases are lost simultaneously. The test results show that the system is able to read voltage in real-time with a small difference in voltage values against multimeter measurements. Based on the voltage value test on the three phases, the voltage difference read by the PZEM-004T-V3.0 (100A) sensor only ranges from 0.00% to 0.34% of the actual voltage on the multimeter. This proves that the accuracy of the sensor reading is still within the tolerance limit and is suitable for use as the main parameter in the detection system. In 10 phase loss tests by cutting the cable, the system successfully detected a voltage value of 0V (lost), activated the PIR, and sent a notification when movement was detected. In the initial neutral cable cutting scenario, a voltage imbalance occurred, for example in trial 1 the phase voltage value $R = 242.10V$, $S = 279.80V$, and $T = 183.40V$ was detected and followed up by activating the PIR sensor and sending a notification according to the conditions that occurred. In 10 power outage tests, this condition can be detected correctly, marked by the measurement of 0V voltage on all phases and automatic notification sent.

Keywords: *Electric cable theft, Distribution substation, Internet of Things (IoT), ESP32 microcontroller, Cable theft detection, PIR sensor, Telegram notification.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM DETEKSI DINI PENCURIAN KABEL OUTPUT TRANSFORMATOR MENUJU PHB-TR PADA GARDU DISTRIBUSI TIPE PORTAL BERBASIS IOT”**

Proposal ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi D4-Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro. Dalam proses penyusunan proposal tugas akhir, penulis menyadari bahwa keberhasilan ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, atas segala rahmat, nikmat, dan kemudahan yang diberikan selama penyusunan Tugas Akhir.
2. Orang tua tercinta, atas doa, dukungan, kasih sayang, dan motivasi yang tiada henti selama ini.
3. Kakak dan adik saya, yang selalu memberikan semangat dan dukungan moral dalam segala situasi.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, yang telah memberikan fasilitas dan dukungan akademik selama masa perkuliahan.
5. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Industri sekaligus Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulis yang telah memberikan bimbingan dan dengan sabar memberikan arahan, masukan, dan motivasi selama penyusunan Tugas Akhir.
6. Staff pengajar dan karyawan Program Studi Teknik Listrik Industri, atas segala ilmu, bimbingan, dan bantuan yang diberikan selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman mahasiswa Teknik Listrik Industri 2021, yang telah menjadi teman belajar, berdiskusi, dan berbagi pengalaman selama masa studi.

8. Diri sendiri, atas segala usaha, kesabaran, dan ketekunan dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala masukan, kritik, dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk memperbaiki dan menyempurnakan penelitian ini di masa depan.

Semarang, 3 September 2025



Herdi Bayu Firmansyah

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir	3
1.4 Manfaat Tugas Akhir	4
1.5 Pembatasan Masalah	5
1.6 Sistematika Penyusunan Tugas Akhir	5
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.2 Dasar Teori	10
2.2.1 Gardu Distribusi	10
2.2.2 Kabel Output Transformator Pada Gardu Distribusi Tipe Portal	11
2.2.3 Pencurian Kabel Output Transformator Pada Gardu Portal	12
2.2.4 Mikrokontroler ESP 32	16
2.2.5 Arduino IDE	19
2.2.6 Sensor PZEM-004T V3.0 (100A)	23

2.2.7	Sensor PIR (Passive Infrared Receiver) tipe HC-SR501	28
2.2.8	Modul Buck Converter LM2596	31
2.2.9	Modul Pengisian Baterai Otomatis Tipe XH-M604	34
2.2.10	Baterai Lithium-Ion Tipe 18650	36
2.2.11	Internet Of Things.....	38
2.2.12	Power Supply	39
2.2.13	Telegram Bot.....	42
BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR.....		44
3.1	Metode Penyusunan Tugas Akhir	44
3.2	Perancangan Hardware	45
3.2.1	Diagram Blok.....	45
3.2.2	Cara Kerja Blok Diagram	46
3.2.3	Wiring Diagram	47
3.2.4	Desain 3 Dimensi Alat	55
3.3	Perancangan Software.....	58
3.3.1	Flowchart	58
3.3.2	Cara Kerja Sistem	59
BAB IV PEMBUATAN ALAT		60
4.1	Pembuatan Prototipe	60
4.2	Alat dan Bahan.....	61
4.3	Pembuatan Perangkat Keras	63
4.3.1	Pembuatan Perangkat Mekanik.....	63
4.3.2	Pembuatan Perangkat Elektrik.....	65
4.4	Pembuatan Perangkat Lunak.....	71
4.4.1	Pembuatan Bot Telegram	71
4.4.2	Pembuatan Program Pada Software Arduino IDE	76
4.4.2.1	Pembuatan Program Koneksi ESP32 dengan Wifi dan Bot Telegram....	77
4.4.2.2	Pembuatan Program Deklarasi Variabel Global.....	79

