



***PROTOTYPE HOMOPOLAR FAULT DETECTOR (HFD) GUNA
MENDETEKSI GANGGUAN FASA KE TANAH PADA SALURAN
UDARA TEGANGAN MENENGAH BERBASIS *INTERNET OF THINGS****

Tugas Akhir

**Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro**

Disusun Oleh:

Eka Ayu Kartikasari

40040619683051

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

2023

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

***PROTOTYPE HOMOPOLAR FAULT DETECTOR (HFD) GUNA
MENDETEKSI GANGGUAN FASA KE TANAH PADA SALURAN
UDARA TEGANGAN MENENGAH BERBASIS *INTERNET OF THINGS****

Diajukan Oleh:

Eka Ayu Kartikasari

NIM: 40040619683051

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA BAIK OLEH:

Dosen Pembimbing,



Drs. Eko Ariyanto, M.T.

NIP. 196004051986021001

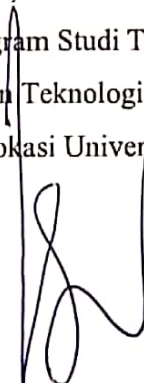
Tanggal: 24 Agustus 2023

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Listrik Industri

Departemen Teknologi Industri

Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro



Arkhan Suhari, S.T., M.Kom.

NIP. 197710012001121002

Tanggal: 23 Agustus 2023

HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PROTOTYPE HOMOPOLAR FAULT DETECTOR (HFD) GUNA
MENDETEKSI GANGGUAN FASA KE TANAH PADA SALURAN
UDARA TEGANGAN MENENGAH BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Diajukan Oleh:

Eka Ayu Kartikasari

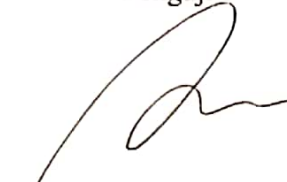
NIM: 40040619683051

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada:


Hari : *Jumat*

Tanggal : *11 Agustus 2023*


Penguji I


Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng.
NIP. 197009161998021001

Penguji II


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

Penguji III


Drs. Eko Ariyanto, M.T.
NIP. 196004051986021001

Mengetahui,

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


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

NIP. 197710012001121002

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eka Ayu Kartikasari
NIM : 40040619683051
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen
Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
Judul Tugas Akhir : ***PROTOTYPE HOMOPOLAR FAULT DETECTOR
(HFD) GUNA MENDETEKSI GANGGUAN FASA KE
TANAH PADA SALURAN UDARA TENGANGAN
MENENGAH BERBASIS INTERNET OF THINGS***

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

Apabila di kemudian hari terbukti terdapat 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, 24 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,



Eka Ayu Kartikasari

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Karjono dan Ibu Heni Sri Nurvita yang telah menjadi teman curhat saya sekaligus penyemangat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Adik- adik saya, Nabilla Dewi Kartika Sari dan Nur Rahman Bagus Wicaksono yang telah memberi semangat dalam penyusunan Tugas Akhir.
3. Kakek nenek saya, Mbah Bambang Sutjipto Wardoyo dan Mbak Masrini yang telah memberikan semangat dan doa kepada saya bahwa saya adalah lokomotor bagi adik- adik saya. Almarhum Mbah Iman Ngajiri dan Almarhumah Mbah Mujiati yang dahulu ketika saya kecil memberikan semangat kepada saya untuk selalu melakukan yang terbaik dalam kehidupan maupun di bidang akademik.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si., Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Bapak Arkhan Subari, S.T, M.Kom., selaku ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
6. Bapak Drs. Eko Ariyanto, M.T., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
7. Keluarga besar dari Bapak dan Ibu yang telah memberikan semangat dan doa dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Mbak Deni Octri Yani dan seluruh pegawai PT PLN (Persero) ULP Pati yang telah memberikan inovasi, motivasi, dan doa restu sehingga saya dapat mengerjakan Tugas Akhir ini dengan baik.
9. Teman saya Lambang Galih Wicaksono yang telah memberikan motivasi, semangat, dan inspirasi kepada saya.
10. Teman- teman DIV Kerjasama PLN UNDIP Angkatan 2019 selaku teman baik saya yang sudah memberikan pundaknya untuk saya berkeluh kesah.
11. Teman- teman DIV Teknik Listrik Industri UNDIP Angkatan 2019.
12. Serta seluruh pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul **“PROTOTYPE HOMOPOLAR FAULT DETECTOR (HFD) GUNA MENDETEKSI GANGGUAN FASA KE TANAH PADA SUTM BERBASIS INTERNET OF THINGS”** dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Program Studi Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Penyusun banyak mengalami kesulitan dan hambatan dalam penyusunan Tugas Akhir ini baik bersifat teknis maupun *non* teknis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua yang telah menjadi dukungan penyusun untuk segera menyelesaikan laporan ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si., Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Bapak Arkhan Subari, S.T, M.Kom., selaku ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
4. Bapak Drs. Eko Ariyanto, M.T., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
5. Mbak Deni Octri Yani dan seluruh pegawai PT PLN (Persero) ULP Pati yang telah memberikan inovasi, motivasi, dan doa restu sehingga saya dapat mengerjakan Tugas Akhir ini dengan baik.
6. Teman- teman DIV Kerjasama PLN UNDIP angkatan 2019 yang telah berjuang bersama dan memberikan dukungan baik kepada penyusun.
7. Teman- teman DIV Teknik Listrik Industri UNDIP angkatan 2019 yang telah berjuang bersama dan memberi dukungan baik kepada penyusun.
8. Serta seluruh pihak yang terlibat dalam proses pembuatan Laporan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar

Laporan Tugas Akhir ini menjadi lebih baik. Akhir kata, penyusun mohon maaf apabila ada kekeliruan dalam penyusunan laporan ini. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun sendiri maupun orang lain.

Semarang, 24 Juli 2023



Eka Ayu Kartikasari

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Tugas Akhir	4
1.6. Sistematika Laporan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1. Tinjauan Pustaka.....	6
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1. <i>Homopolar Fault Detector</i> (HFD).....	8
2.2.2. Jaringan Tegangan Menengah	9
2.2.3. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	10
2.2.4. Rangkaian Ekuivalen	13
2.2.5. Algoritma Penentuan Lokasi Gangguan	15
2.2.6. Impedansi Kawat Penghantar	17
2.3. Komponen Utama	17

2.3.1.	Transformator	18
2.3.2.	Sensor Arus ACS712	19
2.3.3.	Arduino Mega 2560	21
2.3.4.	ESP8266 NodeMCU V3	27
2.3.5.	<i>Relay</i>	30
2.3.6.	<i>Driver Relay</i>	32
2.3.7.	<i>Internet of Things Blynk</i>	34
2.3.8.	<i>Real Time Clock (RTC)</i>	39
2.3.9.	<i>LCD (Liquid Crystal Display) I²C</i>	41
2.3.10.	<i>Push Button</i>	44
2.3.11.	<i>Pilot Lamp</i>	45
2.3.12.	Resistor	46
2.3.13.	Pembagi Tegangan	47
2.3.14.	Lampu Pijar	48
2.3.15.	DC- DC <i>Step Down LM2596 (Peak 3A) Adjustable Voltage Regulator</i> <i>Module Buck Converter</i>	49
2.3.16.	Catu Daya (<i>Adaptor</i>)	50
2.4.	Instrumentasi dan Pengukuran	51
BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR		53
3.1.	Perancangan <i>Hardware</i>	53
3.1.1.	Blok Diagram	53
3.1.2.	Cara Kerja Tiap Blok	54
3.2.	Perancangan <i>Software</i>	64
3.2.1.	<i>Flowchart Mikrokontroler</i> Arduino Mega 2560	65
3.2.2.	<i>Flowchart Blynk</i>	66
3.2.3.	Rangkaian Keseluruhan	66
3.2.4.	Cara Kerja Alat	66
BAB IV PEMBUATAN ALAT		68
4.1.	Pembuatan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	68
4.1.1.	Pembuatan Bagian Mekanik	69
4.1.2.	Pembuatan Perangkat Elektronika	71