4.4.2.3	Pembuatan Program Sensor PIR HC-SR501	84
4.4.2.4	Pembuatan Program Sensor PZEM-004T-V3.0.....	85
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS ALAT		102
5.1	Metode Pengujian	102
5.2	Pengujian Pemantauan Tegangan Otomatis 3 Fasa.....	103
5.3	Pengujian Pencurian Kabel	106
5.4	Pengujian Pemadaman Listrik	145
BAB VI PENUTUP		152
6.1	Kesimpulan	152
6.2	Saran	153
DAFTAR PUSTAKA		154
LAMPIRAN.....		158

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32	18
Tabel 2. 2 Fungsi Pin Out Sensor PZEM-004T-V3.0	25
Tabel 2. 3 Spesifikasi sensor PIR HC-SR501	29
Tabel 2. 4 Fungsi Pin Out Sensor PIR HC-SR501	30
Tabel 2. 5 Spesifikasi Buck Converter LM2596	32
Tabel 2. 6 Fungsi Pinout Buck Converter LM2596	33
Tabel 2. 7 Spesifikasi Modul XH-M604	35
Tabel 2. 8 Fungsi Terminal Pada Modul XH-M604.....	35
Tabel 2. 9 Spesifikasi Baterai Lithium-Ion 18650	37
Tabel 2. 10 Spesifikasi Power Supply	41
Tabel 3. 1 Konfigurasi Pin PZEM dengan ESP32	50
Tabel 3. 2 Konfigurasi Pin PIR dengan ESP32.....	52
Tabel 3. 3 Konfigurasi Pin Sistem Catu Daya dengan ESP32	54
Tabel 4. 1 Alat yang digunakan.....	61
Tabel 4. 2 Bahan yang digunakan	62
Tabel 5. 1 Pengujian Pembacaan Tegangan	105
Tabel 5. 2 Pengujian Pencurian Kabel dengan Urutan R-S-T-N.....	109
Tabel 5. 3 Pengujian Pencurian Kabel dengan Urutan N-T-S-R.....	127
Tabel 5. 4 Pengujian Pemadaman Listrik.....	146
Tabel 5. 5 Konsumsi Daya Beban pada Sistem.....	149

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gardu Distribusi Tipe Portal	10
Gambar 2. 2 Kabel yang telah putus akibat pencurian.....	12
Gambar 2. 3 Proses Perbaikan Kabel Akibat Pencurian	14
Gambar 2. 4 Mikrokontroler ESP 32	17
Gambar 2. 5 Pin Out Mikrokontroler ESP32	18
Gambar 2. 6 Tampilan Software Arduino IDE.....	19
Gambar 2. 7 Bagian workspace software Arduino IDE.....	20
Gambar 2. 8 Bagian Menu Bar software Arduino IDE.....	21
Gambar 2. 9 Bagian Tools Bar software Arduino IDE	22
Gambar 2. 10 Bagian Serial Monitor dan Plotter software Arduino IDE	23
Gambar 2. 11 Sensor PZEM-004T-V3.0 (100A)	23
Gambar 2. 12 Pin Out Sensor PZEM-004T-V3.0	25
Gambar 2. 13 Diagram Blok Sensor PZEM-004T-V3.0.....	27
Gambar 2. 14 Sensor PIR HC-SR501	28
Gambar 2. 15 Sudut Deteksi dan Rentang Jarak Sensor PIR HC-SR501	28
Gambar 2. 16 Pin Out Sensor PIR HC-SR501.....	30
Gambar 2. 17 Modul Buck Converter LM2596.....	31
Gambar 2. 18 Pinout Buck Converter LM2596	33
Gambar 2. 19 Modul Pengisian Baterai XH-M604	34
Gambar 2. 20 Komponen Modul XH-M604.....	35
Gambar 2. 21 Baterai Lithium-Ion 18650.....	37
Gambar 2. 22 Konsep IoT.....	39
Gambar 2. 23 Power Supply 9V 2A.....	40
Gambar 2. 24 Diagram Prinsip Kerja Power Supply	40
Gambar 2. 25 Tampilan Aplikasi Telegram.....	42
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem	45
Gambar 3. 2 Wiring Diagram Sistem.....	47
Gambar 3. 3 Rangkaian PZEM-004T-V3.0 (100A) dengan ESP32	49
Gambar 3. 4 Rangkaian PIR HC-SR501 dengan ESP32	51