4.1.3.	Perakitan Alat.....	73
4.2.	Pembuatan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	74
4.2.1.	Pemrograman untuk Arduino Mega 2560.....	74
4.2.2.	Pemrograman untuk ESP8266.....	77
4.2.3.	Pembuatan Perangkat Lunak pada Aplikasi dan <i>Website Blynk</i>	78
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS ALAT		82
5.1.	Pengukuran Komponen.....	82
5.1.1.	Pengukuran Catu Daya	82
5.1.2.	Pengukuran Transformator <i>Step- Down 220 VAC/ 12 VAC</i>	84
5.1.3.	Pengukuran dan Pengujian LCD.....	85
5.1.4.	Pengukuran dan Pengujian RTC.....	86
5.1.5.	Pengukuran <i>Pilot Lamp</i>	87
5.1.6.	Pengukuran Arduino Mega 2560.....	88
5.1.7.	Pengukuran NodeMCU ESP8266.....	89
5.1.8.	Pengukuran dan Analisis Rangkaian Sensor Arus ACS712.....	89
5.1.9.	Pengukuran dan Analisis Rangkaian Sensor Tegangan.....	91
5.2.	Pengujian Alat Keseluruhan	92
5.2.1.	Pengujian dan Analisis Tampilan LCD dan <i>Blynk</i>	93
5.2.2.	Pengujian dan Analisis dalam Kondisi Normal.....	98
5.2.3.	Pengujian dan Analisis dalam Kondisi Gangguan Satu Fasa ke Tanah Jarak 1 km.....	100
5.2.4.	Pengujian dan Analisis dalam Kondisi Gangguan Satu Fasa ke Tanah Jarak 3 km.....	103
5.2.5.	Analisis Karakteristik Arus Gangguan Satu Fasa ke Tanah	105
BAB VI KESIMPULAN		107
6.1.	Kesimpulan	107
6.2.	Saran	108
DAFTAR PUSTAKA		109
LAMPIRAN.....		112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	11
Gambar 2. 2. Komponen Simetris	12
Gambar 2. 3. Rangkaian Jaringan dalam Kondisi Normal	13
Gambar 2. 4. Rangkaian Jaringan dalam Kondisi Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	14
Gambar 2. 5. Rangkaian Ekuivalen Menentukan Lokasi Gangguan.....	15
Gambar 2. 6. Skema Kerja Trafo.....	18
Gambar 2. 7. Konfigurasi <i>Wye- Wye</i>	19
Gambar 2. 8. Konfigurasi Pin Sensor Arus ACS712	20
Gambar 2. 9. Spesifikasi Arduino Mega 2560	22
Gambar 2. 10 Tampilan Arduino IDE	26
Gambar 2. 11. ESP8266 NodeMCU V3.....	28
Gambar 2. 12. Struktur Bagian <i>Relay</i>	31
Gambar 2. 13. Rangkaian <i>Relay</i>	32
Gambar 2. 14. Rangkaian Driver Relai	32
Gambar 2. 15. Menu <i>Blynk</i>	36
Gambar 2. 16. Menambahkan Widget Blynk.....	36
Gambar 2. 17. Menu Button Setting.....	37
Gambar 2. 18. Hasil Pembuatan Project.....	37
Gambar 2. 19. Buka Aplikasi Arduino IDE	38
Gambar 2. 20. Paste Authentication Token.....	38
Gambar 2. 21. Pemberitahuan pada Serial Monitor	39
Gambar 2. 22. Modul RTC	39
Gambar 2. 23. Konfigurasi Pin LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	41
Gambar 2. 24. Modul <i>Inter Integrated Circuit (I2C)</i>	43
Gambar 2. 25. Rangkaian Wiring LCD Modul I2C	43
Gambar 2. 26. Simbol <i>Push Button</i>	44
Gambar 2. 27. Rangkaian Sakelar	45
Gambar 2. 28. <i>Pilot Lamp</i>	45