Gambar 3. 5 Rangkaian Sistem Catu Daya dengan ESP32	53
Gambar 3. 6 Desain 3D Alat Tampak Depan	56
Gambar 3. 7 Desain 3D Alat Tampak Sudut Kanan dan Kiri	56
Gambar 3. 8 Desain 3D Alat Tampak Belakang	57
Gambar 3. 9 Desain 3D Alat Tampak Dalam Panel	57
Gambar 3. 10 Flowchart Sistem.....	58
Gambar 4. 1 Box Alat yang digunakan	64
Gambar 4. 2 Tata letak Komponen di Dalam Panel	64
Gambar 4. 3 Proses Pembuatan Diorama Gardu Portal	65
Gambar 4. 4 Rancangan Wiring Diagram	66
Gambar 4. 5 Desain Layout PCB.....	67
Gambar 4. 6 Bahan Pembuatan PCB	67
Gambar 4. 7 Proses Transfer Toner ke PCB.....	68
Gambar 4. 8 Hasil Transfer Toner ke PCB.....	68
Gambar 4. 9 Proses Etching PCB	69
Gambar 4. 10 Proses Pengeboran Lubang PCB.....	69
Gambar 4. 11 Proses Penyolderan Komponen ke PCB	70
Gambar 4. 12 Proses Integrasi Sistem	70
Gambar 4. 13 Tampilan Aplikasi Telegram.....	71
Gambar 4. 14 Mencari akun BotFather pada Telegram	72
Gambar 4. 15 Memulai interaksi dengan BotFather	72
Gambar 4. 16 Proses Pembuatan Bot Telegram.....	73
Gambar 4. 17 Mendapatkan Token Bot Telegram	74
Gambar 4. 18 Mendapatkan ID Telegram.....	75
Gambar 4. 19 Berhasil Membuat Bot Telegram	76
Gambar 4. 20 Inisialisasi Library Wifi dan Bot Telegram.....	77
Gambar 4. 21 Kode Variabel Wifi dan Bot Telegram	78
Gambar 4. 22 Kode untuk Proses Koneksi Wifi dan Bot Telegram.....	78
Gambar 4. 23 Kode untuk Deklarasi Proses Awal	80
Gambar 4. 24 Kode untuk Deklarasi Variabel Global Mode 1	80
Gambar 4. 25 Kode untuk Deklarasi Variabel Global Mode 2	82

Gambar 4. 26 Kode untuk Deklarasi Variabel Global Pemadaman	83
Gambar 4. 27 Kode untuk mendefinisikan Pin sensor PIR.....	84
Gambar 4. 28 Kode untuk mengatur PIR sebagai input digital	85
Gambar 4. 29 Inisialisai Library sensor PZEM-004T-V3.0.....	85
Gambar 4. 30 Kode untuk mendefinisikan pin RX TX	86
Gambar 4. 31 Kode untuk komunikasi serial PZEM	86
Gambar 4. 32 Kode untuk membuat objek sensor PZEM	87
Gambar 4. 33 Kode untuk mengambil data tegangan	87
Gambar 4. 34 Kode untuk monitoring tegangan.....	88
Gambar 4. 35 Kode untuk mencatat waktu kehilangan tegangan.....	90
Gambar 4. 36 Kode untuk mengidentifikasi kehilangan tegangan bersama.....	90
Gambar 4. 37 Kode untuk memeriksa kehilangan tegangan bersamaan	91
Gambar 4. 38 Kode untuk menyimpan waktu kehilangan tegangan	91
Gambar 4. 39 Kode untuk menghitung waktu kehilangan tegangan	91
Gambar 4. 40 Kode untuk menentukan durasi serentak	92
Gambar 4. 41 Kode untuk menampilkan notifikasi pemadaman.....	92
Gambar 4. 42 Kode untuk mereset keadaan pemadaman	92
Gambar 4. 43 Kode untuk MODE 1 pencurian kabel power	93
Gambar 4. 44 Kode untuk aktivasi PIR MODE 1.....	94
Gambar 4. 45 Kode untuk MODE 2 pencurian kabel netral.....	95
Gambar 4. 46 Kode untuk aktivasi PIR MODE 2.....	97
Gambar 4. 47 Kode untuk mengelola sensor PIR MODE 2	98
Gambar 4. 48 Kode untuk mereset keadaan pencurian kabel netral	100

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program Alat pada Software Arduino IDE	158
Lampiran 2. Datasheet ESP32 CP2102 UCB C 38 Pin	176
Lampiran 3. Datasheet PZEM-004T-V3.0	180
Lampiran 4. Datasheet PIR HC-SR501	182
Lampiran 5. Datasheet XH-M604 Modul Charging	185
Lampiran 6. Datasheet Modul DC-DC Step-Down lm2596.....	187