Gambar 2. 29. Simbol dan Rangkaian Sederhana <i>Pilot Lamp</i>	45
Gambar 2. 30. Resistor	47
Gambar 2. 31. Simbol dan Rangkaian Sederhana Resistor	47
Gambar 2. 32. Rangkaian Dasar Pembagi Tegangan	48
Gambar 2. 33. Lampu Pijar	49
Gambar 2. 34. Simbol dan Contoh rangkaian sederhana Lampu Pijar.....	49
Gambar 2. 35. Regulator <i>Variable DC Power Supply</i>	50
Gambar 2. 36. Blok Diagram Catu Daya.....	51
Gambar 2. 37. Rangkaian Catu Daya	51
Gambar 3. 1. Blok Diagram Sistem.....	53
Gambar 3. 2. Blok Diagram Catu Daya.....	55
Gambar 3. 3. Rangkaian Catu Daya	55
Gambar 3. 4. Konfigurasi Sensor Arus ACS712.....	57
Gambar 3. 5. Rangkaian LCD 20 x 4 dengan Protokol I ² C.....	59
Gambar 3. 6. Konfigurasi Rangkaian <i>Wye- Wye</i>	59
Gambar 3. 7. Rangkaian Sensor Tegangan	60
Gambar 3. 8. Rangkaian Modul RTC ke Arduino Mega 2560	61
Gambar 3. 9. Rangkaian Gangguan.....	62
Gambar 3. 10. <i>Flowchart Mikrokontroller</i>	65
Gambar 3. 11. <i>Flowchart Blynk</i>	66
Gambar 4. 1. <i>Layout Desain Box</i>	70
Gambar 4. 2. Proses <i>Finishing Box</i>	71
Gambar 4. 3. Desain <i>Board</i> pada <i>Software Eagle 9.6.2.</i>	71
Gambar 4. 4. Menggosok Papan PCB Menggunakan Setrika.....	72
Gambar 4. 5. Menyolder dan Memasang Komponen pada PCB	72
Gambar 4. 6. <i>Layout</i> Komponen yang Sudah Tersolder dengan PCB	73
Gambar 4. 7. Penyusunan Rangkaian pada <i>Box</i>	73
Gambar 4. 8. Menghubungkan Tiap Komponen Menggunakan Kabel.....	74
Gambar 4. 9. Membuka Aplikasi Arduino IDE.....	74
Gambar 4. 10. Memilih <i>Board</i> Arduino Mega 2560	75
Gambar 4. 11. Memilih <i>Port</i>	75

Gambar 4. 12. Menambahkan <i>Library</i>	76
Gambar 4. 13. Mengetikkan Program pada Arduino IDE	76
Gambar 4. 14. Proses <i>Compiling Sketch</i>	77
Gambar 4. 15. Proses <i>Upload</i> Program ke Arduino Mega 2560.....	77
Gambar 4. 16. Deklarasi <i>Library Blynk</i> dan ESP8266WiFi.....	77
Gambar 4. 17. Mengetikkan Kode Program untuk ESP8266.....	78
Gambar 4. 18. Proses <i>Upload</i> Program ke ESP8266	78
Gambar 4. 19. Tampilan Halaman Masuk ke <i>Blynk</i>	79
Gambar 4. 20. Membuat <i>Template</i> Baru pada <i>Blynk</i>	79
Gambar 4. 21. Membuat <i>Virtual Pin Datastream</i>	80
Gambar 4. 22. <i>Device HFD</i> pada <i>Blynk</i>	80
Gambar 4. 23. Memilih Tampilan untuk Nilai Arus dan Tegangan.....	81
Gambar 4. 24. Tampilan Data HFD pada <i>Blynk</i>	81
Gambar 5. 1. Titik Ukur Rangkaian Catu Daya 12 VDC dan 5 VDC.....	83
Gambar 5. 2. Menampilkan Karakter pada LCD.....	86
Gambar 5. 3. Hasil Pengujian RTC	87
Gambar 5. 4. Hasil Pencatatan Data Arus dan Tegangan dalam Bentuk <i>Excel</i> ..	98
Gambar 5. 5. Tampilan <i>Blynk</i> ketika Kondisi Normal	100
Gambar 5. 6. Notifikasi Gangguan Satu Fasa ke Tanah Jarak 1 km pada <i>Blynk</i>	103
Gambar 5. 7. Notifikasi Gangguan Satu Fasa ke Tanah Jarak 3 km pada <i>Blynk</i>	105
Gambar 5. 8. Grafik Hasil Pembacaan Arus	106

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Tahanan dan Reaktansi Kawat Penghantar	17
Tabel 2. 2. Pin Sensor Arus ACS712	20
Tabel 2. 3. Spesifikasi Arduino Mega 2560	22
Tabel 2. 4. Konfigurasi Pin RTC	40
Tabel 2. 5 Spesifikasi Pilot Lamp	46
Tabel 3. 1. Penggunaan Pin Arduino Mega 2560.....	56
Tabel 3. 2. Pin <i>Output</i> Sensor Arus ACS712 ke Arduino Mega 2560.....	57
Tabel 3. 3. Pin <i>Input</i> Modul Relay 5 VDC ke Arduino Mega 2560	58
Tabel 3. 4. Pin <i>Output</i> Sensor Tegangan ke Arduino Mega 2560.....	61
Tabel 3. 5. Spesifikasi Impedansi Kawat Penghantar	62
Tabel 4. 1. Bahan Pembuatan Rangkaian Alat Tugas Akhir.....	68
Tabel 4. 2. Peralatan Pembuatan Rangkaian Alat Tugas Akhir	69
Tabel 5. 1. Hasil Pengukuran Catu Daya	83
Tabel 5. 2. Hasil Pengukuran Transformator <i>Step- Down</i> 220 V/ 12 V.....	84
Tabel 5. 3. Hasil Pengukuran LCD	85
Tabel 5. 4. Hasil Pengukuran RTC.....	86
Tabel 5. 5. Hasil Pengukuran <i>Pilot Lamp</i>	87
Tabel 5. 6. Hasil Pengukuran Arduino Mega 2560	88
Tabel 5. 7. Hasil Pengukuran NodeMCU ESP8266.....	89
Tabel 5. 8. Perhitungan <i>Error</i> Pembacaan Sensor Arus ACS712.....	89
Tabel 5. 9. Perhitungan <i>Error</i> Pembacaan Sensor Tegangan.....	91
Tabel 5. 10. Perbandingan Penampil Data Menggunakan LCD dengan <i>Blynk</i>	93
Tabel 5. 11. Selisih Penampil Data LCD dengan <i>Blynk</i>	96
Tabel 5. 12. Nilai <i>Error</i> Penampil LCD Dibandingkan dengan <i>Blynk</i>	97
Tabel 5. 13. Data Hasil Pembacaan Sensor Pengujian Keseluruhan dalam Kondisi Normal.....	98
Tabel 5. 14. Perbandingan Data Perhitungan <i>Mikrokontroller</i> dengan Perhitungan Ketika Kondisi Normal	99

Tabel 5. 15. Data Hasil Pembacaan Sensor Pengujian Keseluruhan dalam Kondisi Gangguan Satu Fasa ke Tanah pada Jarak 1 km	100
Tabel 5. 16. Perbandingan Data Perhitungan <i>Mikrokontroller</i> dengan Perhitungan Ketika Kondisi Gangguan 1 km	101
Tabel 5. 17. Hasil Perhitungan Jarak Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	102
Tabel 5. 18. Data Hasil Pembacaan Sensor Pengujian Keseluruhan dalam Kondisi Gangguan Satu Fasa ke Tanah pada Jarak 3 km	103
Tabel 5. 19. Perbandingan Data Perhitungan <i>Mikrokontroller</i> dengan Perhitungan Ketika Kondisi Gangguan 3 km	104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Rangkaian Keseluruhan	112
Lampiran 2. Kode Program Arduino Mega 2560.....	113
Lampiran 3. Kode Program <i>Internet of Things</i> (ESP8266).....	126
Lampiran 4. <i>Data Sheet</i> Arduino Mega 2560	132
Lampiran 5. <i>Data Sheet</i> ACS712	149
Lampiran 6. <i>Data Sheet</i> ESP8266.....	161
Lampiran 7. Bukti Fisik Laporan Penelitian/ Tugas Akhir	164
Lampiran 8. <i>Log Book</i> Bimbingan Tugas Akhir	166

ABSTRAK

Berdasarkan data yang telah diamati di lapangan, setiap jaringan dan sistem distribusi listrik terkadang mengalami gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Gangguan ini dapat terjadi akibat banyak faktor, salah satunya yakni faktor *eksternal* atau faktor alam yang dapat berupa ranting pohon atau karena hewan. Terjadinya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah mempengaruhi tegangan kerja di sistem distribusi 20 kV. Hal tersebut mengakibatkan PLN tidak dapat memenuhi beban di daerah yang terkena gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Oleh karena itu, diperlukan sebuah alat untuk mendeteksi titik gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah berdasarkan arus yang terbaca guna mempercepat proses penanganan gangguan. Untuk merealisasikan alat tersebut, diperlukan *prototype* jaringan tegangan menengah yang dapat mensimulasikan gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. *Prototype* ini menggunakan *mikrokontroler* yang akan difungsikan untuk menangkap besar arus gangguan dan juga akan langsung melakukan pencarian lokasi gangguan. Alat ini memiliki akurasi pembacaan arus sebesar 97,88%. Pada alat ini, terdapat LCD yang digunakan untuk menampilkan besar arus gangguan dan lokasi gangguan satu fasa ke tanah yang terjadi serta dapat di-*monitoring* melalui *website* maupun aplikasi *Blynk* secara *real time*. Penampilan data arus pada LCD dibandingkan dengan *Blynk* memiliki keakurasian yang baik, yaitu sebesar 99,75%. Dengan adanya alat ini, diharapkan dapat mempermudah pencarian titik gangguan serta mempercepat petugas untuk melakukan penormalan kembali pada jaringan yang mengalami gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.

Kata Kunci: Distribusi 20 kV, Gangguan Satu Fasa ke Tanah, Pendeteksi Gangguan

ABSTRACT

Based on data that has been observed in the field, every electricity distribution network and system sometimes experiences a single phase short circuit to ground. This disturbance can occur due to many factors, one of which is external factors or natural factors which can be tree branches or animals. The occurrence of a single phase to ground short circuit disturbance affects the working voltage in the 20 kV distribution system. This resulted in PLN not being able to meet the load in areas affected by single phase short circuit to ground. Therefore, a device is needed to detect single-phase short-circuit fault points to ground based on the current read in order to speed up the disturbance handling process. To realize this tool, a medium voltage network prototype is needed that can simulate a single phase to ground short circuit fault. This prototype uses a microcontroller which will be enabled to capture the magnitude of the fault current and will also immediately search for the fault location. This tool has a current reading accuracy of 97.88%. In this tool, there is an LCD that is used to display the magnitude of the fault current and the location of the single phase to ground fault that occurs and can be monitored through the website or the Blynk application in real time. The display of current data on the LCD compared to Blynk has good accuracy, which is equal to 99.75%. With this tool, it is hoped that it will make it easier to find fault points and speed up officers to normalize the network that is experiencing a single-phase-to-ground short circuit.

Keywords: 20 kV Distribution, Single Phase to Ground Fault, Fault Detector

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi listrik adalah sumber daya ekonomi yang berharga serta kebutuhan dasar manusia. Kebutuhan listrik akan terus meningkat seiring dengan kemajuan teknologi dari waktu ke waktu. Hal ini mengakibatkan ketergantungan pada tenaga listrik yang cukup untuk mendukung aktivitas rumah tangga. Berdasarkan hal tersebut, PT PLN (Persero) yang berperan sebagai salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dalam bidang jasa pendistribusian tenaga listrik, dituntut untuk menjaga keandalan dan peningkatan kinerja dari tahun ke tahun. Hal tersebut dimaksudkan untuk meningkatkan pelayanan kepada konsumen tenaga listrik.

Namun, penyaluran energi listrik ke pelanggan masih belum optimal. Pelanggan dapat mengalami pemadaman listrik akibat gangguan yang bersifat temporer (sementara) maupun gangguan yang bersifat permanen. Gangguan permanen tidak akan dapat hilang sebelum penyebab gangguan dihilangkan terlebih dahulu. Gangguan yang bersifat permanen dapat disebabkan oleh kerusakan peralatan misal konduktor putus, sehingga gangguan ini baru hilang setelah kerusakan ini diperbaiki atau karena ada sesuatu yang mengganggu secara permanen. Untuk membebaskannya, diperlukan tindakan perbaikan atau menyingkirkan penyebab gangguan tersebut. Gangguan sesaat (temporer) adalah gangguan yang dapat hilang dengan sendirinya pada saat beroperasinya alat pengaman distribusi atau bahkan dapat pula gangguan ini hilang sendiri karena adanya dahan pohon yang terangkat kembali karena hembusan angin. Gangguan yang bersifat temporer ini apabila terjadi, maka gangguan tersebut tidak akan lama dan jaringan dapat normal kembali. Salah satu contoh gangguan yang bersifat temporer adalah gangguan akibat sentuhan pohon yang tumbuh di sekitar jaringan, akibat binatang seperti burung, kelelawar, dan ular, maupun akibat layangan yang menimpa SUTM [1].

Menurut data gangguan yang dihimpun dari *database* PT PLN (Persero) ULP Pati, pada tahun 2022, 70% hingga 80% dari semua gangguan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) yang menjadi perhatian PLN Pati adalah gangguan sementara yang disebabkan oleh hewan atau ranting pohon yang menyebabkan gangguan hubung singkat fasa ke tanah [2]. Akibatnya, diperlukan sistem pemantauan gangguan fasa ke tanah dan deteksi lokasi gangguan yang diletakkan pada saluran fasa dan sisi pentanahan pada gardu induk menggunakan sensor arus dan sensor tegangan sebagai pembaca arus saat terjadinya gangguan fasa ke tanah. Sistem pemantauan tersebut dapat di-*monitoring* oleh setiap petugas melalui *website* maupun aplikasi secara *real time*. Dengan adanya alat tersebut, diharapkan agar gangguan lebih cepat ditangani oleh petugas dan pelanggan tidak merasakan pemadaman yang cukup lama. Selain itu juga memberikan manfaat untuk mengurangi nilai SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) dalam penanganan gangguan sehingga membantu meningkatkan pencapaian nilai kinerja PT PLN (Persero).

Oleh karena itu, penyusun berminat untuk membuat Tugas Akhir dengan judul **“PROTOTYPE HOMOPOLAR FAULT DETECTOR (HFD) GUNA MENDETEKSI GANGGUAN FASA KE TANAH PADA SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH BERBASIS INTERNET OF THINGS”**.

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Gangguan hubung singkat fasa ke tanah menyebabkan penyaluran tenaga listrik ke konsumen menjadi tidak optimal, sehingga diperlukan *prototype* untuk mendeteksi gangguan hubung singkat fasa ke tanah yang mampu *monitoring* arus dan tegangan serta jarak lokasi gangguan secara *real time*.
2. Kemampuan sensor arus dalam mengukur arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada setiap fasa R, S, dan T maupun dalam keadaan normal.

3. Kemampuan sensor tegangan dalam mengukur besar tegangan dalam keadaan normal maupun gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada setiap fasa R, S, dan T.
4. Menampilkan data hasil pengukuran arus dan tegangan ke dalam *website* dan aplikasi *Blynk*.

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah:

1. Membuat *prototype Homopolar Fault Detector* (HFD) guna mendeteksi gangguan fasa ke tanah pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) berbasis IoT.
2. Memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar Sarjana Terapan di Program Studi Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

1.4. Batasan Masalah

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

1. Pengoperasian alat menggunakan miniatur jaringan tegangan menengah dengan sumber 3 fasa, di mana tegangan diturunkan menjadi 12 Volt pada tiap fasa.
2. Pemodelan digunakan pada *feeder* yang tidak memiliki percabangan pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM).
3. Jenis gangguan yang akan diuji adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah dengan perhitungan arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.
4. Parameter yang diukur adalah arus dan tegangan serta lokasi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, di mana sudut fasa arus dan tegangan diabaikan.
5. Pengiriman notifikasi dan data gangguan melalui aplikasi *Blynk* secara *real-time*.
6. Sensor arus dan tegangan yang digunakan menyesuaikan dengan kemampuan *mikrokontroller* dan sumber trafo pada simulator yang digunakan.

7. Pengujian dilakukan berdasarkan kondisi normal, kondisi gangguan satu fasa ke tanah pada jarak 1 km, dan kondisi gangguan satu fasa ke tanah pada jarak 3 km.

1.5. Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari Tugas Akhir pembuatan *prototype Homopolar Fault Detector* (HFD) guna mendeteksi gangguan fasa ke tanah pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) berbasis IoT adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penyusun

- a. Untuk menerapkan ilmu dan teori yang diperoleh selama perkuliahan.
- b. Untuk lebih mengerti dan memahami tentang *prototype Homopolar Fault Detector* (HFD) guna mendeteksi gangguan fasa ke tanah pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) berbasis IoT.

2. Bagi Mahasiswa dan Pembaca

Dapat menjadi referensi bacaan dan informasi, khususnya bagi para mahasiswa Teknik Listrik Industri yang sedang menyusun Tugas Akhir dengan pokok permasalahan yang sama.

1.6. Sistematika Laporan

Sistematika dari Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas tentang hal- hal yang melatarbelakangi pembuatan Laporan Tugas Akhir, perumusan masalah, tujuan, manfaat, pembatasan masalah, dan sistematika Laporan Tugas Akhir.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi mengenai tinjauan pustaka serta landasan teori mengenai elemen- elemen yang terkait dalam pembuatan alat, di antaranya rangkaian modul gangguan, sensor arus, sensor tegangan, Arduino Mega 2560, *relay*, dan lain- lain.

BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR

Bab ini berisi tentang rancang bangun alat, yang terdiri atas beberapa blok. Di dalam bab ini akan dijelaskan mengenai gambar rangkaian dan simulasi kerja HFD beserta elemen penyusunnya.

BAB IV PEMBUATAN ALAT

Bab ini berisi tentang langkah- langkah dalam pembuatan alat yang meliputi; perencanaan, alat bahan dalam pembuatan *prototype Homopolar Fault Detector* (HFD) guna mendeteksi gangguan fasa ke tanah pada saluran udara tegangan menengah (SUTM), dan proses pengerjaan alat.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS ALAT

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai pengukuran komponen penyusun alat untuk mengetahui besaran- besaran yang diuji, serta pengujian apa saja yang akan dilakukan pada alat untuk mengetahui kelayakan alat. Setelah dilaksanakan pengujian, akan dilakukan analisis terhadap alat berdasarkan hasil uji.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari alat serta laporan tugas akhir secara keseluruhan.